REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE EL HADJ LAKHDAR -BATNA-
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES
ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE

Pour L'obtention Du Diplôme De

MAGISTER

En Sciences Agronomiques

Option :

Pédologie

Présenté par :

M^r. KATI YAHIA

THEME

CONTRIBUTION A LA MAITRISE DE LA FERTILISATION PHOSPHATEE DES SOLS DE MONTAGNE : CAS DES SOLS DE VERGERS DE POMMIERS D'ICHEMOUL (AURES-ALGERIE)

JURY :

M^r A. Bensaad MCA	Université de Batna.....	Président
M^r A. Halitim PROF .	Université de Batna	Rapporteur
M^r A/O Yahiaoui MC	Université de Batna.....	Examinateur
M^r R. Bensaid PROF.	Université de Skikda.....	Examinateur
M^r A/M Medjadba MAA	Université de Batna.....	Invité

ANNEE 2011/2012

REMERCIEMENTS

***J**'exprime ma reconnaissance aux membres du jury qui ont accepté de juger ce travail.*

Je remercie vivement et sincèrement M^r^ HALITIM Amor professeur au département d'agronomie à l'université de BATNA pour avoir accepte de m'encadrer et m'avoir accordé sa confiance tout au long de ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à M^r^ BENSAAD Amar Maître de conférence au département d'Agronomie de me faire l'honneur d'accepter de présider le jury de ce mémoire.

J'exprime ma gratitude à M^r^ BENSAID Rabah Professeur à l'Université de Skikda d'avoir accepté d'examiner ce travail.

J'exprime ma gratitude à M^r^ YAHIAOUI Abdelouahab maître de conférences au département des sciences de la terre à l'université de BATNA d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je suis reconnaissant à toute personne qui de prés ou de loin m'a aidé afin de mener à terme ce travail en particulier M^r^ hadji nourreddine N , M^r^ boukaaboub A. et M^r^ Benreguia B.

Je tiens aussi à remercier le personnel des laboratoires d'agronomie (Mr hadji N, Mr. Abdou A. …..) pour leur aide

Doivent être également remerciées, avec une même intensité, toutes les personnes ayant participées de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

YAHIA

SOMMAIRE

page

INTRODUCTION…… 1

PREMIERE PARTIE

ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : Rôle du phosphore dans l'alimentation minérale du végétal

I.1. Importance et rôle du phosphore dans la nutrition minéral des plantes…….. 3

I.2. Les besoins des cultures en phosphore…….. 4

I.3. Les fractions phosphoriques du sol…… 5

I.4. Les composés responsables de la fixation du phosphore dans les sols…… 7

II. La forme organique du phosphore dans le sol…… 11

III. Influence de certains facteurs sur l'assimilabilité du phosphore du sol…… 13

IV. Conclusion…… 20

DEUXIEME PARTIE

ETUDE DU MILIEU ET MATERIEL ET METHODES

I. Présentation de la région d'étude…… 21

1. Situation géographique…… 21

2. Le relief…… 21

3. Les sols de la région…… 23

4. Les caractéristiques climatiques de la région…….. 23

5. Etude géologique de la région…… 30

6. Occupation des terres…… 32

7. Potentialités et contraintes…… 33

II. Matériel et méthodes…… 36

2.1. Le sol…… 36

2.2. Analyses physiques…… 37

2.3. Analyse du phosphore du sol…… 38

2.4. Fractionnement du phosphore…….. 38

2.5. Méthode gazométrique…… 39

2.6. Méthode de mesure de phosphore assimilable…… 40

2.7. Analyse végétale…… 42

TROISIEME PARTIE

RESULTATS ET INTERPRETATION

I. Caractéristique physico-chimiques des sols…… 43
I.1. La granulométrie…… 43
I.2. La matière organique…… 46
I.3. Le carbone organique…… 46
1.4. L'azote total…… 48
I.5. Le rapport C/ N…… 48
I.6. La capacité d'échange…… 50
I.7. Le calcaire total…… 50
I.8. Calcaire actif…… 50
II. Caractéristiques phosphoriques du verger…… 64
II.1. Le phosphore assimilable extrait par la méthode JORET-HEBERT…….. 64
II.2. Le phosphore assimilable extrait par la méthode OLSEN…… 64
II.3. Le phosphore total…… 69
II.4. Le phosphore minéral…… 70
III. Le phosphore de la plante…….. 74
Conclusion générale
Références bibliographiques

Introduction Générale

Le phosphore joue un rôle primordial dans la nutrition des plantes. C'est en effet un constituant de l'acide nucléique et participe activement à la synthèse de la matière organique, à la formation des divers tissus végétaux et aux mécanismes de synthèse (GROS, 1979). Sa carence dans le milieu se traduit pour la plante par des retards de croissance, un faible développement et par conséquent une production moindre.

Or il est souvent admis que les sols Algériens présentent des capacités de fournitures en phosphore assimilable limitées (HALFAOUI, 1974; BENAMARA et CONESA ,1976), quoique FARDEAU (1989) mentionne la diversité du potentiel phosphate des sols céréaliers d'Algérie et insiste sur l'utilité de mieux cerner les différences entre les sols quand au problème posé par l'alimentation phosphatée.

Pour de nombreux auteurs la carence phosphatée constitue en zone méditerranéenne le facteur limitant après l'eau et l'azote (CHARLES, 1976). C'est ainsi que dans ces régions, la fertilité phosphatée a très souvent posée des problèmes majeurs pour mener une culture (HALITIM, 1991), car il est difficile de connaître les besoins réels des plantes cultivées, le maintien d'une teneur suffisante de phosphore dans le sol pour satisfaire ces besoins est en revanche difficile à réaliser. En effet, cet élément nutritif est soumis à diverses contraintes physico-chimiques et il convient de définir leur importance dans ce milieu et les méthodes nécessaires pour parvenir à une utilisation rationnelle des engrais phosphatés (DUTIL, 1967).

L'objectif de notre travail est justement d'étudier la fertilité phosphatée dans une zone naturelle en fonction des caractéristiques des sols et d'analyser l'influence des conditions physico-chimiques sur le statut du phosphore des sols et éventuellement les contraintes à la nutrition phosphatée des plantes cultivées (ici on a retenu le pommier).

Nos recherches ont été menées dans la plaine d'Ichemoul située dans les Aurès (sud-est de BATNA) et connue pour ses vergers de pommiers.

Les résultas de nos travaux sont consignés dans un manuscrit divisé en trois (03) parties :

Première partie : Consacrée à une synthèse bibliographique faisant ressortir d'une part l'importance du phosphore dans l'alimentation minérale du végétal et ses différentes formes dans le sol et d'autre part l'influence des caractéristiques du sol sur sa biodisponibilité.

Deuxième partie : Cette partie présentera la région d'étude et le matériel et méthodes utilisées dans ce travail.

Troisième partie : Elle sera consacrée aux résultas obtenus. (Caractéristiques physico-chimiques du sol et nutrition phosphatée), et à leur discussion.

PREMIERE PARTIE :

ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

I-1. Importance et rôle du phosphore dans la nutrition minérale des plantes

Le phosphore au même titre que l'azote et le potassium est un élément fertilisant de première importance en agriculture.

C'est un constituant essentiel des plantes, même si sa teneur moyenne en P_2O_5 n'est de l'ordre que de 0,25 à 1 % de la matière sèche du végétal (GROS, 1979; YAGODIN, 1985).

Le phosphore apparaît comme l'un des éléments dominants dans les structures et les processus métaboliques de la vie (MOREL, 1989).

C'est un élément génétique, énergique et plastique (F.N.I.E, 1986), il peut se présenter soit sous forme minérale, soit sous l'aspect de composes organiques complexes, lécithine, phytine… (DIEAL ,1975).

Il s'accumule surtout dans les organes qui assurent la pérennité de l'espèce (tableau n ° 1)

TABLEAU N° 1 : Les teneurs en phosphore p.1000 de matière sèche
Selon MOREL et al (1982)

Fertilisation	Graines	Grumes	Rachis	Limbes	Gaines	Tiges	Racines
N.P.K	4,1	1,6	1,8	1	0,8	0,5	1,1
N.K	3,2	1,1	0,8	0,5	0,4	0,3	0,8

La répartition du phosphore dans les différents organes varie suivant les espèces et les organes, et elle est influencée par l'âge, et le niveau d'alimentation (GERVY, 1970). Mais d'une manière générale, l'absorption du phosphore est très rapide au début de la végétation et il est donc nécessaire qu'à ce moment, la plante dispose d'un maximum de phosphore soluble.

Dans la plante le phosphore rempli de nombreuses fonctions :

Il favorise la croissance, le développement racinaire, la précocité, la rigidité des tissus la reproduction (fécondation, fructification) et la quantité des produits (F.N.I.E, 1986).

Il favorise la résistance à la sécheresse et au froid (GERVY, 1965).

Il stimule la levée raccourcit le cycle végétatif, accéléré la maturation et la constitution des réserves (SASPORTE et JACQUIN ,1968; BOULAY et al 1968).

Il participe à diverses activités physiologiques, notamment la respiration (métabolisme des glucides), les transferts et stockages d'énergie et la synthèse des protéines (BONNEAU, 1983; TOUMI, 1988).

En remplissant ces nombreuses fonctions, le phosphore favorise la production finale, qui dépend des conditions édaphiques et du phosphore apporté (LAFARGE et

GAULT, 1985). Cet élément nutritif corrige les défauts de l'azote en diminuant la sensibilité des plantes aux maladies cryptogamiques (REYNIER, 1991). De ce fait, il constitue par excellence un élément de qualité, véritable complément l'azote dont l'action sur la quantité est prédominante (MENGEL et KIRBY, 1982) .

I-2. Les besoins des cultures en phosphore

Par rapport aux autres éléments nutritifs majeurs (N et K), les plantes ont des exigences relativement faibles en Phosphore. En effet, la production de 1g de matière sèche requiert un prélèvement d'environ 3mg de phosphore (FARDEAU et al, 1994).Or la concentration moyenne de la solution du sol en cet élément est de 0.25mg/l (MOREL, 1996). La nutrition des plantes en phosphore se fait grâce à un mécanisme de prélèvement actif par la racine, avec un gradient de concentration du phosphore dans la solution du sol à proximité des racines. Ce gradient est le moteur de diffusion depuis les zones rhizoophériques vers les racines,

Ainsi, c'est ce flux positif de phosphore qui assure l'essentiel des besoins de la plante.

Durant la période végétative, les plantes puisent du sol entre 20 et 60kg/ha de P_2O_5 (SHIRNOV et al, 1977).L'intensité des besoins varie selon le stade végétatif. En effet les plantes jeunes absorbent le phosphore plus rapidement que les plantes âgées (BARBET, 1977; LAHEURET et BERTHELIN, 1988).

Les rythmes d'absorption du phosphore varient avec les cultures et les stades de développement, de même, les besoins en phosphore, la quantité totale de P_2O_5 exportée par la plante, ainsi que besoins maximums instantanés par jour varient d'une espèce à une autre (Tableau n° 2)

TABLEAU N°2 : Besoins globaux et instantanés-rythme d'absorption du phosphore (S.C.P.A ; 1986)

	P_2O_5 ***(en Kg)***		
CULTURES	***BESOIN TOTAL***	***EXPORTATION PLANTE ENTIERE***	***BESOIN INSTANTANE MAXIMAL/JOUR***
Blé 60 q/ha	75	75	1
Maïs 85 q/ ha	90	90	3
Colza 30 q/ ha	60	60	3
Pomme de terre 350 q/ha	70	70	/
Melon 240 q/ha	-	15	2
Tomate 750 q/ha	275	275	2,1
Vigne 120 q/ha	20	20	0,2
Pommier			

Pour couvrir les besoins des plantes, les réserves labiles (assimilables) doivent être supérieure à ces besoins (STRULULU, 1991, MOREL et al, 1991); avec les processus de diffusion très actif, car l'alimentation phosphatée s'effectue sur une distance de 1 à deux millimètre au maximum.

En période de montaison et d'épiaison, le mais puise par jour jusqu'à 2kg/Ha de P. (POMMELIA, et al, 1996).

Avec une concentration de 0.25mg/l de P sous forme de soluble et une humidité pondérale du sol de 25%, le phosphore en solution dans les 20cm de terre arable représente environ 2kg/Ha, mais à cause de développement racinaire et de la faible mobilité du phosphore, le flux de diffusion du phosphore doit être plusieurs fois supérieur aux besoins des plantes.

Enfin, le prélèvement des plantes doit être compensé par la libération de P dans la solution. Il y a transfert de la phase solide vers la solution (FARDEAU et al 1994).

Les mécanismes impliqués (dissolution, désorption) conditionnent la nutrition des végétaux.

I-3. Les Fractions phosphoriques du sol responsables de la nutrition minérale

Dans les sols où l'agriculture est pratiquée de longue date les plantes tirent de 80 à 100% de leur phosphore dans la réserve assimilable du sol et le complément dans les engrais phosphates récemment appliques (MOREL ,1988 ; FARDEAU et al ,1991).

Le phosphore dans le sol est présent principalement dans trois importantes fractions (figure n°1) :

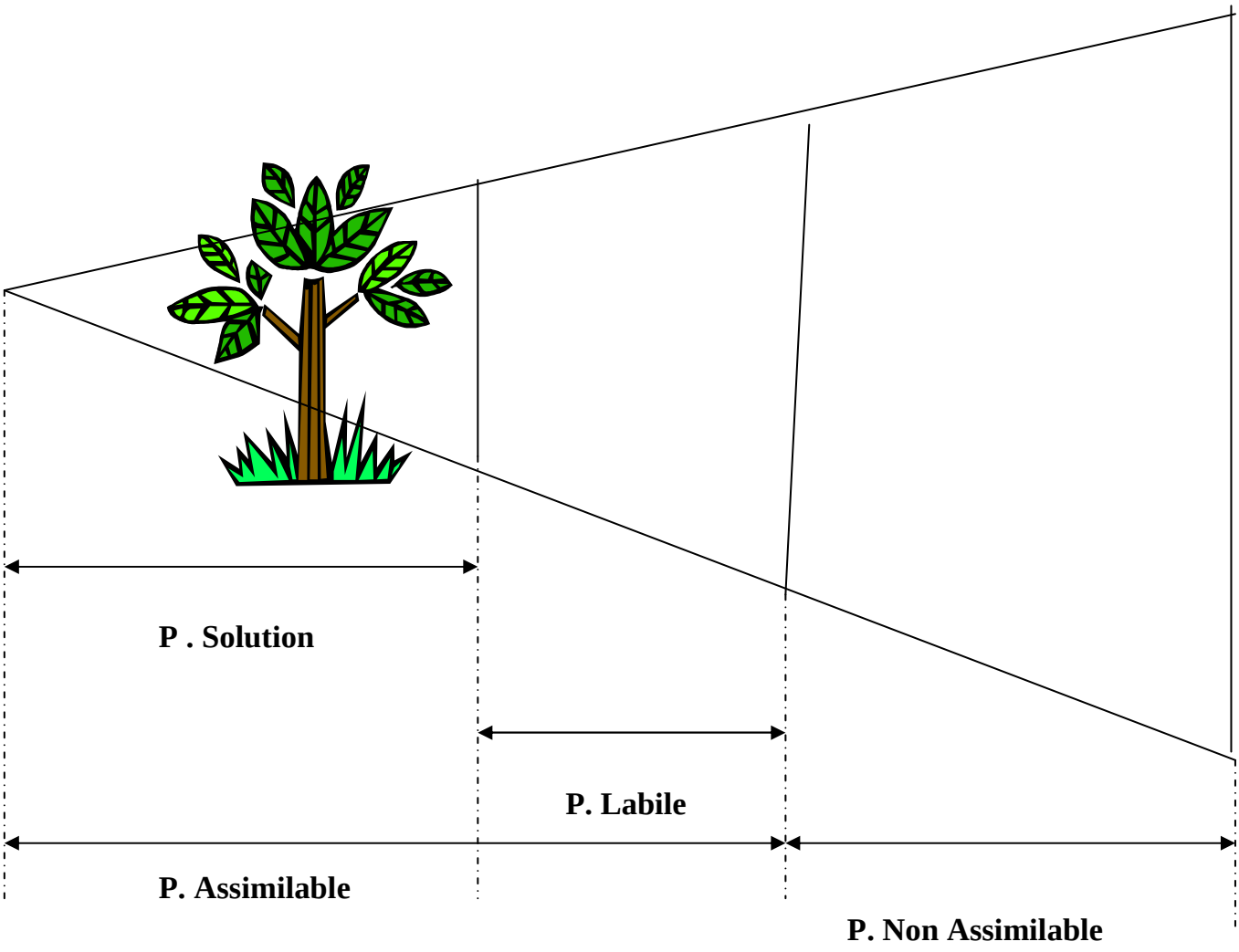

Figure N° 1 : Représentation schématique des importantes fractions du Phosphore du sol pour la nutrition de la plante (CHAMAYOU et LEGROS, 1989)

I-3.1. Phosphore Soluble : Ce sont les formes ionisées de l'acide phosphorique: H_2P0_4, $HP0_4$, PO_4, dont les proportions relatives dépendent du pH du sol (FARDEAU et FOSSARD, 1991).

Le phosphore soluble est en concentration toujours très faible, comprise généralement dans les sols cultives entre 0,05 a 0,3 mg/l (GACHON et TRIBOI, 1988). Au départ seule cette forme peut être prélevée par les plantes. Puis au fur et à mesure que sa concentration diminue, il y a compensation du phosphore passant en solution du pool labile (MENGEL et KIRBY, 1987).

I-3.2. Phosphore Labile : Il constitue une réserve qui sert à recharger la solution du sol, il se trouve en équilibre dynamique avec la forme soluble, c'est la fraction absorbée par les colloïdes du sol ou sous forme échangeable (YAGODIN, 1985; MOREL, 1988; SYRES et CURTIN, 1989;) FOSSARD et al, 1991) une baisse de la concentration soluble est rapidement compensée par un approvisionnement en ion, qui s'exerce cependant sur des distances très limitées (GACHON et TRIBOI, 1988).

I-3.3. Phosphore non Labile : La vitesse de libération de cette forme est très faible. Trop faible pour contribuer significativement à la nutrition des plantes (SHARPLEY et al, 1981; MENGEL et KIRBY, 1987; SYRES et LURU-KUM 1987; DARRAH, 1993).

I-4. Les composés responsables de la fixation du phosphore dans les sols

Selon FARDEAU et al (1988); DERRAH (1993) et DUCHAUFFOUR, (1995); il existe dans le sol toute une série de composés capables de fixer des anions phosphoriques sous des formes plus ou moins biodisponibles. Il s'agit principalement de :

- Argiles
- Carbonates de calcium
- Oxydes et hydroxydes de fer et d'aluminium
- Matière organique

I-4.1. Les argiles

Si la fraction fixée par les argiles est relativement faible par rapport à celle fixée par les autres corps minéraux ($CaCO_3$ et oxyde et hydroxyde de fer et d'aluminium), elle constitue l'essentiel du pool alimentaire. Cette absorption a lieu sur les surfaces argileuses, soit directement au niveau des sites électropositifs présents sur les extrémités dissociées, soit indirectement par l'intermédiaire de cations polyvalents,

tels que Ca^{++} (figure n°2) Al^{+++} et Fe^{++} susceptibles de perdre un hydroxyde et d'accueillir l'anion phosphorique. (GERVY, 1970; BOLT et BRUGGENWERT, 1978; WANN et UEHARA, 1978; MUNNA RAM et al, 1987; MOREL 1988, et DUCHAUFFOUR, 1995).

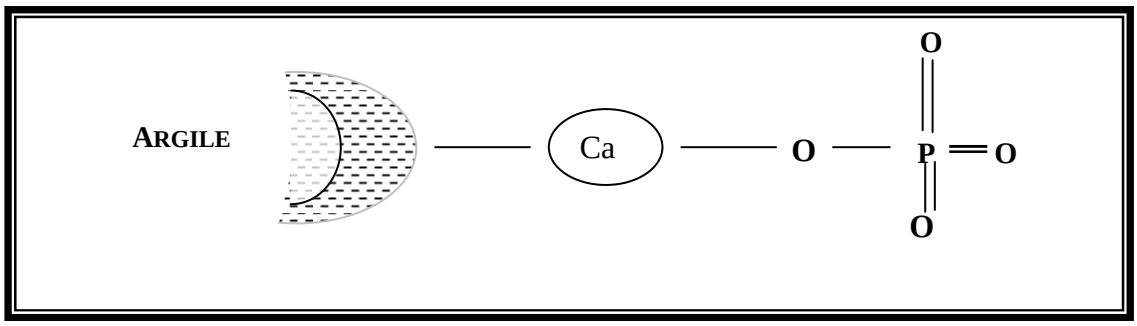

Figure N° 02 : Liaison phosphore-argile par pont calcique (MOREL, 1988)

I-4.2. Le carbonate de calcium

Les surfaces de minéraux comme le calcite ou le gypse, favorisent la nucléation et la croissance cristalline de phosphate de calcium. SYRES et al (1989), ont étudié ce phénomène sur la calcite à l'aide de la diffractiométrie des rayons X et de la microscopie électronique à balayage. Ils ont mis en évidence la transformation de phosphate monocalcique $Ca(H_2PO_4)_2$ et de dicalcium phosphate $Ca(HPO_4)_2$ en tricalcium phosphaté dihydraté $Ca(HPO_4)$, $2H_2O$ et lentement en octacalcium phosphaté $Ca_8H_2(HPO_4)_6$, $5H_2O$. Ces espèces chimiques sont des précurseurs de l'hydroxyapatite (LINDSAY et al ; 1989).

Dans les sols calcaires la fixation phosphore est essentiellement sous forme d'apatite (CARRCIRA et al, 1997). Alors que dans ces types de sols en Australie, SAMADI et al,(1998) ont montré que le phosphore des engrais se répartissait entre les oxydes d'aluminium (29% de P) et de fer (13%) et formait du dicalcium phosphate (28%) d'octocalcium phosphate (26%) ainsi que de l'hydroxyapatite (13%)

I-4.3. Les hydroxydes métalliques

Les hydroxydes hydrates de fer et d'alumine se comportent comme des colloïdes électropositifs. Ils peuvent échanger des ions OH contre des anions phosphoriques. Leur pouvoir fixateur est bien supérieur à celui des argiles (kaolinite) surtout en ce qui concerne l'alumine, en revanche l'auto-diffusion est très lente, les

dangers de rétrogradation sont importants (BOLAN et al, 1985; DUCHAUFFOUR, 1995).

TORRENT et al, (1990) ont montré que l'adsorption est meilleure sur la géothite que sur l'hématite et l'expliquent par un meilleure accessibilité des groupements OH sur les faces de la géothite.

Cependant, lorsque les concentrations en phosphate dépassent un certains taux (par exemple 30ppm en présence de l'oxyde d'aluminium comme la gibbsite), l'adsorption est relayée par des réactions de précipitations, il se forme alors le phosphate aluminium (PRAFITT et al, 1977).

I-4.4. Les composes humiques

La matière organique est capable d'absorber directement les ions phosphorique sous forme humo-phosphaté (CHAMINADE, 1946 cité par DUTHIL, 1976). Cette fixation n'a lieu qu'au pH supérieur à 7, cas des sols calcaire (MOREL, 1988), en donnant un phosphate très facilement utilisable par les plantes.

Par ailleurs et c'est ce qui est le plus fréquent la matière organique forme des complexes stables avec les cations métalliques du sol : Fe et Al et dans une moindre mesure Ca, appelés complexes organométalliques (GERKE et al, 1992). Ces assemblages forment des colloïdes réactifs à l'égard des groupements phosphates; on alors la formation de complexes AH-métal-PO_4. Ainsi, lorsque le phosphore d'un sol semble lié à la matière organique, il y a souvent une bonne corrélation entre le pouvoir fixateur de celle-ci et sa concentration en Al^{+++} et Fe^{++} (MARTIN et al 1957). Enfin, la rétention des phosphates dans les sols acides riches en matière organique est le fait de complexes organométalliques alumineux (BLOOM, 1981; NEGRIN et al, 1996).

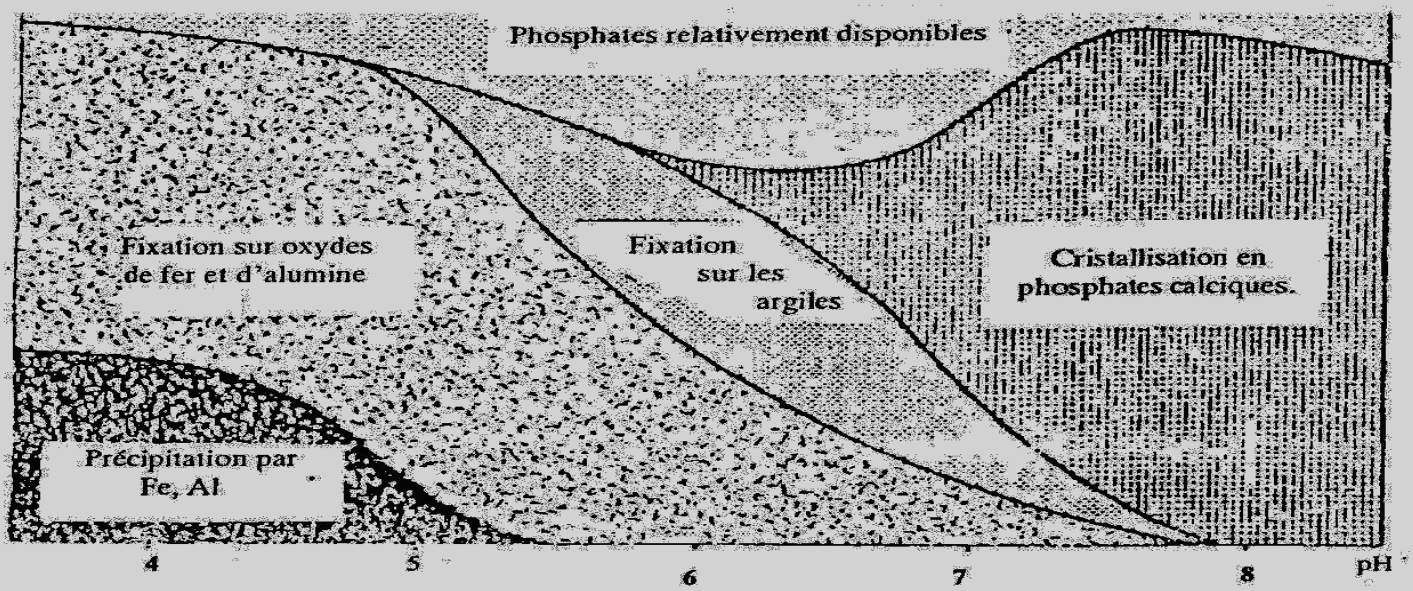

Figure N° 03 : L'énergie de fixation du phosphore en fonction du pH (D'après BUCKMANN et DRADY).

En milieu alcalin les phosphates mono et bicalcique se transforment en phosphates tricalciques, puis en phosphates cristallises encore plus insoluble de type apatite, c'est le principal obstacle à la nutrition phosphatée en sol calcaire (SMECK, 1985; SOLTNER, 1987; DUCHAUFFOUR, 1995) (Figure N°3).

Le phénomène est important donc il faut un recours à un amendement organique actif et une forte production de CO_2 qui freine ce processus en abaissant le pH (DUCHAUFFOUR, 1995).

L'inclusion des ions PO_4 à l'intérieure des feuillets d'argiles gonflants (montmorillonite et l'illite) est possible.

Il existe une relation linéaire très étroite entre la teneur en argiles et la fixation du phosphore.

Pour expliquer d'avantage le comportement des phosphores dans le sol, divers processus bases sur certains travaux sont représentés dans la (figure n° 04) BROMEFIED, 1964, SAINI et MC CLEAN, 1965 cité par VELAYNTHAN, 1980; BOLAN et al, 1985 concluent que dans les sols acides l'aluminium est le principal agent d'adsorption.

Par ailleurs OBIHARA et RUSSEL, 1972 cites par CHIEN, 1978 ont rapporté que l'addition de silicates solubles réduit la capacité de rétention du sol à absorber les phosphates.

II- Forme organique du phosphore dans le sol

La forme organique est d'un intérêt moindre pour la nutrition directe de la plante que la forme minérale.

Pour être accessible aux végétaux, elle doit au préalable subir une minéralisation (KROEHLER et LINKINS, 1988; FARDEAU, 1993). Annuellement, environ 1 à 2 % des phosphates utilisables sont fournis (HECK et HANOTIAUX, 1982)

La forme organique et le phosphore inclus dans les résidus végétaux et déchets animaux figure : Cette forme peut atteindre des fois 50% du phosphore total, d'après CALLOT et al, 1982), le phosphore est contenu pour moitié environ dans la matière organique, sa teneur est comprise ente 0,02 et 0,5 %, il est pour sa plus grande partie sous une forme difficilement assimilable par les plantes.

Les inositol-phosphates (COSGROVE, 1980), les phosphato-lipides ou les acides nucléiques présents dans le sol, chimiquement bien identifiés ne représentent jamais plus de 25% du phosphore organique total apprécié par les méthodes de calcination (SAUNDERSE et WILLIAMS, 1955), les 75% restant actuellement inconnus pourraient correspondre, en réalité, à des associations de matière organique de cations et d'ions phosphates plus qu'à des composés chimiquement définissable (CONESA et FARDEAU, 1994), cité par NAIT KACI,(1997) .

Quant au phosphore présent dans les corps microbiens, il semble ne représenter que 2 à 3% du phosphore organique (BROOKES et al, 1984) la plupart du phosphore organique par rapport au phosphore total va de 25 à 30% dans les sols cultives de longues date (SCOOD et MINHAS, 1988; FARDEAU et CONESA).cite par NAIT KACI (1997).

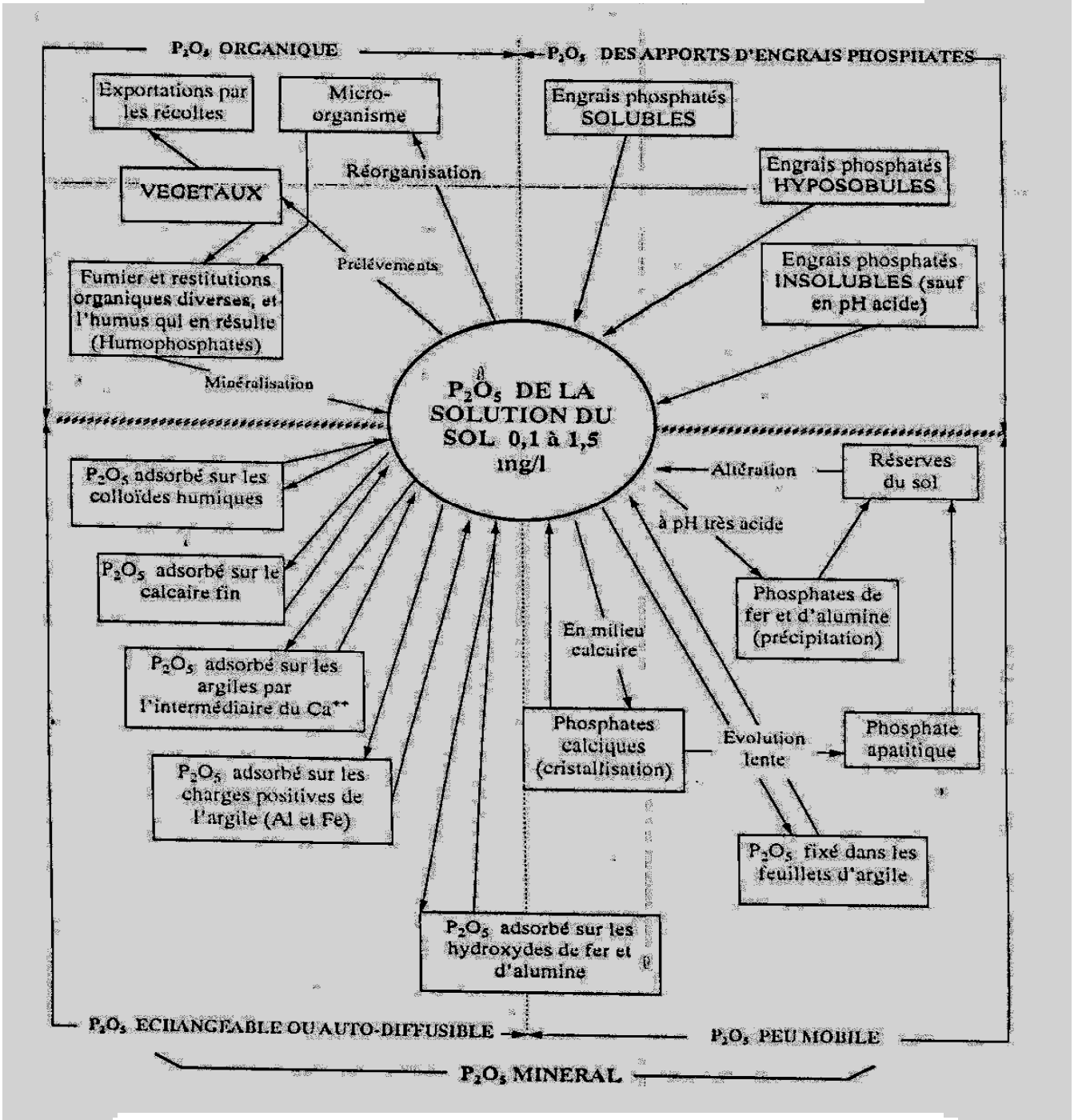

Figure N° 04 : Les formes du phosphore dans le sol (D'après R. GERVY- Les phosphates et l'Agriculture-Dunond)

III- Influence de certains facteurs sur l'assimilabilité du phosphore dans le sol

Les plantes absorbent le phosphore grâce essentiellement au mécanisme essentiel de diffusion, qui désigne le mouvement des ions dans la solution, engendré par le gradient de concentration. La diffusion et la libération conjointe du phosphore lié à la fraction solide du sol, assure l'essentiel des besoins des plantes. (figure n°5)

La vitesse de l'absorption est dans une certaine mesure, fonction directe de concentration au voisinage des plantes (MOREL, 1988).en phosphore biodisponible sous forme d'ions orthophosphate (H_2PO_4 et HPO_4) dans la solution du sol.

Les paramètres les plus importants du sol pour l'absorption du phosphore par les plantes sont :

- La concentration en ions phosphatés de la solution du sol.
- La vitesse de diffusion des ions phosphates.
- La capacité de la phase solide à renouveler la teneur en ions phosphatés des solutions du sol.

Ainsi Donc, l'offre potentielle du sol en ions phosphatés assimilables est soumise à un certain nombre de facteurs (FARDEAU et FOSSARD ,1991).

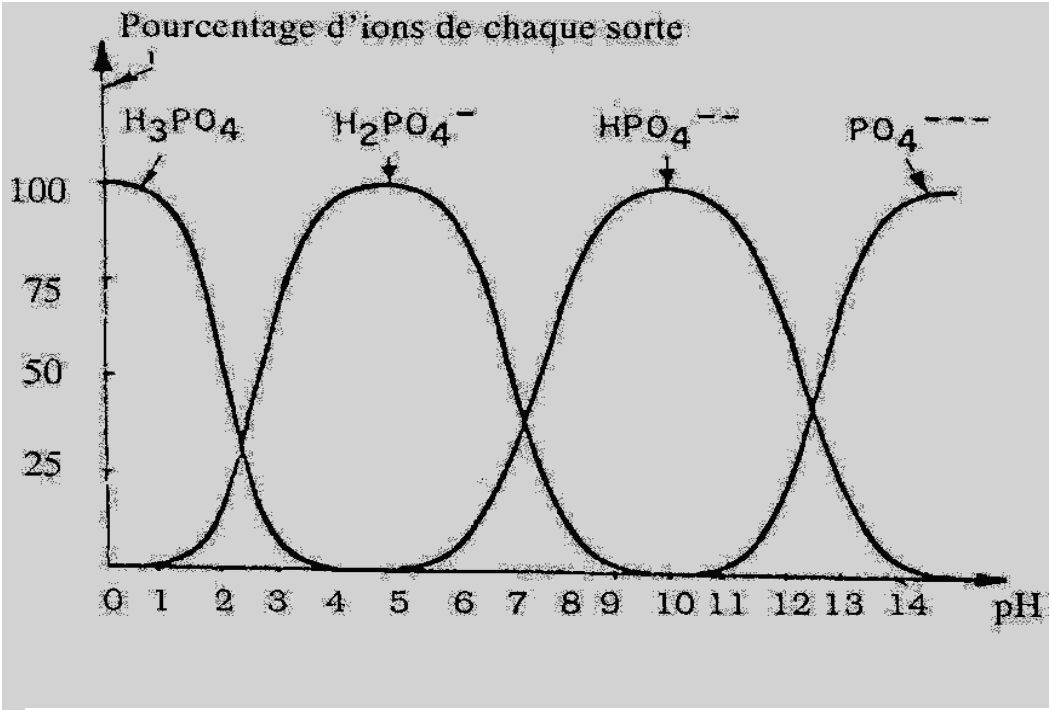

Figure N° 05 : La nature des ions phosphoriques dépend du pH (D'après GERVY, 1970)

III-1. La réaction du sol

La forme du phosphore dans la solution du sol dépend de la réaction de cette dernière (figure n° 5).

Mais compte tenu du des pH des sols généralement compris entre 4.5 et 9, les seuls formes rencontrées et biodisponible en solution sont le HPO_4 et H_2PO_4

Dans les conditions de pH les plus fréquent pour les sols tropicaux, la surface des composés d'aluminium et de fer sont chargées positivement (MOREL, 2002) et la réaction des ions P sur ces oxydes est donc ainsi ; conduisant à la formation de complexe. (ROBERT, 1996) et lorsque la concentration en Al et Fe devient plus intense, une réaction entre le phosphore et ces élément rendre le phosphore insoluble et inassimilable pour les plantes (BUCMAN et BRADY, 1965; GIRAUX et SENTRAN, 1984; KHALED et al, 1986)

Les dissolutions de P précipité (non disponible pour la plante) par modification du pH par excrétion des protons de régulation ionique peut entraîner une augmentation de la concentration en ions P biodisponible.

Enfin, les variations de pH modifient le potentiel électrique et l'état physique des surfaces absorbantes (TIESSEN et FOSSARD, 1991, cité par NAIT KACI, 1997)

Le pH optimum pour la biodisbonibilité de P se situe au voisinage de la neutralité.

III-2. La matière organique

De nombreux composés organiques du sol contiennent du phosphore : ARN, ADN, phospholipides, sucres phosphatés, phytates (MOREL, 2002), susceptible de libérer P lors de leurs minéralisation.

En outre, dans les sols où l'adsorption des ions phosphates a lieu sur des oxydes de fer ou d'aluminium déjà cristallisés, des additions de composés organiques limitent, par compétition pour les sites adsorbant, le nombre de sites susceptible d'être occupés par les ions phosphates (FOSSARD, 1985, cité par FARDEAU et al, 1993).

Il est généralement admis que les apports de matières organiques se révèlent bénéfiques dans la mobilisation du phosphore du sol. Elles constituent aussi une réserve non négligeable de phosphates adsorbés sur les sites humiques biodisponibles (DUTIL, 1976; TRIBOI, 1988; SIDHU et DHILLON, 1989).

Selon FARDEAU et al, 1993 dans les sols cultivés, il existe une certaine relation entre les teneurs en matière organique du sol et P organique, puisque les rapports C /N/P sont en moyenne de 100/10/1, alors que dans les sols « naturels », ils peuvent être très variés jusqu'à 80% du P total (MOREL, 2002).

Dans les sols cultivés, le phosphore organique représente en moyenne 20% du phosphore total, alors que dans les autres cas (forêt, prairies) le phosphore organique peut représenter jusqu'à 50%.

Enfin, les matières organiques protègent le phosphore assimilable contre les risques d'insolubilisation notamment en sols calcaires et se transforment en des formes non biodisponibles (figure n° 03) (DUTIL, 1976).

La présence de faible quantité d'acides humiques empêche la transformation de phosphate dicalcique en phosphate octocalcique (peu disponible) donc l'humus inhibe l'insolubilisation des phosphates (SCHAEFFER, 1976).

III-3. Les micro-organismes du sol

La microflore tellurique accumule une certaine quantité de phosphore, quelques pourcent de P total, soit quelques dizaines de Kgs de P par Hectare (MOREL et al, 1996). Comme pour l'azote, la biomasse microbienne bloque dans premier temps le phosphore et privé la plante de cet élément nutritif qu'elle libéré suivant deux mécanismes (DOMMERGUE et MANGENOT, 1970) :

- L'excrétion d'orthophosphates par les cellules microbiennes l'autolyse des cellules microbiennes.

Selon FARDEAU et al, 1993, les micro-organismes synthétisent des substances qui agissent à la fois par abaissement de la réaction du sol et par chélation des cations responsables de la précipitation du phosphore.

Par ailleurs certaines espèces microbiennes comme les mycorhizes sont capables d'assimiler directement les phosphates insolubles (LAHEURTE et BERTELIN, 1988).

Ainsi donc, Dans des conditions naturelles et agricoles ou l'alimentation minérale est rarement idéale, l'effet principal des micro-organismes du sol est d'améliorer l'absorption des éléments nutritifs nécessaires a la croissance des plantes et en particulier de ceux qui participent aux cycles de l'azote et du phosphore (O'HALLORAN et al, 1986: LAHEURTE et BERTHELIN, 1988 ; SAUR , 1989). Et de ce fait, l'activité microbienne des sols, joue un rôle fondamental pour la nutrition phosphatée et le développement du végétal.

III-4. Le calcaire

Dans les sols calcaires l'adsorption et l'insolubilisation sont considérées comme les deux mécanismes qui interviennent dans la dynamique du phosphore (DUTIL, 1976). Le pouvoir fixateur aux adsorptions peut varier en sol calcaire de 100 à 600ppm. L'adsorption des ions PO_4^{3-} sur le calcaire est une réaction de surface conduisant à la formation de germes superficiels de phosphates calciques (ARVIEU, 1980). Qui évoluent progressivement vers des formes peu disponibles (phosphate octocalcique ou hydroxylapatite) (FARDEAU et CONESA, 1994)

Cependant selon SOLTNER (1986), quand le pH n'est pas trop élevé et en sol riche en humus, le calcaire en faible quantités peut fixer les anions PO_4^{3-} sous forme échangeable (ou autodiffusible) biodisponibles; Dans les sols calcaires, la première réaction d'insolubilisation des phosphates transforme ces derniers (monocalciques) en dicalcique dihydraté (ARVIEU, 1972). Il s'agit d'une réaction très rapide.

Le phosphate dicalcique évolue vers des formes mois solubles et plus riche en calcium phosphate octocalcique tricalcique et hydroxylapatitique lors de réactions plus lentes.

Toutes ces réactions se produisent avec des vitesses d'autant plus élevées que la température et la quantité de $CaCO_3$ sont plus élevées (ARVIEU, 1974) et se

traduisent par une perte sévère de solubilité (MOREL, 1996). Cette perte de solubilité de phosphore en sol calcaire est de l'ordre de 30% des apports des d'engrais phosphatées (DUTIL, 1976). Elle est favorisée par des pH élevés.

La précipitation du phosphore en sols calcaire donne des phosphates de rapport Ca/P plus élevé (STUMM et al, 1996).

III-5. L'humidité

Les auteurs considèrent qu'une, certaine humidité est toujours nécessaire pour l'absorption des ions phosphatés par les plantes, car elle permet une mobilité plus grande de ces ions. En effet un des mécanismes qui est mis en œuvre dans le continium phase solide-solution-racine est la diffusion suite à un l'existence d'un gradient de concentration (JUNCK, 1984; MAIRE, 2005) qui interviennent sur une distance très faible de l'ordre de quelques millimètres (CLHASSEN et al, 1981). et c'est là, une des particularités de la dynamique du phosphore dans les sols.

La dessiccation du sol réduit à la fois le développement et l'exploration racinaire et la diffusion phosphorique vers les racines (SAMIEZ et SINGH, 1987).

Il en résulte qu'en conditions de stress hydrique, l'alimentation phosphorique est particulièrement difficile, car les réserves assimilables sont principalement localisés dans la couche arable, la mieux explorée par les racines, mais la plus sujette à la dessiccation (BLANCHET et al, 1987; SALAH, 1985).

III-6. La Température

Il est généralement admis qu'une température élevée accroît la vitesse et le taux de précipitation et d'insolubilisation des engrais phosphatés dans les sols. Cependant le développement racinaire et l'aptitude des plantes à absorber le phosphore peuvent être retardés par le climat froid (SIMPSON, 1961 in REZIG, 1978).

La température est aussi un facteur écologique important, elle influence les réactions biologiques et chimiques du phosphore, le développement racinaire etc...

III-7. Les sels

Les apports phosphatés en milieu salin sont susceptible d'augmenter les rendements dans la plus part des cas (CHAMPAGNOL, 1975; ABDELNAIM et al, 1981), cet effet bénéfique correspond généralement a une interaction positive phosphore-salinité lorsque cette dernière est modérée (KIAOUCHE, 1989).

III-8. La texture

Il est généralement admis qu'une température élevée accroît la vitesse et le taux de précipitation et d'insolubilisation des engrais phosphatés dans les sols .Cependant le développement racinaire et l'aptitude des plantes à absorber le phosphore peuvent être retardes par un climat froid est un sol de texture argileuse (SIMPSON, 1961 in REZIG,

1978). Le phosphore de l'engrais réagit pour former des composés moins solubles dans des sols argileux qu'en sols sableux pour des doses égales d'apport. Des revêtements d'oxydes d'aluminium et de fer sur l'argile ainsi que Al et Ca échangeable jouent un rôle important dans les racines avec l'engrais phosphaté (HEMWAL 1957 in ANSIAUX 1976) cité par BENCHAIB A. (1989).

III-9. Interactions éléments nutritifs phosphore

En principe, on peut affirmer que l'apport équilibré des éléments nutritifs indispensables au végétal favorise leur assimilation, en effet l'ensemble des interactions entre éléments crée les conditions les plus favorables à une nutrition végétale optimale (BONNEAU, 1983; VILAIN, 1993).

Dans la pratique cela est difficile à réaliser, car les éléments nutritifs peuvent avoir un comportement synergique ou antagoniste vis a vis du phosphore (CHIEN, 1979).

III-9.1. Synergie phosphore-Azote

Selon MENGEL et KIRBY, (1982) il se produit une action simultanée Azote-Phosphore qui favorise le développement radiculaire. Apporté sous forme $(NH_4)\ 2SO_4$, l'Azote ammoniacal (NH_4) agit directement sur le mécanisme du transport du phosphore vers les racines (ZANGLI, 1991). Le phosphore stimule l'activité des micro-organismes du sol. Il agit sur les quantités d'azote présentes en favorisant la minéralisation de la matière organique et la nitrification (KIRBY et KNIGHT, 1977; BONNEAU, 1980; CAMBELL et al, 1984; SAUR, 1989; KHALDI, 1991).

La synergie entre l'azote et le phosphore est dû à l'action directe des sels azotés sur le phosphore, et aux effets de l'azote sur la modification du pH (COPE et al, 1965 in MASMOUDI 1988).

III-9.2. Synergie phosphore-potassium

Celle-ci est très fréquemment rencontrée sur divers types de cultures. Le potassium est apporté sous forme de KCl (CHIEN, 1979). Des essais a la station agronomique d'ASPACH-LE-BAS révèlent que l'apport du mélange chlorure de potasse phosphate sur graminées fourragères a un coefficient d'efficacité supérieure aux apports séparés (GERVY, 1970).

III-9.3. Synergie phosphore-silice et phosphore-fluor

En présence de silicates, il se forme des complexes $(Fe\text{-}SiO_4)$ et $(Al\text{-}SiO_4)$, ce qui augmente, par dissolution des complexes fer-phosphates et aluminium-phosphates, la concentration de la solution du sol en phosphore (KUNDU et al, 1988; KHALDI, 1991). Par ailleurs, le fluor a un comportement similaires a celui de silicates. Etant donné leur proche structure électrique, les sites antérieurement occupés par les

phosphates sont repris par les ions fluor, ce qui diminue les quantités de phosphates fixés par le sol (LEYMONIE et LAURENT, 1986; KUNDU et al, 1988) in NAIT KACI (1997)

III-9.4. Interaction zinc-phosphore

Elle oscille entre la synergie et l'antagonisme .Il existe une faible mobilité du zinc dans le végétal induite par le phosphore (ALAM, 1988; SIMARD et al, 1988). Au moment où TROCME cité par LOUE, (1987) juge comme négative cette interaction ZINC-PHOSPHORE, WAGNER (1979) parle d'une substantielle interaction positive entre ces derniers. KZMA et al, (1980) ont signalé l'antagonisme phosphore-zinc chez le blé.

OLSEN (1977), pour sa part estime que dans les sols à forte concentration en phosphore, il se forme le précipite $Zn_3 (PO_4)_2$ insoluble dans le sol.

III-9.5. Antagonisme phosphore- soufre

Constaté expérimentalement sur le mais et dans les sols riches en sulfates. Bien que les ions SO_4 aient une affinité vis à vis des ions fer et aluminium, ces derniers ne se dissocient pas des phosphates aux quels ils sont liés (SAMARASH et al, 1983).

III-9.6. Antagonisme phosphore-cuivre

Cet antagonisme est bien connu dans les plantations d'agrumes notamment après des fumures phosphatés intensives et répétées (SHARMA et al, 1990).

III-9.7. Antagonisme phosphore-fer

Ce phénomène a été signalé dans les zones de cultures de soja. Il semblerait que le fer présent dans la plante ait alors une faible mobilité qui est liée au phosphore (SHINDE et al, 1987; KHALED et al, 1986).

IV- Conclusion

Le sol représentant un ensemble de systèmes en équilibre, pour donner une image fidèle des réserves, le réactif doit extraire une fraction donnée ou la totalité du pool des ions phosphoriques liés aux divers absorbants. Cette condition n'est généralement pas remplie, on doit tendre à utiliser des méthodes modifiant le moins possible les conditions du sol.

L'établissement des normes de richesse résulte de la confrontation des résultats de l'analyse chimique avec le comportement des végétaux sur les sols analysés (MOREL et al, 1984) .

La caractérisation du phosphore présent dans un sol requiert la connaissance de trois facteurs indépendant : le facteur intensité, le facteur quantité et le facteur capacité, ou pouvoir tampon, la nutrition phosphatée dépendant, entre autre choses, des ces facteurs (WHITE et BECKETT, 1964; GACHON, 1977; cité par FARDEAU et al , 1993) in NAIT KACI 1997 .

Le phosphore assimilable d'un sol n'est caractérisé que par la quantité, les limites des ces techniques sont apparues avec la multiplication des analyses de terre (BONIFACE et TROCME, 1988).

La solution du sol ne contient à un instant donné dans les cas les plus favorable, que de 2 à 5 % de quantité prélevé par les plantes (FARDEAU et al, 1988; 1991) .

Les méthodes d'extractions chimiques, si elles ne peuvent nous fournir d'informations sur les paramètres intensité et capacité et/ou sur les cinétiques de transfert potentiel des ions phosphate, nous fournissent cependant un paramètre quantité selon les cas des extractifs. Ce paramètre quantité, étroitement associé à l'expérimentation culturale, reste encore à ce jour un critère de valeur en matière de fertilisation phosphatée des sols agricoles.

DEUXIEME PARTIE : ETUDE DU MILIEU ET MATERIEL ET METHODES

I. Présentation de la région d'étude

Notre terrain d'étude est le périmètre agricole « Vieux Médina » (Pères-blancs) qui se trouve dans la région d'ICHEMOUL (wilaya de BATNA), à une altitude de 1506m. (Figure n° 6)

1- Situation géographique

Ichemmoul chef lieu de la daïra d'Ichemmoul se situe au cœur des Aurès a une altitude 1570m. Il se situe a 52km au sud-est de chef lieu de la wilaya de Batna et a 22km a l'est d'Arris. Le vieux Médina distant de chef lieu de daira d'environ 1km vers l'est.

La zone d'étude (vieux MEDINA) présente une superficie de 400ha est faite partie des terres fertiles situées sur deux rives de Oued labiadh, les plaines de vieux Médina constituent les meilleures terres pour la culture des arbres fruitiers et en particulier le pommier.

Elle est limitée :

Au nord par la commune de Foum-Toub ;

Au sud par la commune d'Inoughissen ;

A l'est par la commune de Yabous ;

A l'ouest par la commune d'Arris.

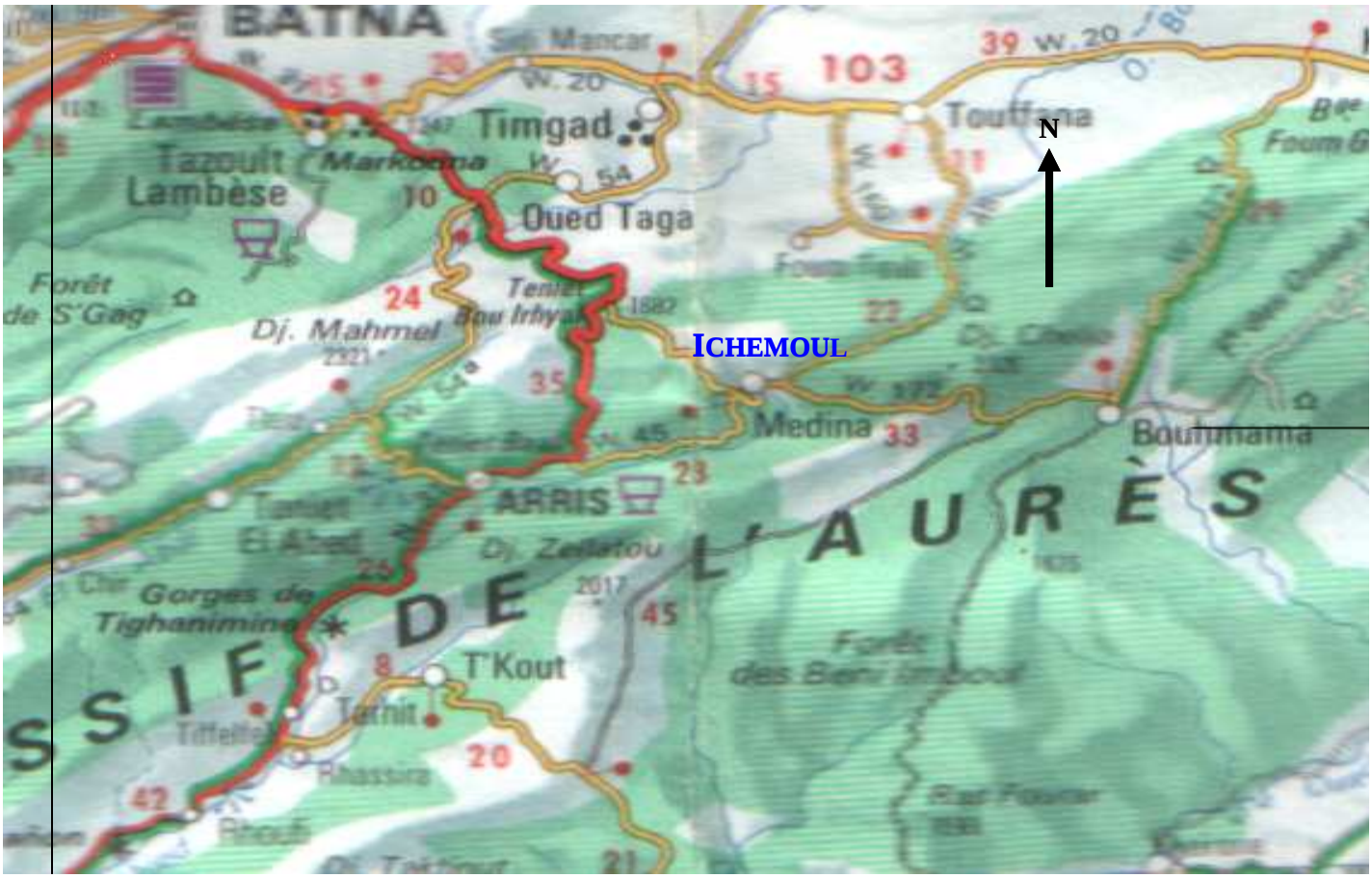

Figure N°6 : Situation de la zone d'Ichemoul de BATNA
(échelle : 1/1000000) (Editée par SONATRACH, 1970)

2. Le Relief

Les plaines d'ichemmoul occupent une superficie de 1200ha et localisent et dans trois zones :

- Vieux médina : 400ha
- Medina : 625ha
- Tafrente-elkaid : 175ha

Les terrasses : Elles couvrent une superficie de 600ha et sont représentées par les terres fertiles situées sur les deux rives de oued-labiod. Se raccordent le plus souvent aux glacis (glacis-terrasses).

Les plus importantes sont celles d'Oued-labiod au sud, qui prend origine du djebel Chelia et de oued médina qui vient se jeter dans oued labiod.

Les montagnes : Le reste de la superficie du commun est montagneux, le point culminant s'élève a 2066m d'altitude (Djebel Ichemmoul).

3. Les sols de la région

Aucune étude pédologique n'a été effectuée du point de vue texturale dans la région mai selon Meziani et Begguigui (techniciens à l'APC d'Ichemoul, 1995) les principaux types des sols qu'on rencontre au niveau de la commune sont :

Sols lourds : argilo-limoneux qui constituent la majorité du terrain de la commune dont le terrain d'étude, soit un taux de 65% ils se localisent dans les plaines et grandes parties des zones montagneuses.

Sols légers : on distingue deux types :

Sols silico-argileux (15%) localises dans les bas-fonds.

Sols calcaires-argileux (20%) localises à l'ouest de la commune.

4. Caractéristiques climatiques de la région d'étude

Une étude des caractéristiques climatiques de la station de Batna sur 20 ans (1983-2003) a permis de déduire les observations suivantes :

4.1. La pluviométrie

La pluviométrie moyenne annuelle enregistrée sur les 14 ans a été de 374.9 mm (tableau n°3). La répartition des pluies d'une année à l'autre et d'une saison à l'autre également est marquée par sa très grande irrégularité. Le maximum des précipitations est enregistré pendant le mois de mars (46.1 mm), par contre le minimum des

précipitations est enregistré pendant le mois de juillet (9.8 mm). Ainsi, près de 90% des précipitations tombent en automne, en hiver et au printemps.

4.2. Les températures

La température moyenne mensuelle du mois le plus froid (janvier) est de 4,7°C, et celle du mois le plus chaud (août) est de 23 °C. Aussi, l'examen de ces données révèle la présence de deux saisons contrastées (caractéristiques du climat méditerranéen) :

Une saison froide (7 mois) s'étalant d'octobre jusqu'à avril et une saison chaude (5 mois) qui s'étale du mois de mai au mois de septembre (tableau n°3) .

TABLEAU N°3 : Données climatiques de la station de Batna (1983-2003).

Mois	**S**	**0**	**N**	**D**	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**Moy**
Pluviométrie (mm)	36,7	26,9	39,7	28,9	44,5	28.3	46,1	40,2	30,2	27,8	9.8	15,8	374,9
M (°C)	23,7	18.2	14	9.8	8,3	11,1	11,6	16,4	22,5	19,3	29.7	30,2	
m (°C)	9,4	5,7	1,9	1,2	1,1	0,7	0,8	2,4	8,3	12,	15,2	15,8	
(M+m)/2	16,5	11,95	7,95	5,5	4,7	5,9	6,2	9,4	15,4	15,65	22,45	23	
Vitesse du vent (m/s)	2,4	2,4	3,2	3,0	3,5	3,0	3,0	3.4	3.8	5,0	4,7	2,9	3,3
Direction du vent	SO	O	SO	O	O	SO	NO	S	SO	O	SO	O	/
Nombre de jours (gelées)	0	0	6	11	12	8	4	3	0	0	0	0	44j

(Station météorologique Batna, 2003).

M : moyenne mensuelle des températures maximales absolues quotidiennes.
m : moyenne mensuelle des températures minimales absolues quotidiennes.
(M+m)/2: moyenne mensuelle des températures.

4.3. Les gelées

Par année, le nombre moyen de jours de gelées s'élève à 44 (Tableau n°8); décembre, janvier et février sont les mois où les gelées sont les plus fréquentes.

4.4. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN

Ce diagramme revêt un grand intérêt dans la mesure où il permet de définir facilement la durée de la saison sèche et de la période humide (Figure n° 7).

Les mois sont portés en abscisse, les précipitations et les températures mensuelles sont représentées en ordonnées.

L'intersection des deux courbes (pluviométrie "P" et température "2T") permet de définir :

- La période sèche lorsque $P < 2\,T$
- La période humide lorsque $P > 2\,T$

Dans le cas de notre étude, l'examen de la figure n° 7 permet de définir la période sèche qui s'étale du 15 mai au 15 septembre (4 mois).

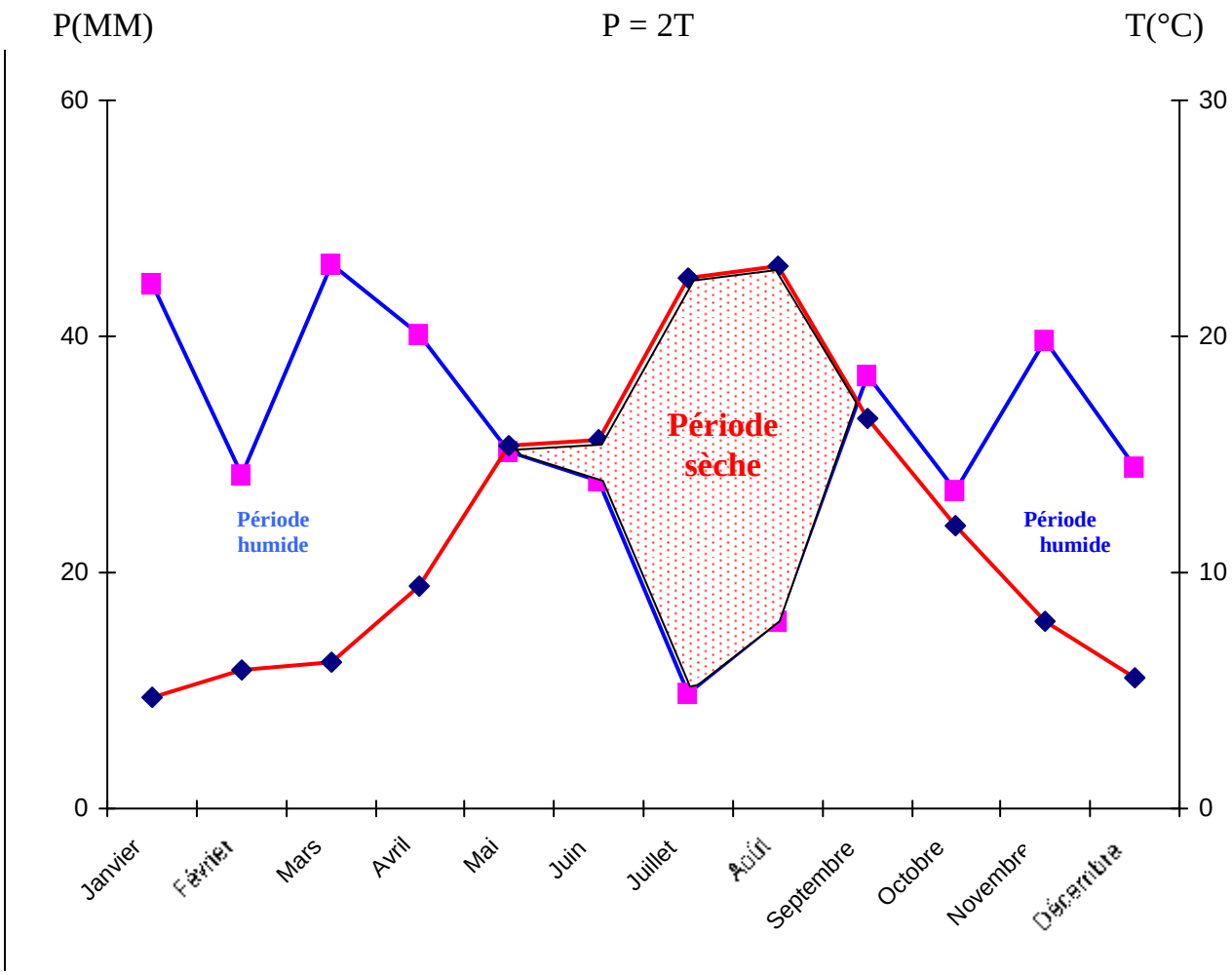

Figure n° 7: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de Batna (1983-2003)

4.5. Climagramme d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'Emberger spécifique au climat méditerranéen est un rapport entre les précipitations et les températures moyennes annuelles. Il permet une classification bioclimatique des milieux (SOLTNER, 1984).
Il est déterminé par la formule suivante :

Q= 3.43 x P / (M - m) où :

- Q : quotient pluviométrique en mm / °C,
- 3,43 : constante relative à la région : Algérie-Maroc.
- M : température maximale du mois le plus chaud en °C.
- m : température minimale du mois le plus froid en °C.
- P : pluviométrie moyenne annuelle en mm.

Dans notre cas : P = 374,9 mm ; M = 30,2 °C et m = 1,1 °C

Donc : **Q = 3,43 x 374,9 / (30,2 - 1,1) = 44,19**

Après avoir reporté la valeur du quotient pluviométrique d'Emberger sur le climagramme, nous avons conclu que la région d'Ichemoul appartient à l'étage bioclimatique Semi-aride à hiver frais (figure n°8).

$$Q = 3.43 \times P / (M - m)$$

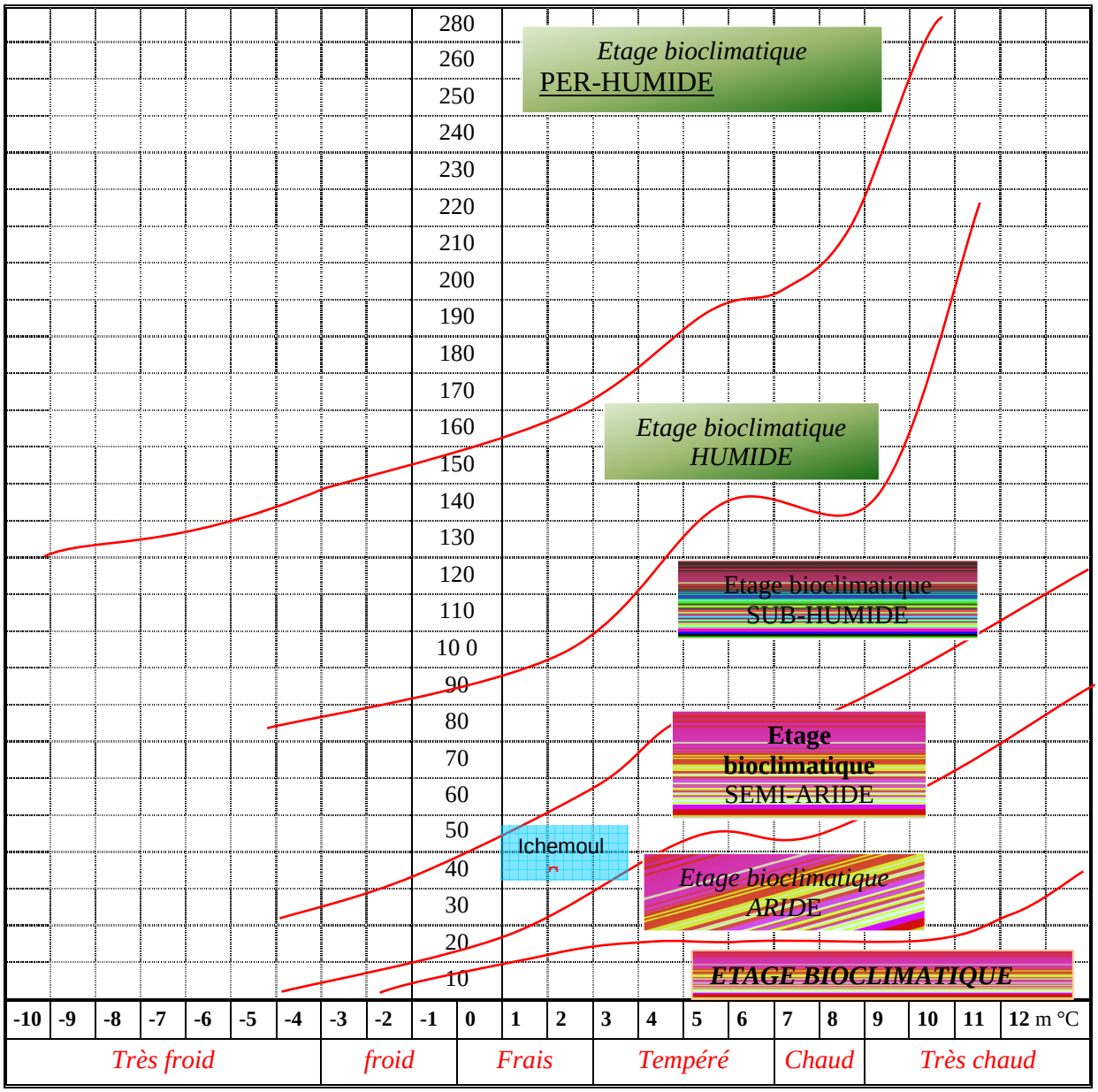

Figure n° 8 : Climagramme d'EMBERGER pour la région d'Ichemoul (1983-2003)

4.6. Le vent

Le vent, caractérisé par sa fréquence, son intensité et sa direction dominante, est un facteur météorologique non négligeable. Les vents les plus dominants sont de direction sud-ouest et ouest avec une vitesse moyenne de 3,3 m/s (tableau n°3) pouvant atteindre un maximum de 5 m/s au mois de juin.

En été, le sirocco qui est un vent sec et chaud, provoque une chute brutale de l'humidité et une augmentation de la température. Celui-ci est rare pendant les mois les plus froids, le maximum de fréquence a lieu généralement en juin - juillet, exerçant aussi une action desséchante .

4.7. L'humidité relative de l'air

L'humidité relative moyenne est de 55,1% ;elle supérieure du mois d'octobre au mois de mars, elle descend à 50% par temps de sirocco ; on remarque donc que les valeurs de l'humidité relative sont importantes avec une valeur de 50,87 en été (juillet) et de 63,63 en hiver novembre), à coté de la température l'humidité de l'air influe sur les besoins en eau de la plante.

Le tableau n°4 présente les valeurs mensuelles moyennes de l'humidité relative de l'air.

Tableau N° 4 : L'humidité relative de l'air pour 9 mois de l'année 1999 (station Météorologique d'Ichemoul 1999)

Mois	**M**	**A**	**mai**	**juin**	**jui**	**août**	**sept**	**oct**	**Nov**
H (%)	66,28	57,18	55,88	50,01	50,87	33,37	55,90	62,03	63,63

D'après le tableau N° 4 d'une manière générale, l'humidité relative moyenne de l'air oscille entre 66 % et 50 %, sauf pendant le mois d'Août qui est le plus sec ou nous avons enregistre que 33,37 %.

4.8. Régime hydrique

Dans la région de BATNA et ARRIS, la période de forte ETP (saison chaude) s'étale du mois de mai jusqu'au mois de octobre .Durant cette période on noté que l'infiltration des pluies dépend de la perméabilité.

Pour la période à faible ETP qui s'étale du mois de novembre jusqu'au mois de mars la perte d'eau par ETP en faible et le drainage profond devient possible (tableau 5)

Il ressort de ses chiffres que le déficit hydrique est toute l'année, dans ces cas l'irrigation est nécessaire dés la reprise de la végétation c'est-à-dire à partir d'avril dans ces régions.

Tableau N°5 : Bilan hydrique mensuelle en mm pour l'année 2001 (source station Médina)

	J	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**ANNEE**
Pluie Totale (mm)	39,8	70	4,0	8,4	46,9	00	2,3	15,6	49,0	9,4	51,8	9,5	306,7
Pluie efficace	13,9	32,0	00	00	18,1	00	00	00	19,4	00	21,1	00	104,5
ETP (mm)	86,18	93,80	172,1	174,6	179,2	284,4	291,71	278,1	188,7	182,3	91,5	74,4	2064,0

5. Etude géologique de la région

La commune d'Ichemoul d'une altitude de 1040m est une zone principalement montagneuse située dans la chaîne des Aurès. Les terres des plaines s'étendent sur une surface de 1200 ha localisées surtout à Médina avec 625 ha, le Vieux Médina avec 400ha et Tafrent-Kaïd avec 175 ha .Les bas-fonds occupent une superficie de 600 ha représentés par les terres fertiles situées sur les deux rives de Oued Labiod.

Du point de vue géologique la zone se situe au niveau d'un cône de déjection torrentiel se trouvant entre djebel tabourirt et djebel Aoud, les sols des plaines datant du quaternaire sont composés essentiellement du calcaire, matériau prédominant à cause de la présence de reliefs qui datent du crétacé (Turonien, Cénomanien, Albien, Aptien et le Barrémien). Les reliefs de la région se caractérisent par des calcaires, du grès et des passées de marnes (Figure n° 9).

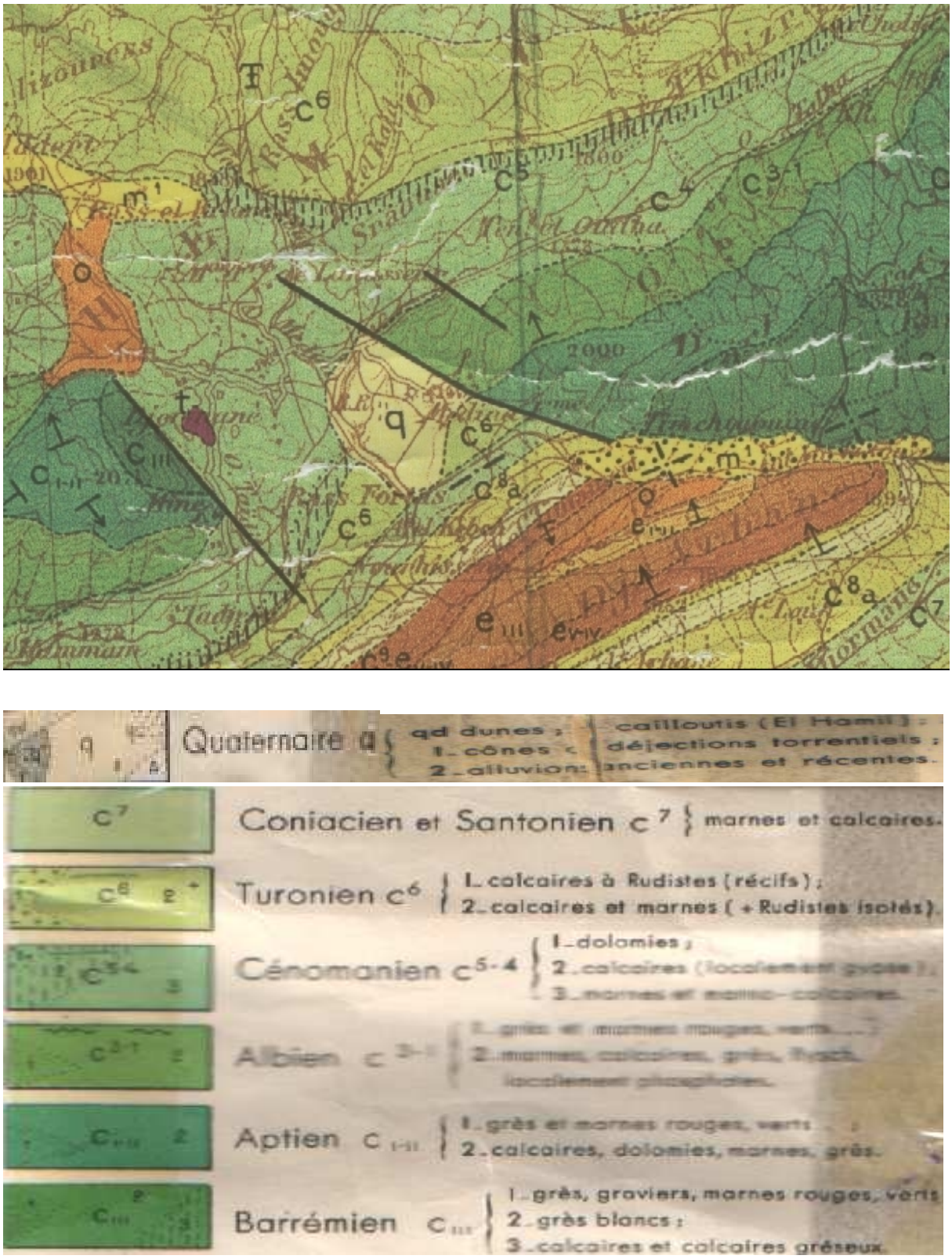

Figure N° 9 : Esquisse géologique des Aurès au 1/200000 (Laffitte , 1939)
Montrant la zone d'étude Médina

6. Occupation des terres

Répartition des terres : La commune D'ICHEMOUL s'étend sur une superficie de 12367 ha qui se reporte selon le tableau N°6.

Tableau N° 6 : Répartition des terres Dans la commune d'Ichemoul

Nature de la terre	Surface (ha)	% par rapport a la surface
S . A . T	7438	60,15
S . A . U	6617	53,50
Foret	3329	26,92
Terre improductive	1600	12,93

Source : (A .P .C, d'Ichemoul 1999)

Le tableau N° 6, montre que la commune d'Ichemmoul a une vocation agricole avec une S.A.T de 60,15 % de la superficie total dont (88,96%) est effectivement productive (S.A.U). Selon les vocations, les terres agricoles sont reparties comme l'indique le tableau N° 7.

Tableau N° 7 : Répartition des terres agricole selon les spéculations

Spéculation	Superficie ha	% par rapport a la S.A.U
Céréaliculture	5000	75,56
Cultures maraîchères	150	2,26
Cultures fourragères	42	0,63
L'arboriculture	273	4,12
Jachère	1152	17,40

(statistiques agricoles :1998 A .P.C Ichemoul)

D'après le tableau N°7 les céréales constitué la spéculation la plus importante du point de vue superficie, dont elle occupe 75,56 de la S.A.U, suivie par l'arboriculture avec 4,12 mais du point de vue économique l'arboriculture revêt plus d'importance, surtout la production des pommes qui constitue la source principale de revenue dans la région.

Pour mettre en évidence l'importance des productions fruitières dans la commune, nous avons présenté dans le tableau N°8 les superficies par espèces fruitières.

Tableau N°8 : Répartition des terres arboricoles selon les espèces fruitières

Espèce fruitière		Superficie Ha		% par rapport a la superficie arboricole totale
Nom commun	**Nom spécifique**	**Surface totale**	**Surface productive**	
Pommier	*Malus communisL*	189	155	69,23
Poirier	*Pyrus communis*	5	5	1,83
Grenadier	*Prunica granatum*	2	2	0,73
Amandier	*Prunus amygdalimus*	1	1	0,36,
Figuier	*Ficus carica*	2	2	0,73
Noyer	*Juglans regia*	43	40	15,75
Abricotier	*Prunus arminiaca*	19	19	6,95
Pêcher	*Prunus persicae*	5	5	1,83
Cerisier	*Cerasus arium*	1	1	0,36
Vigne de table	*Vitis vinifera*	2	2	0,73
Prunier	*Prunus domestica*	4	4	1,46

(statistiques agricoles 1998, commune d' Ichemmoul)

Nous pouvons remarquer sur le tableau N°8 la diversité et l'importance réservée a chaque espèce fruitière. La prédominance de la culture du pommier est tout a fait évidente avec une superficie de 189 ha soit 69,23 % de la superficie arboricole totale.

Le noyer rentre en 2^{éme} position avec une superficie de 43 ha et l'abricotier avec 15 ha en 3^{éme} position.

7. Potentialités et contraintes

Quand on parle d'arboriculture dans la région, c'est surtout la culture du pommier qui est en question, puisqu'il constitue l'arbre fruitier le plus cultivé comme nous l 'avons déjà signalé.

Les cultures sont exposées a plusieurs contraintes. Des problèmes d'adaptation aux conditions climatiques rigoureuses de la région, par exemple le cas d'abricotier qui souffre des gelées printaniers et des problèmes de grêle, presque la région se trouve dans un couloir grelifere (somme de froid).

La culture de pommier se concentre surtout dans le périmètre agricole Vieux-Médina ; vue les potentialités qu'offre ce périmètre à la culture : sol favorable, disponibilité de l'eau en plus d'un climat favorable à la production du pommier.

Durant la dernière décennie cette culture a connu une grande extension; de 140ha en 1993 elle passe a 189 ha en 1998; ce qui prouve le succès de la culture.

Les variétés cultivées sont : Golden delicious, Starkimson en plus de la royale gala, Reine de reinette et Red spire. La production varie selon les variétés, les compagnes et les travaux d'entretien effectuent par l'arboriculteur. Elle est en général de 100 qx /ha (A.P.C. Ichemoul, 1999).

La production pouvant être améliorée en quantités et surtout en régularité, si les arboriculteurs peuvent surmonter les contraintes qui sont surtout : la maîtrise de la taille et la bonne application des traitements phytosanitaires (MEZIANI et BAAGUIGUI, 1995). Ces deux contraintes contribuent largement dans la chute de la production, surtout les maladies et ravageurs qui arrivent à anéantir totalement la production.

7.1. La situation sanitaire de la culture de pommier

Ces dernières années il y a eu une extension importante des maladies et ravageurs attaquant le pommier, les carences minérales sont aussi très répandues, et se caractérisent par le jaunissement et la chute des feuilles.

Pour les ravageurs, nous citons en premier position le carpocapse et l'araigne rouge dont les verges souffrent largement. En deuxième position vient le puceron cendre du pommier qui pendant les années propices a sa pullulation provoque des dégâts importants. En outre ces dernières années, des foyers de pou de San-josé viennent d'être détectes,. Ce ravageur constitue un grand danger pour l'avenir de la culture du pommier dans la région, si les autorités ne prennent pas les précautions nécessaires pour limiter son extension.

D'autres ravageurs de moindre importance attaquent également le pommier, comme la zeuzère et les chenilles défoliatrices.

On a signalé ainsi la présence de deux maladies cryptogamiques :

- L'Odium (*Podosphaera leucotriclia*)
- Tavelure du pommier (*Venturia ineaqualis*)

Pour les ravageurs nous avons signalet :

- Araignée rouge (*Panonychus ulmi*)
- Le carpocapse des pommes et des poires (*Dysaphis plataginea*)
- Le Pou de San-José (*Quardraspidiotus perniciosus*)

Sur le pêcher il a été signale le puceron vert du pêcher (*Mysuss persicae*) et sur le poirier, le psylle commun du poirier (*Psylla piri*).

Toutes ces maladies et ravageurs affectent la production du pommier du point de vue qualité et quantité. Il est nécessaire de connaître ces maladies et ces ravageurs et de maîtriser leur cycle de vie afin de mieux les combattre.

7.2. La Fertilisation

Parmi les pratiques culturales appliquées aux vergers de pommiers, c'est la fertilisation qui est menée d'une manière empirique et sans aucune base sa technique, les apports ne sont pas très variables d'un verger à un autre et notamment en ce qui concerne le phosphore. Les apports varient de 0 à 1ql/ha de TSP aux pieds des arbres

en hiver et pas chaque année. Les apports d'azote sont effectués en Mai-Juin à raison d'1Kg environ d'urée.

Le potassium et le fer sont apportés parfois en pulvérisation foliaires.

Quant à le fumure organique, elle est apporté quelquefois au pied des arbres à raison d'une brouette de fumier d'une manière irrégulière.

On relève en définitive, une observée totale de maitrise de la fertilisation des sols.

7.3. Plantes adventices

La prospection de la végétation existante nous a permis d'inventorier les espèces adventices les plus répandues dans les vergers (voir tableau N° 9)

Tableau n° 9 : Flore adventice dans le verger d'étude

FAMILLES	ESPECES
Convolvulacées	*Convolvulus arvenis l.*
Plantataginacées	*Plantago logopus l .*
Rubiacées	*Galium viscosum*
Malvacées	*Malva sylvestris*
Graminées	*Cynodon dactylon*
	Phalaris paradoxa
Composées	*Centaurea acaulis*
	Centaurea nicaeennis
	Picris echoides
	Sonchus aevensis
	Carduus psycnocephalus
Aramanthacées	*Amaranthis retroflexus*
Chenopodiacées	*Chenopdium album*
Solanacées	*Solanum nigrum*
Cruciferes	*Cynapsis arvensis*
Legumineuses	*Vicia sativa*
Oxylidacées	*Oxalis pescape*
Scorofulariacées	*Veronica persica*
Ombelliferes	*Daucus carota*

(Détermination par M. Belbahri)

II. Matériel et méthodes

2.1. Le sol

Les vergers de vieux médina (Ichemoul) sont installes sur des niveaux topographiques variables et des substratums différents (calcaires, marnocalcaires et alluvions) .

Les points de prélèvement en nombre de 20 alignés selon deux séquences (Figure N°10) prenant en considération ces deux caractères de la région agricole. Les prélèvements d'échantillons de sol ont été effectues à 03 profondeurs : 0-20cm, 20-50cm, et50-8Ocm.

Apres séchage, broyage et tamisage à 2mm, ces 60 échantillons ont été Soumis aux analyses de laboratoire (figure N° 10)

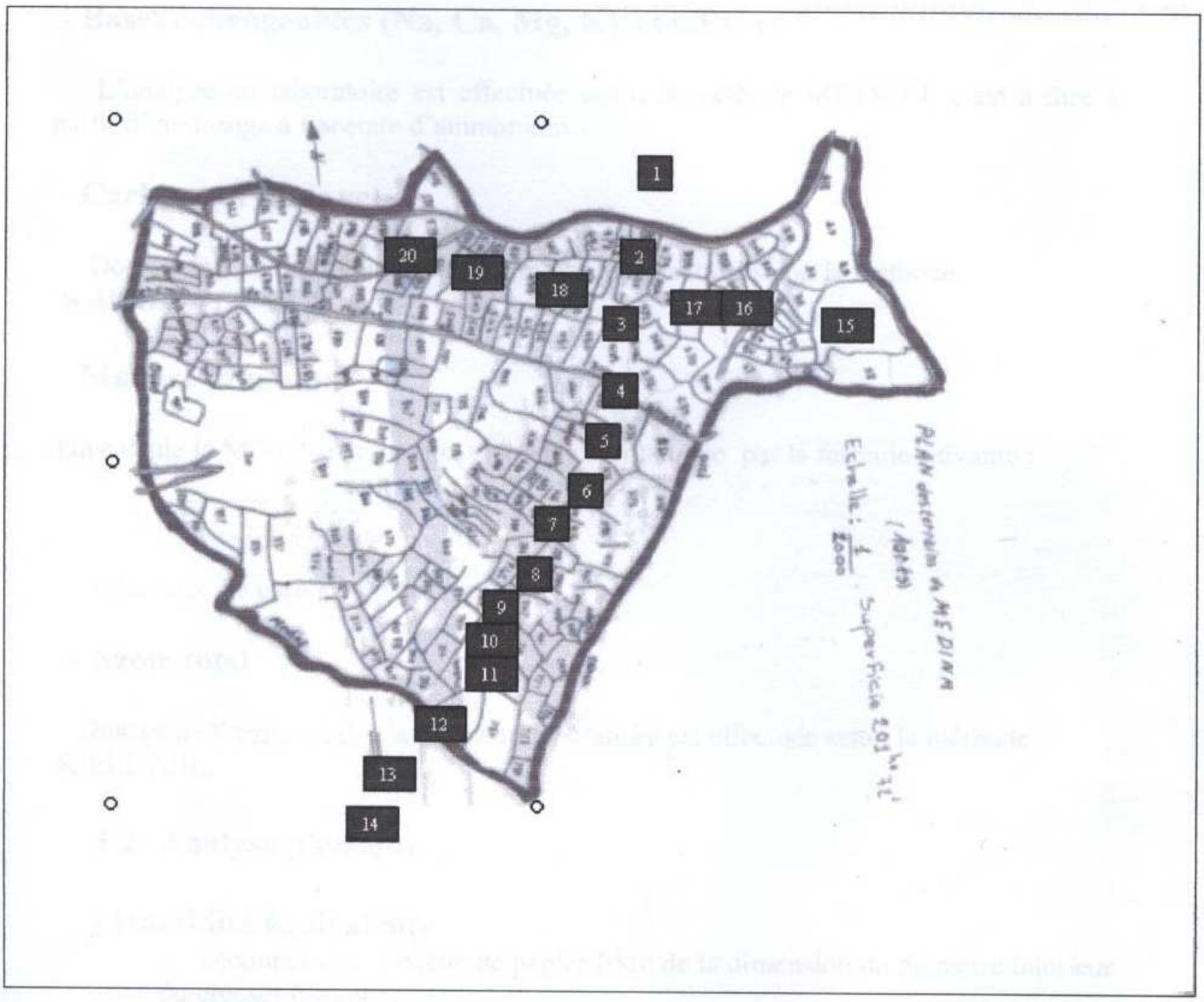

Figure n° 10 : Les points hétérogènes sur le périmètre agricole vieux médina

2 .2. Analyses physiques

Granulométrie : Par la méthode internationale à la pipette Robinson. Elle comprend une destruction de la matière organique par l'eau oxygénée à froid, puis à chaud, dispersion par l'hexametaphosphate de sodium, le prélèvement au moyen de la pipette des argiles et des limons fin, et enfin le tamisage par différence à 100%.

2 .2. Analyses physico- chimiques

pH eau : La mesure du pH a été réalisé par la méthode électrométrique à l'aide d'un pH mètre à électrode de verre, sur une suspension de terre fine avec un rapport sol /eau 1/2,5.

pH KCl : Comme le pH eau, mais en additionnant une solution de KCl N .

- *Conductivité électrique (C.E) E*lle est mesurée à l'aide d'un conductimètre, selon rapport sol /eau 1/5.Elle exprimée en mmhos/cm ou dS/m et rapportée à la température de 25° Conductimètre (résistivimètre).

- *Carbone organique : L*e dosage du Carbonne organique est réalisée par la méthode Waikley-Blackdont le principe est basée sur l'oxydation à froid du carbone organique de l'échantillon du sol par une solution de bichromate de potassium en excès ($K_2Cr_20_7$) en milieu sulfurique. L'excès de bichromate dans la réaction est dosé par une solution de sel de MOHR.

La quantité réduite par le sel de MOHR est inversement proportionnelle à la teneur en carbone. La matière organique est obtenue de la formule suivante :

M O% =C%X1, 72.

- Azote total : Dans le sol, l'azote total est essentiellement constitue d'azote organique (plus de 95%)

Aussi, sa détermination est effectuée par la méthode Kjeldahl qui consiste en une minéralisation de l'azote organique à chaud par de l'acide sulfurique concentré en présence de catalyseurs (K_2SO_4 et $CuSO_4$).

L'azote minéral (NH4) produit est piégé par distillation dans une solution d'acide borique 4%. L'azote total est dosé par titration de l'acide borique ayant piége l'NH4+.

Méthode Gazométriqe (Jackson, 1967)

- Calcaire total : Il est déterminé au calcimètre BERNARD Cela consiste à décomposer les carbonates du sol (essentiellement $CaCO_3$) par l'acide chlorhydrique (HCL_6N) et à mesurer le volume de CO2 dégage selon la réaction suivante :

$$CaCO_3 + 2HCl \text{ ---------- } CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

Ce volume de CO_2 dégage est comparer au volume dégage par une quantité connue de $CaCO_3$ pur.

Le calcaire actif : Il s'agit de la fraction fine du calcaire du sol,qui peut passer dans la solution du sol sous l'action de l'eau chargée de CO_2 et d'acides humiques (GROS,1979).De ce fait, cette fraction agit fortement sur la nutrition minérale des plantes. Sa détermination est realisée selon, la méthode DROUINEAU et GALET, qui utilise l'oxalate d'ammonium pour complexer le calcium sous forme d'oxalate de calcium insoluble.

L'excès d'oxalate d' NH_4 est dosé par le permanganate de potassium en milieu sulfurique.

Les cations échangeables : L'extraction des cations échangeables (Ca^{++}, Mg^{++}, K^+, Na^+) est faite à l'acétate d'NH_4 1N à pH 7 par centrifugation sur un échantillon de terre fine.

Ca^{++} et Mg^{++} sont dosé par absorption atomique et K^+ et Na^+ au photomètre à flamme.

Capacité d'échange cationique : Apres extraction des cations échangeables et saturation du complexe par NH+4, l'excès d'acétate d'NH+4 est éliminé par l'éthanol. L'ammonium (NH^+_4) fixé est déplacé par une solution KCl 1Net dosé par distillation.
Fe et Al totaux : l'extraction est effectuée à l'aide du réactif de Tamm selon la méthode DUCHAUFFOUR(1979), puis dosage à la méthode à plasma.

2.3. Analyse du phosphore du sol

Le phosphore total : La connaissance de cette forme du phosphore du sol ne donne qu'une indication très incomplète d'aptitude du sol à former du phosphore aux végétaux et aucune information ne peut être obtenue par son extraction sur les facteurs intensité et capacité du sol en phosphore assimilable (TISSEN et FAUSSARD, 1991).
La méthode utilisée consiste à attaquer 1g de terre fine par 15 ml d'un mélange tri-acide (10ml d'acide nitrique, 4ml d'acide perchlorique et 1ml d'acide sulfurique) puis porter sur une plaque chauffante pendant 1 heure. Apre attaque compléter avec de l'HCl (5%) à 100ml.

Le dosage du phosphore est effectué par colorimètre, après réduction du complexe phospho-molybique qui s'accompagne d'une coloration bleu dont l'intensité est proportionnelle à la quantité du phospho-molybdate réduit et par conséquent à la teneur en phosphore présent dans le sol.

2.4. Fractionnement du phosphore

La méthode utilisée (CHANG et JACKSON, 1957) consisté extraire successivement les ions phosphatés lies à l'aluminium, puis au fer et enfin au calcaire (Fig12).

L’extraction est effectuée sur une même prise d’essai (1g) par une succession de traitements avec des réactions choisies dans le but de solubiliser sélectivement diverses combinaisons particulières du phosphore et de connaître aussi les différentes formes du phosphore existant dans le sol.

Le chlorure d’NH+4(1N) extrait les formes les plus solubles de cet élément. Le Fluorure d’NH+4(0.5N) est actif vis-à-vis des phosphates d’aluminium (fraction dite P.Al). Le soude (0.1N) est destinée à solubiliser les phosphates ferriques (fraction dite P.Fe). L’acide sulfurique (1N) dissout les phosphates calciques (fraction dite P.Ca) .

2.5.1. Analyse de phosphore dans les sols

Mesure du Phosphore dans les solutions ont été faites par calorimétrie.

2.5.1.1. Phosphore total

Par la méthode de l’attaque tri-acides, il correspond à la quantité totale de phosphore présent dans le sol (figure n°1). Sa connaissance ne donne qu’une indication très incomplète sur l’aptitude du sol a fournir du phosphore aux végétaux, aucune information ne peut être obtenu par son extraction sur les facteurs intensité et capacité du sol en phosphore assimilable (TISSEN ET FOSSARD, 1991) .

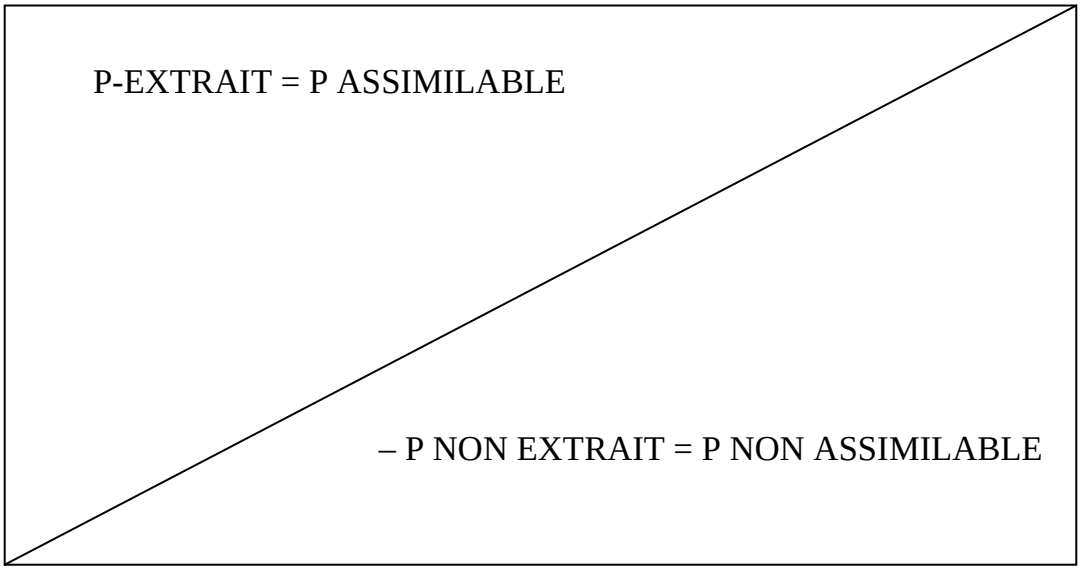

Figure n° 11 : Model de phosphore du sol déduit des extractions chimiques selon morel et fardeau (1991)

2.5.1.2. Phosphore assimilable

En toute circonstance le phosphore assimilable du sol est la source principale de phosphore pour les plantes, quelle définition peut on donner au terme.

Selon FARDEUA et al., 1988 ; FARDEAU et al. 1991 il existe d'innombrables méthodes phosphores assimilable » (SCHOFFIELD, 1955) cite par (TIESSEN et FOSSARD,1991) le phosphore assimilable est la fraction extraite du sol par les plantes.

Puisque, le phosphore est prélève par les plantes dans la solution du sol sous formes d'ions orthophosphates, doivent être considères comme assimilable tout les ions phosphates présents en phases solides et susceptible d'être transfères dans la solution du sol (TIESSEN et FOSSARD, 1994).

2.6. Méthodes de mesures du phosphore assimilables

2.6.1. Méthode Joret-Hebert

Elle consiste en une extraction par oxalate d'ammonium, 0,2 neutre, dont le rapport sol/solution est de 1/ 25, 02 g de sol sont mis en contact de 50ml de la solution d'oxalate d'ammonium à 2% puis bien agiter et filtrer juste après l'utilisation de l'acide ascorbique puis formation du complexe phosphomolybdique dans la suspension, après chauffage, une coloration bleue se développe, l'intensité de celle-ci est proportionnelle a la concentration en orthophosphates.

2.6.2. Méthode Olsen

L'extraction de l'acide phosphorique dans cette méthode se fait avec une solution de $NaHCO_3$ à 0,5M dont le pH est de 8,5 de rapport sol / solution est de 1/20, la suspension est agitée pendant 30 mm en présence du charbon actif exempt du phosphore.

Afin d'enlever la coloration des extraits, ce dernier est utilise dans toutes les méthodes chimiques après filtration les échantillons passent au colorimètre a 660 nm, après réduction du complexe phospho-molybdique au chlorure stanneux.

2.6.3. Méthode de mesures (Méthode Chang Jackson; 1957)

Qui consiste a tenter d'extraire successivement les ions phosphates lie a l'aluminium, puis au fer, puis au calcium (figure n°12).

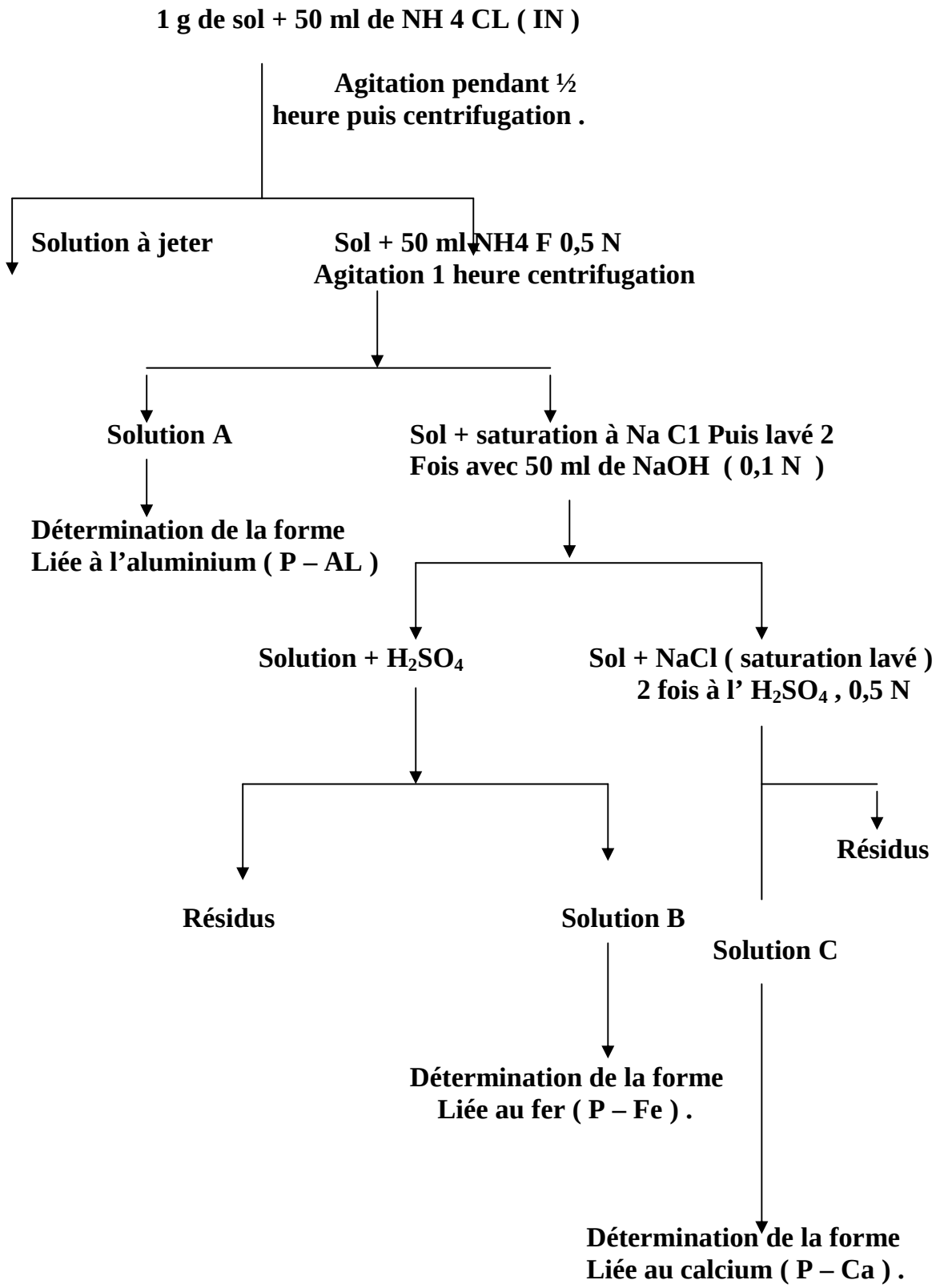

Figure n° 12 : Détermination des forme de phosphore Liées au fer, à l'aluminium et au calcium selon Jackson , (1967).

2.6.4. Les autres fractions du phosphore

P-Ca, P-Fe, P-Al : C'est la fraction minérale lie au calcium (P-Ca) , au fer (P-Fe), et a l'aluminium (P-Al). Parmi les principaux facteurs contribuant a la fixation du phosphore, on peut identifier l'aluminium, le fer libre (SURESON et al, 1948 ; HSU ,1964), et Le calcium (COLE et al, 1948 ; KIRO et LOTSE, 1974) cite par (GIROUX et SEN TRAN ,1988).

2.7. Analyse végétale : (phosphore foliaire)

2.7.1. Méthode de Calcination

On calcine la matière végétale pour transformer la matière organique en matière minérale, puis on solubilise les cendres dans une solution chlorhydrique à 5 % puis on dose les éléments totaux dans la solution avec les mêmes méthodes internationales de dosage.

Les résultats ont été traités par une analyse statistique descriptive servant à trouver les relations existantes entre les différents paramètres étudiées.

Le logiciel utilisé est STAT-ITCF.

I. Caractéristiques physico-chimiques des sols de verger d'Ichemoul

I.1. La granulométrie

Les résultats sont portés dans les tableaux 10, 10-1, 10-2.

Tableau N°10 : La granulométrie des sols des vergers de pommier d'Ichemoul

POINT	ARGILE EN %				LIMON FIN EN %		
ECHAN.	0 - 20 cm	20 - 50 cm	50 - 80 cm	ECHAN.	0.- 20 cm	20 - 50 cm	50 - 80 cm
P1	42.58	45.30	53.60	**P1**	21.75	21.39	13.45
P2	49.98	50.01	48.50	**P2**	14.88	19.59	21.57
P3	46.70	44.53	35.03	**P3**	21.95	25.80	21.36
P4	37.72	29.18	27.36	**P4**	21.73	38.80	37.79
P5	32.00	40.53	40.65	**P5**	29.17	19.48	19.70
P6	41.83	45.90	38.60	**P6**	26.85	21.75	5.07
P7	50.83	46.75	45.34	**P7**	19.50	23.93	24.85
P8	49.00	39.87	35.33	**P8**	22.70	28.50	25.50
P9	37.55	49.34	32.96	**P9**	35.30	15.97	12.83
P10	37.80	45.55	40.36	**P10**	20.49	25.94	21.30
P11	50.38	52.33	31.72	**P11**	22.36	21.67	28.03
P12	21.87	18.90	16.76	**P12**	15.50	25.75	20.45
P13	42.38	40.57	37.85	**P13**	17.39	18.57	15.38
P14	41.35	38.65	38.63	**P14**	26.70	30.23	24.66
P15	18.73	29.66	21.38	**P15**	57.28	43.63	39.75
P16	43.30	41.41	40.48	**P16**	23.83	28.32	13.15
P17	38.90	36.95	34.58	**P17**	28.56	27.11	30.45
P18	31.32	47.46	43.47	**P18**	19.06	19.82	22.26
P19	46.35	45.50	46.30	**P19**	27.41	22.90	25.49
P20	23.06	30.02	20.68	**P20**	36.48	12.19	44.90

Elle se range entre argile lourd et argilo-limoneuse avec une teneur d'argile qui oscille entre 18,73 à 53,60 %. Les horizons de surfaces sont en général moins argileux .

Tableau N°10 – 1 : La granulométrie des sols des vergers de pommier d'Ichemoul

	LIMON GROSSIER EN %				SABLE FIN EN %		
ECHAN.	**0 - 20 cm**	**20 - 50 cm**	**50 - 80 cm**	**ECHAN.**	**0 - 20 cm**	**20 - 50 cm**	**50 – 80 cm**
P1	14.98	16.75	17.80	**P1**	16.85	10.30	9.03
P2	21.52	16.11	14.47	**P2**	10.46	11.70	8.48
P3	13.12	14.35	18.37	**P3**	10.30	9.57	12.35
P4	25.57	27.14	18.48	**P4**	9.28	0.36	6.92
P5	21.54	20.05	14.49	**P5**	2.94	15.25	16.39
P6	14.30	16.35	42.05	**P6**	13.10	11.30	9.25
P7	13.55	14.67	17.18	**P7**	10.37	9.97	8.78
P8	16.38	17.45	14.57	**P8**	8.37	9.80	7.39
P9	15.95	18.73	21.08	**P9**	7.70	13.33	19.46
P10	32.92	15.96	21.30	**P10**	5.40	9.52	3.13
P11	14.86	13.08	19.91	**P11**	8.90	8.86	14.01
P12	17.31	18.50	20.38	**P12**	27.92	18.50	14.30
P13	14.30	15.70	10.47	**P13**	15.13	14.16	11.26
P14	13.93	7.63	17.73	**P14**	6.26	8.36	6.58
P15	12.13	23.69	15.85	**P15**	4.69	0.36	2.48
P16	20.30	18.93	38.68	**P16**	9.00	8.75	4.55
P17	18.15	19.85	21.35	**P17**	4.30	7.39	5.25
P18	37.36	18.64	25.40	**P18**	5.29	6.76	5.39
P19	14.16	18.30	15.95	**P19**	7.18	8.17	6.48
P20	9.14	35.74	22.34	**P20**	10.46	7.19	7.07

Tableau N°10 – 2 : La Granulométrie des sols des vergers de pommier d'Ichemoul.

	SABLE GROSSIER EN %				LA TEXTURE		
ECHAN.	**0 - 20 cm**	**20 - 50 cm**	**50 - 80 cm**	**ECHAN.**	**0 - 20 cm**	**20 - 50 cm**	**50 - 80 cm**
P1	3.84	5.65	6.11	**P1**	A	ALO	ALO
P2	3.16	2.60	6.98	**P2**	ALO	ALO	ALO
P3	6.70	5.75	12.89	**P3**	ALO	A	A
P4	5.69	4.52	9.45	**P4**	A	AL	LAS
P5	14.34	4.69	8.77	**P5**	LA	AL	A
P6	3.91	4.70	3.90	**P6**	AL	ALO	AL
P7	5.75	4.70	3.85	**P7**	ALO	ALO	ALO
P8	3.55	4.38	17.21	**P8**	ALO	AL	AL
P9	3.50	2.63	13.67	**P9**	AL	ALO	A
P10	3.40	3.03	6.32	**P10**	AL	ALO	A
P11	3.50	4.08	6.32	**P11**	ALO	ALO	AL
P12	17.40	18.35	20.11	**P12**	LSA	LSA	LSA
P13	10.80	11.00	25.04	**P13**	A	A	A
P14	11.75	15.03	12.39	**P14**	A	A	AL
P15	7.18	2.66	20.54	**P15**	LA	LA	LA
P16	3.57	2.58	3.14	**P16**	AL	AL	A
P17	10.09	8.70	8.37	**P17**	AL	AL	AL
P18	6.97	7.32	3.48	**P18**	AL	ALO	A
P19	4.89	5.13	5.58	**P19**	ALO	ALO	ALO
P20	20.87	14.86	5.00	**P20**	LAS	LAS	LA

I.2. La matière organique

Tableau n°11 : La teneur en matière organique des sols de vergers de pommier d'ichemoul

	CARBONE EN %				MATIERE ORGANIQUE EN %		
ECHAN.	**0 - 20 cm**	**20 - 50 cm**	**50 - 80 cm**	**ECHAN.**	**0 – 20 cm**	**20 - 50 cm**	**50 – 80 cm**
P1	2.30	2.95	1.52	**P1**	3.95	5.07	2.61
P2	2.65	1.17	1.67	**P2**	4.56	2.01	2.87
P3	1.20	1.90	1.55	**P3**	2.01	2.06	2.66
P4	2.50	1.97	0.76	**P4**	4.30	3.30	1.30
P5	2.73	2.34	2.66	**P5**	4.70	4.02	4.57
P6	3.80	3.57	0.68	**P6**	6.53	6.14	1.18
P7	2.05	2.10	1.98	**P7**	3.52	3.61	3.40
P8	2.50	1.97	1.54	**P8**	4.30	3.38	2.49
P9	1.21	1.36	1.52	**P9**	2.08	2.33	2.61
P10	5.70	2.10	3.11	**P10**	8.72	3.62	5.35
P11	1.70	1.82	1.52	**P11**	2.92	3.13	2.61
P12	1.52	1.70	1.30	**P12**	2.61	2.92	2.23
P13	2.01	1.80	1.61	**P13**	3.45	3.09	2.76
P14	2.18	2.18	1.10	**P14**	3.75	3.75	1.89
P15	0.39	0.31	0.30	**P15**	0.67	0.53	0.56
P16	1.30	1.29	0.68	**P16**	2.23	2.21	1.18
P17	3.11	2.95	2.54	**P17**	5.34	5.07	4.36
P18	0.78	0.93	1.33	**P18**	1.34	1.60	2.28
P19	1.95	2.05	1.69	**P19**	3.35	3.52	2.90
P20	1.40	2.28	0.53	**P20**	2.41	2.92	0.91

1.3. Carbone organique

De 0,30 à 2,95% . Ils sont soit faible à élevés et seraient en relation avec l'apport de fumier.

Les teneurs en matière organique varie de 0,53 à 8,72% dans l'ensemble des horizons, les horizons de surfaces sont riche par rapport aux horizons de profondeurs, on constate la richesse des horizons de surfaces et plus en descend plus la matière organique est diminue. (Tableau n° 11).

On se référant au graphique proposé par CALVET et VILLEMIN (1986), les sols de vergers d'Ichemoul, sont moyennement à fortement pourvus, en matière organique.

Ce sont en général, les horizons de surface, les plus riches en matière organique, sont généralement les plus pourvus en phosphore assimilable (tableaux n°11 et n°17).

Tableau N°12 : La teneur de l'azote total et le rapport C/N des sols de verger de Pommier d'ichemoul

	AZOTE TOTAL EN %				C/N		
ECHAN.	**0 – 20cm**	**20 - 50cm**	**50 - 80cm**	**ECHAN.**	**0 - 20cm**	**20 - 50cm**	**50 - 80cm**
P1	0.25	0.35	0.19	**P1**	9.2	8.42	8.00
P2	0.36	0.13	0.25	**P2**	7.36	9.00	6.88
P3	0.12	0.12	0.18	**P3**	10.00	15.83	8.61
P4	0.30	0.26	0.11	**P4**	8.33	7.50	6.90
P5	0.37	0.36	0.39	**P5**	7.37	6.50	6.82
P6	0.42	0.55	0.14	**P6**	9.05	6.49	4.85
P7	0.28	0.39	0.22	**P7**	7.32	5.38	9.00
P8	0.25	0.30	0.19	**P8**	10.00	6.56	8.10
P9	0.16	0.19	0.20	**P9**	7.56	7.15	7.6
P10	0.75	0.18	0.40	**P10**	7.60	11.66	7.71
P11	0.17	0.18	0.18	**P11**	10.00	10.11	8.44
P12	0.20	0.19	0.20	**P12**	7.60	8.94	6.5
P13	0.24	0.30	0.25	**P13**	8.37	8.18	6.44
P14	0.30	0.32	0.12	**P14**	7.26	6.81	9.16
P15	0.04	0.03	0.01	**P15**	9.75	10.33	30.00
P16	0.13	0.15	0.17	**P16**	10.00	8.60	4.00
P17	0.31	0.29	0.24	**P17**	10.03	10.17	10.58
P18	0.08	0.10	0.17	**P18**	9.75	9.30	7.82
P19	0.21	0.28	0.19	**P19**	9.28	8.92	8.89
P20	0.16	0.24	0.05	**P20**	8.75	9.50	10.6

I.4. L'azote total

Varie de 0,01 à 0,75% les teneurs en sont de très faible à l'azote total est élevé, ceci serait due aux taux de matière organique qui est variable et ces teneurs sont influencés par la texture du sol (tableau n° 12).

I.5. Rapport C/N

Varie de 4,85 à 15,83 , le rapport bas indique généralement une bonne minéralisation de la matière organique. Ceci est du aux conditions écopédologiques

(température et humidité) qui permettent une bonne minéralisation de cette dernière (tableau n°12)

Tableau N°13 : La réaction du sol et la conductivité électrique des sols de vergers de pommier d'Ichmoul

	pH				CE en mmhos/cm		
ECHAN.	**0 – 20cm**	**20 - 50 cm**	**50 - 80 cm**	**ECHAN.**	**0 - 20cm**	**20 - 50 cm**	**50 - 80 cm**
P1	8.46	8.57	7.85	**P1**	0.17	0.13	0.20
P2	8.30	8.43	7.90	**P2**	0.23	0.21	0.27
P3	8.20	8.84	8.18	**P3**	0.24	0.22	0.21
P4	8.11	8.73	8.06	**P4**	0.26	0.15	0.15
P5	7.38	8.35	8.08	**P5**	0.19	0.15	0.26
P6	8.50	7.40	8.33	**P6**	0.19	0.20	0.14
P7	8.30	8.32	8.52	**P7**	0.16	0.15	0.18
P8	8.30	8.22	8.31	**P8**	0.29	0.31	0.12
P9	8.44	8.44	8.03	**P9**	0.18	0.14	0.16
P10	8.55	8.68	7.83	**P10**	0.17	0.23	0.37
P11	7.52	8.60	8.08	**P11**	0.32	0.32	0.30
P12	7.68	8.50	8.00	**P12**	0.16	0.24	0.27
P13	8.89	8.80	8.08	**P13**	0.41	0.36	0.26
P14	7.40	7.45	8.17	**P14**	0.32	0.22	0.15
P15	8.85	8.79	8.58	**P15**	0.15	0.19	0.19
P16	8.42	7.61	7.59	**P16**	0.14	0.23	0.17
P17	8.46	8.12	7.95	**P17**	0.15	0.30	0.22
P18	7.90	8.68	8.03	**P18**	0.11	0.26	0.26
P19	8.65	8.70	8.41	**P19**	0.25	0.32	0.35
P20	8.56	8.89	8.30	**P20**	0.17	0.17	0.15

Les sols analysés sont neutres (pH 7,3) à alcalin (pH 8,8) (tableau n°13).

La conductivité électrique (CE)/varie de 0,11 à 0,37 pour l'ensemble des horizons. Elle est inférieure à la norme de 0,6 mos/cm² propose par Calvet et Villemin, 1986) c'est donc un sol non sale, favorable à la croissance des cultures.

I.6. La capacité d'échange cationique (C.E.C)

De 16,00 à 48,00 meq/100g de terre, considérés comme moyenne (16meq /100g) à forte (48meq/100g). (tableau n°14).

Elle est en fonction de la texture du sol et notamment la teneur en argile et du taux de la matière organique.

Tableau N°14 : La teneur de fer libre et la capacité d'échange cationique des échantillons

	LE FER LIBRE EN %				**LA CEC EN meq/100g**		
ECHAN.	**0 - 20 cm**	**20 - 50 cm**	**50 - 80 cm**	**ECHAN.**	**0 - 20 cm**	**20 - 50 cm**	**50 - 80 cm**
P1	0.58	0.59	0.28	**P1**	16.00	39.70	41.8
P2	0.60	0.58	0.28	**P2**	38.53	41.50	30.4
P3	0.31	0.33	0.31	**P3**	19.2	25.50	18.50
P4	0.30	0.32	0.17	**P4**	28.8	43.2	43.20
P5	0.50	0.45	0.29	**P5**	38.50	38.30	30.60
P6	0.59	0.59	0.50	**P6**	33.60	40.10	22.4
P7	0.60	0.61	0.52	**P7**	42.30	43.13	38.9
P8	0.53	0.54	0.45	**P8**	32.00	30.00	28.5
P9	0.49	0.56	0.30	**P9**	25.60	27.2	33.6
P10	0.48	0.65	0.31	**P10**	42.00	48.00	40.00
P11	0.80	0.75	0.21	**P11**	37.1	40.10	30.40
P12	0.33	0.29	0.32	**P12**	22.4	20.6	22.31
P13	0.29	0.25	0.24	**P13**	29.16	28.00	40.40
P14	0.35	0.32	0.22	**P14**	24.00	25.6	20.80
P15	0.16	0.15	0.10	**P15**	33.20	28.50	29.6
P16	0.68	0.50	0.23	**P16**	27.2	37.50	33.6
P17	0.70	0.61	0.32	**P17**	46.40	38.5	33.24
P18	0.21	0.25	0.48	**P18**	32.00	35.10	28.8
P19	0.62	0.71	0.15	**P19**	30.50	28.8	27.54
P20	0.18	0.23	0.12	**P20**	42.3	40.00	40.70

I.7. Calcaire total

Varie de 2,16 à 71,59 % les sols sont calcaire (DROUINEAU, 1942) (tableau n°15).

I.8. Calcaire actif

De 4,50 à 27,04 sols riches en calcaire actif on peut y avoir des phénomènes de chlorose, le pommier à partir de 6% du calcaire actif (tableau n°15).

Tableau N°15 : Teneur en calcaire total et actif des sols de vergers de pommier d'ichemoul

	CALCAIRE TOTAL EN %				**CALCAIRE ACTIF EN %**		
ECHAN.	**0 - 20 cm**	**20 - 50 cm**	**50 - 80 cm**	**ECHAN.**	**0 - 20 cm**	**20 - 50 cm**	**50 – 80 cm**
P1	2.53	2.17	11.59	**P1**	0.00	0.00	3.47
P2	2.17	1.80	3.06	**P2**	0.00	13.50	0.00
P3	38.30	45.55	39.54	**P3**	28.50	33.50	13.50
P4	41.56	41.20	55.56	**P4**	26.50	21.00	14.00
P5	7.22	7.22	5.11	**P5**	19.00	6.70	0.00
P6	6.50	5.06	52.66	**P6**	4.50	3.07	16.00
P7	2.89	2.16	5.23	**P7**	0.00	0.00	0.00
P8	3.61	2.16	2.69	**P8**	0.00	0.00	0.00
P9	2.16	2.16	10.22	**P9**	0.00	7.01	4.55
P10	16.98	16.28	10.90	**P10**	15.60	14.50	5.00
P11	20.60	19.50	29.66	**P11**	13.50	16.50	7.50
P12	37.97	36.75	20.45	**P12**	19.00	24.50	5.00
P13	33.97	32.42	33.06	**P13**	27.37	18.60	9.00
P14	23.13	28.90	23.18	**P14**	15.00	20.70	3.00
P15	52.04	55.66	68.50	**P15**	23.50	27.04	31.02
P16	10.48	12.83	32.66	**P16**	6.30	14.35	16.50
P17	24.40	23.85	30.21	**P17**	14.50	6.50	11.30
P18	31.08	48.43	30.00	**P18**	24.50	23.70	10.24
P19	27.46	23.85	32.18	**P19**	12.50	25.50	9.57
P20	66.68	63.97	71.59	**P20**	14.00	18.90	22.00

Tableau N°16: Caractérisation du complexe adsorbant des sols des verges d'Ichemoul

	SODIUM (Na) EN meq/100g				POTASSIUM (K) EN meq/100g		
ECHAN.	**0 – 20 cm**	**20 - 50 cm**	**50 - 80 cm**	**ECHAN.**	**0 – 20 cm**	**20 - 50 cm**	**50 - 80 cm**
P1	0.30	0.32	2.66	**P1**	0.55	0.50	1.00
P2	0.31	0.29	0.40	**P2**	0.64	0.64	0.39
P3	0.34	0.35	0.33	**P3**	0.25	0.35	0.26
P4	0.24	0.45	2.30	**P4**	0.82	1.12	0.76
P5	0.34	0.34	0.61	**P5**	1.31	1.25	1.07
P6	0.45	0.42	1.43	**P6**	1.09	1.10	1.00
P7	0.29	0.29	0.60	**P7**	1.13	1.15	1.56
P8	0.19	0.18	0.32	**P8**	0.50	0.65	0.98
P9	0.24	0.24	0.29	**P9**	0.25	0.21	0.30
P10	0.87	0.96	2.66	**P10**	0.25	0.27	1.04
P11	0.20	0.19	1.66	**P11**	0.30	0.29	0.80
P12	0.12	0.12	0.19	**P12**	0.13	0.15	0.35
P13	0.30	0.29	2.30	**P13**	0.70	0.64	0.73
P14	0.19	0.29	2.30	**P14**	0.18	0.21	0.49
P15	0.24	0.25	0.41	**P15**	0.03	0.06	0.13
P16	0.39	0.34	2.32	**P16**	0.57	0.30	0.51
P17	0.06	0.06	0.24	**P17**	0.43	0.45	0.85
P18	0.39	0.40	2.30	**P18**	0.42	0.40	0.69
P19	0.12	0.10	0.95	**P19**	0.29	0.29	0.55
P20	0.12	0.12	1.30	**P20**	0.01	0.007	0.0.9

Ca^{++} varie de 15meq/100g de sol a 43,25meq/100g de sol (tableau 16 et 16-1).
Mg^{++} varie de 2,29 meq/100g de sol à 18,36mèq/100g de sol .
K^{+} varié de 0,01meq à 1,56méq/100g de sol.
Na^{+} varié de 0,06 meq /100g à 1,56méq/100g de sol.

Le complexe absorbant est dominé par le calcium qui confère une bonne structure au sol, la teneur en magnésium rapportés aux teneurs d'argile selon CALVET et VILLEMIN montre que ces sols sont bien pourvu de magnésium, la teneur de potassium échangeable en fonction de la teneur en argile est faible (CALVET et VILLEMIN, 1986).

Tableau N°16-1 : Caractérisation du complexe adsorbant des sols des vergers d'Ichemoul

	CALCIUM EN meq/100g				**MAGNESIUM EN meq/100g**		
ECHAN.	**0 - 20 cm**	**20 - 50 cm**	**50 - 80 cm**	**ECHAN.**	**0 - 20 cm**	**20 - 50 cm**	**50 - 80 cm**
P1	27.30	31.50	37.18	**P1**	4.43	4.16	4.78
P2	30.31	31.50	33.07	**P2**	6.63	7.39	4.90
P3	35.52	33.30	29.57	**P3**	9.36	8.57	8.70
P4	35.50	29.50	37.72	**P4**	9.57	10.41	7.67
P5	29.50	26.00	20.90	**P5**	10.47	9.30	9.79
P6	23.50	20.30	32.91	**P6**	11.91	10.82	6.35
P7	23.50	23.50	22.65	**P7**	10.53	8.63	7.52
P8	25.32	25.32	28.12	**P8**	10.34	7.38	8.36
P9	20.30	21.50	15.30	**P9**	9.50	8.33	6.70
P10	31.10	29.50	28.60	**P10**	18.36	16.35	7.38
P11	33.75	43.25	34.50	**P11**	5.50	7.70	5.31
P12	19.20	22.57	24.31	**P12**	5.64	4.53	3.28
P13	21.75	22.40	37.18	**P13**	5.33	4.30	6.03
P14	23.00	22.58	33.34	**P14**	3.54	3.01	3.94
P15	43.25	40.50	38.56	**P15**	2.29	3.20	4.56
P16	23.50	35.52	28.12	**P16**	8.34	8.12	5.53
P17	35.52	32.32	29.67	**P17**	9.57	10.50	8.69
P18	21.50	23.50	38.53	**P18**	9.99	10.50	6.42
P19	35.00	33.55	32.24	**P19**	8.95	9.58	7.58
P20	32.50	33.55	39.33	**P20**	12.50	13.16	3.76

I.10. Fer libre : Varie de 0,10 à 0,80 %. (Tableau N°14)

II. Caractéristiques phosphoriques du verger de pommiers de la plaine d'Ichemoul

Tableau N° 17 : Teneurs en P. assimilable des sols de verger d'Ichemoul selon la méthode JORET-HEBERT en ppm.

Profil/prof	P. ass.	Profil/prof	P. ass.	Profil/prof	P. ass.	Profil/prof	P. ass.
P1 0 – 20 cm	107	P2 0 – 20 cm	94	P3 0 – 20 cm	81	P4 0 – 20 cm	135
P1 20 – 50 cm	70.5	P2 20 – 50 cm	90.3	P3 20 – 50 cm	65	P4 20 – 50 cm	92.5
P1 50 – 80 cm	81	P2 50 – 80 cm	59.3	P3 50 – 80 cm	43.5	P4 50 – 80 cm	86
P5 0 – 20 cm	130.3	P6 0 – 20 cm	160	P7 0 – 20 cm	207.5	P8 0 – 20 cm	107.5
P5 20 – 50 cm	144.5	P6 20 – 50 cm	97.5	P7 20 – 50 cm	216	P8 20 – 50 cm	90.5
P5 50 – 80 cm	139	P6 50 – 80 cm	101.2	P7 50 – 80 cm	162.5	P8 50 – 80 cm	86.5
P9 0 – 20 cm	132.5	P10 0 – 20 cm	78.5	P11 0 – 20 cm	91	P12 0 – 20 cm	69
P9 20 – 50 cm	123	P10 20 – 50 cm	115	P11 20 – 50 cm	91.5	P12 20 – 50 cm	68
P9 50 – 80 cm	61	P10 50 – 80 cm	57.5	P11 50 – 80 cm	82	P12 50 – 80 cm	65.5
P13 0 – 20 cm	77.5	P14 0 – 20 cm	108	P15 0 – 20 cm	84	P16 0 – 20 cm	92.5
P13 20 – 50 cm	92	P14 20 – 50 cm	85	P15 20 – 50 cm	71.5	P16 20 – 50 cm	70
P13 50 – 80 cm	61	P14 50 – 80 cm	44	P15 50 – 80 cm	85	P16 50 – 80 cm	62.5
P17 0 – 20 cm	209.5	P18 0 – 20 cm	76.5	P19 0 – 20 cm	77.5	P20 0 – 20 cm	81.5
P17 20 – 50 cm	137.5	P18 20 – 50 cm	83.0	P19 20 – 50 cm	77	P20 20 – 50 cm	72
P17 50 – 80 cm	120.5	P18 50 – 80 cm	42	P19 50 – 80 cm	70	P20 50 – 80 cm	50

Les teneurs en phosphore assimilable des sols déterminées selon la méthode JORET-HEBERT sont portés sur le tableau n°17.

Selon cette méthode qui utilise comme extracteur l'oxalate d'ammonium, les teneurs en P. assimilable varient de 42 à 209,5 ppm selon les horizons et les profils : Le niveau est très faible à très élevée selon CALVET et VILLEMIN, 1986). Les teneurs en phosphore assimilable selon la méthode OLSEN sont portés dont le tableau n°18.

Concernant la matière organique des sols, on relève que le taux de phosphore assimilable contrairement, aux caractéristiques considérées précédemment évolue dans le même sens que celui de la matière organique. Le coefficient de corrélation entre ces deux indicateurs sont positifs.

Enfin avec la capacité d'échange cationique c'est-à-dire le taux de phosphore assimilable déterminé par la méthode Jorret-Hebert est positivement corrélé puisque quand la CEC augmente, les valeurs de P. assimilable s'élèvent.

Tableau N° 18 : Teneurs en phosphore assimilable des sols de verger d'Ichemoul en ppm selon la méthode OLSEN.

Profil/prof	P. ass.	Profil/prof	P. ass.	Profil/prof	P. ass.	Profil/prof	P. ass.
P1 0 – 20 cm	180.9	P2 0 – 20 cm	78.0	P3 0 – 20 cm	52.40	P4 0 – 20 cm	182.1
P1 20 – 50 cm	162.4	P2 20 – 50 cm	69.9	P3 20 – 50 cm	4.60	P4 20 – 50 cm	69.4
P1 50 – 80 cm	26.8	P2 50 – 80 cm	41.3	P3 50 – 80 cm	29.4	P4 50 – 80 cm	40.6
P5 0 – 20 cm	122.0	P6 0 – 20 cm	60.9	P7 0 – 20 cm	187.5	P8 0 – 20 cm	79.3
P5 20 – 50 cm	118.25	P6 20 – 50 cm	53.20	P7 20 – 50 cm	52.5	P8 20 – 50 cm	77.4
P5 50 – 80 cm	99.7	P6 50 – 80 cm	32.4	P7 50 – 80 cm	40.6	P8 50 – 80 cm	81.3
P9 0 – 20 cm	143	P10 0 – 20 cm	90.8	P11 0 – 20 cm	69.1	P12 0 – 20 cm	86.3
P9 20 – 50 cm	135.9	P10 20 – 50 cm	40.6	P11 20 – 50 cm	49.2	P12 20 – 50 cm	47.9
P9 50 – 80 cm	79.3	P10 50 – 80 cm	49.2	P11 50 – 80 cm	24.7	P12 50 – 80 cm	36.7
P13 0 – 20 cm	50.2	P14 0 – 20 cm	61.2	P15 0 – 20 cm	165.3	P16 0 – 20 cm	191.4
P13 20 – 50 cm	54.1	P14 20 – 50 cm	47.8	P15 20 – 50 cm	54.2	P16 20 – 50 cm	110.4
P13 50 – 80 cm	59.5	P14 50 – 80 cm	41.3	P15 50 – 80 cm	65.8	P16 50 – 80 cm	40.6
P17 0 – 20 cm	243.1	P18 0 – 20 cm	46.1	P19 0 – 20 cm	69.4	P20 0 – 20 cm	27.1
P17 20 – 50 cm	172.0	P18 20 – 50 cm	39.3	P19 20 – 50 cm	36.5	P20 20 – 50 cm	39.5
P17 50 – 80 cm	138.4	P18 50 – 80 cm	41.1	P19 50 – 80 cm	32.2	P20 50 – 80 cm	15.7

A titre de rappel, il s'agit des sols profonds, de texture fine argilo-limoneuse à limono-argileuse, avec une réaction basique (tableau n°15), les capacités d'échange moyenne à élevée, et un taux de saturation en base supérieur à 70% , le taux de matière faible à moyen, la salinité du sol est faible.

Les teneurs en calcaire total sont très variables à pratiquement nulle à très élevée. De même le calcaire actif est nul à élevé.

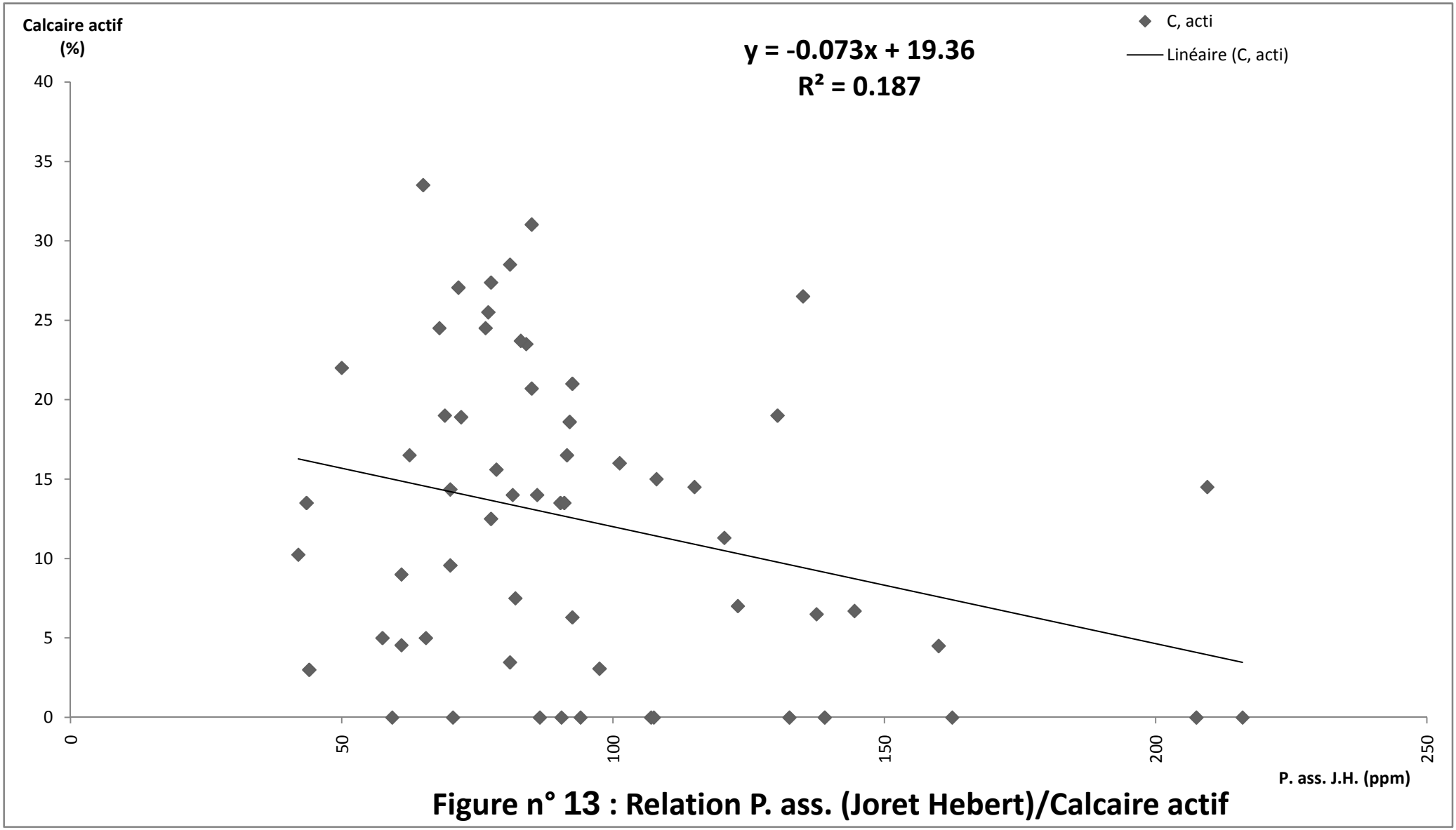

Figure n° 13 : Relation P. ass. (Joret Hebert)/Calcaire actif

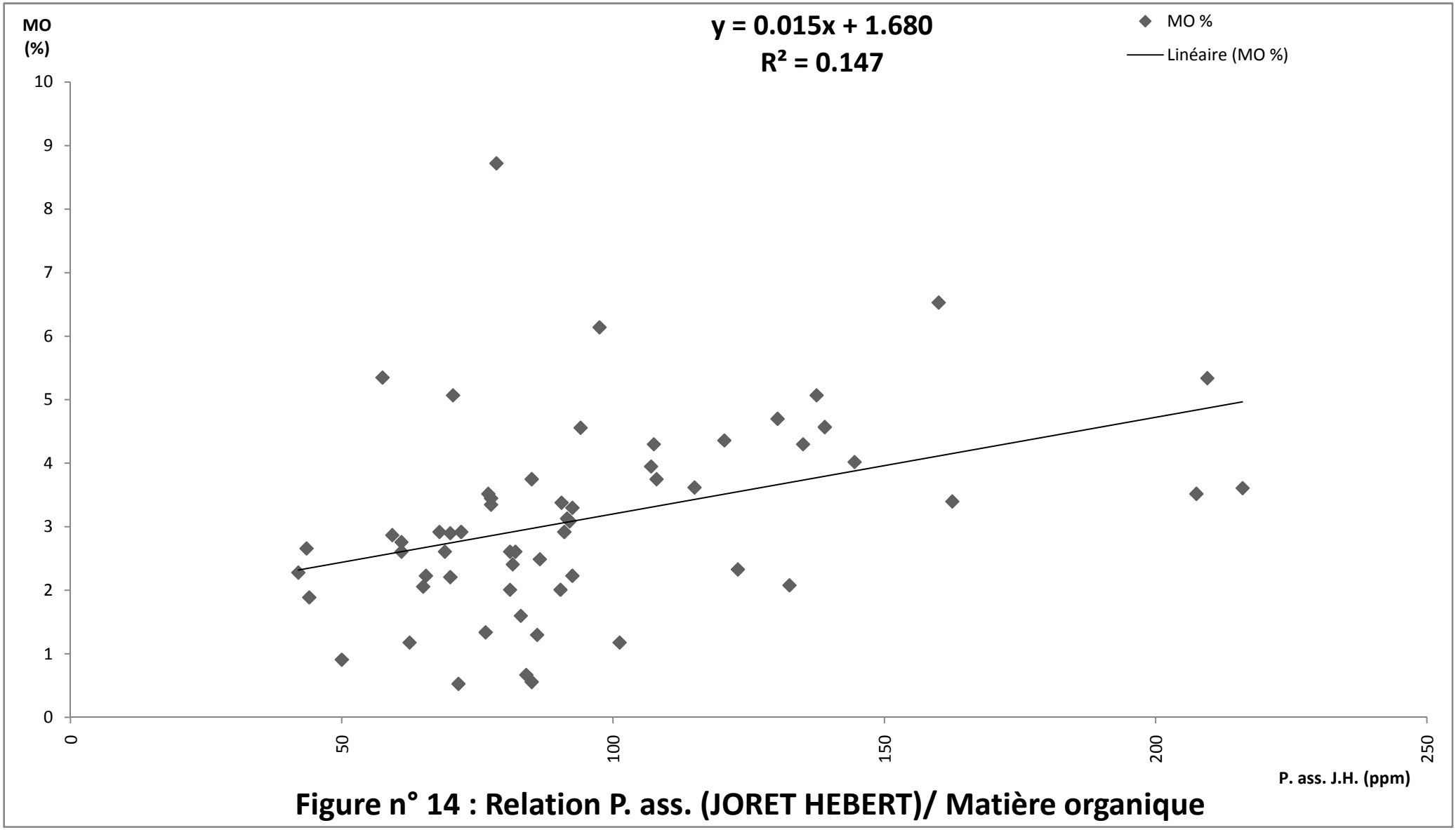

Figure n° 14 : Relation P. ass. (JORET HEBERT)/ Matière organique

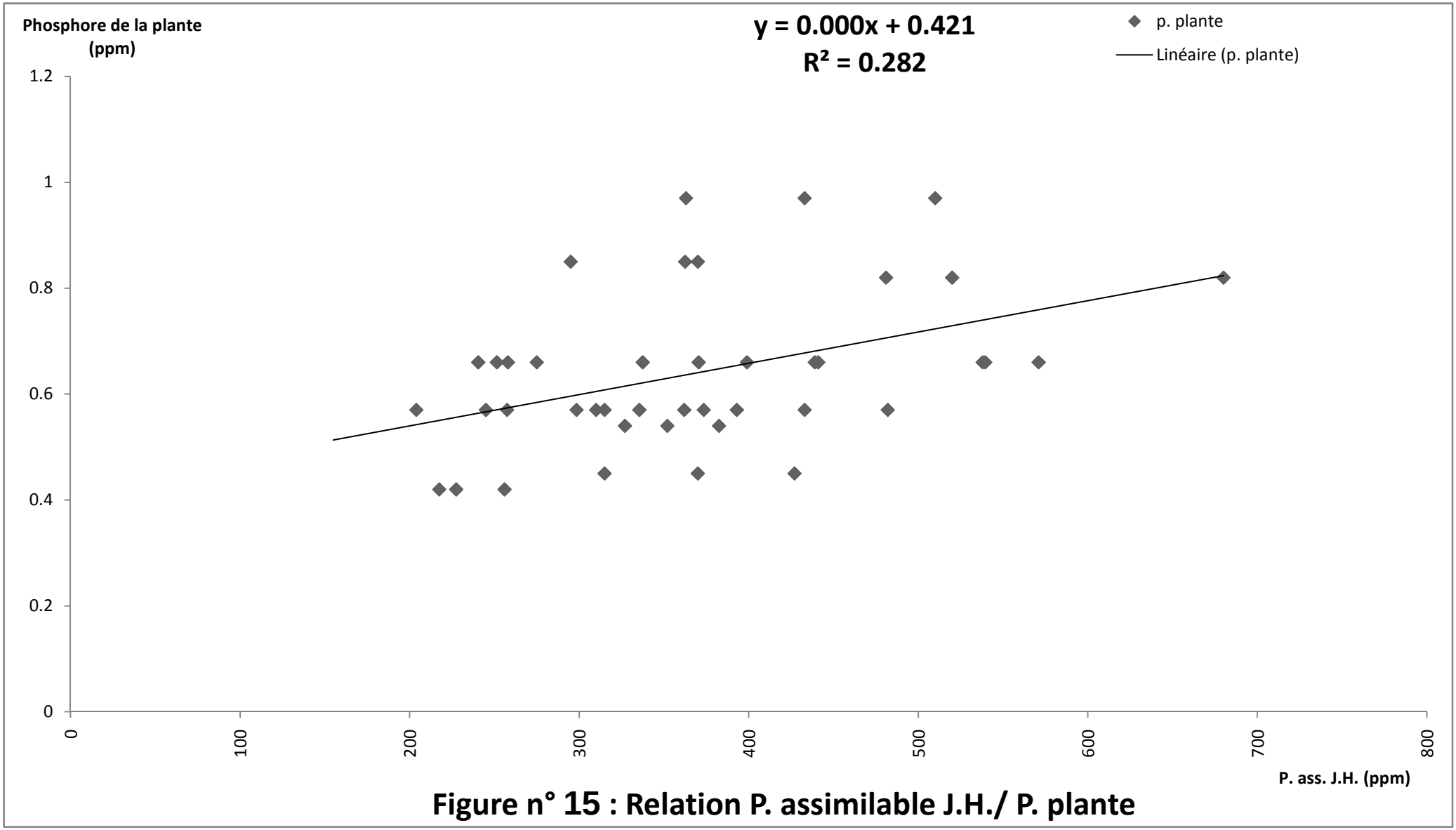

Figure n° 15 : Relation P. assimilable J.H./ P. plante

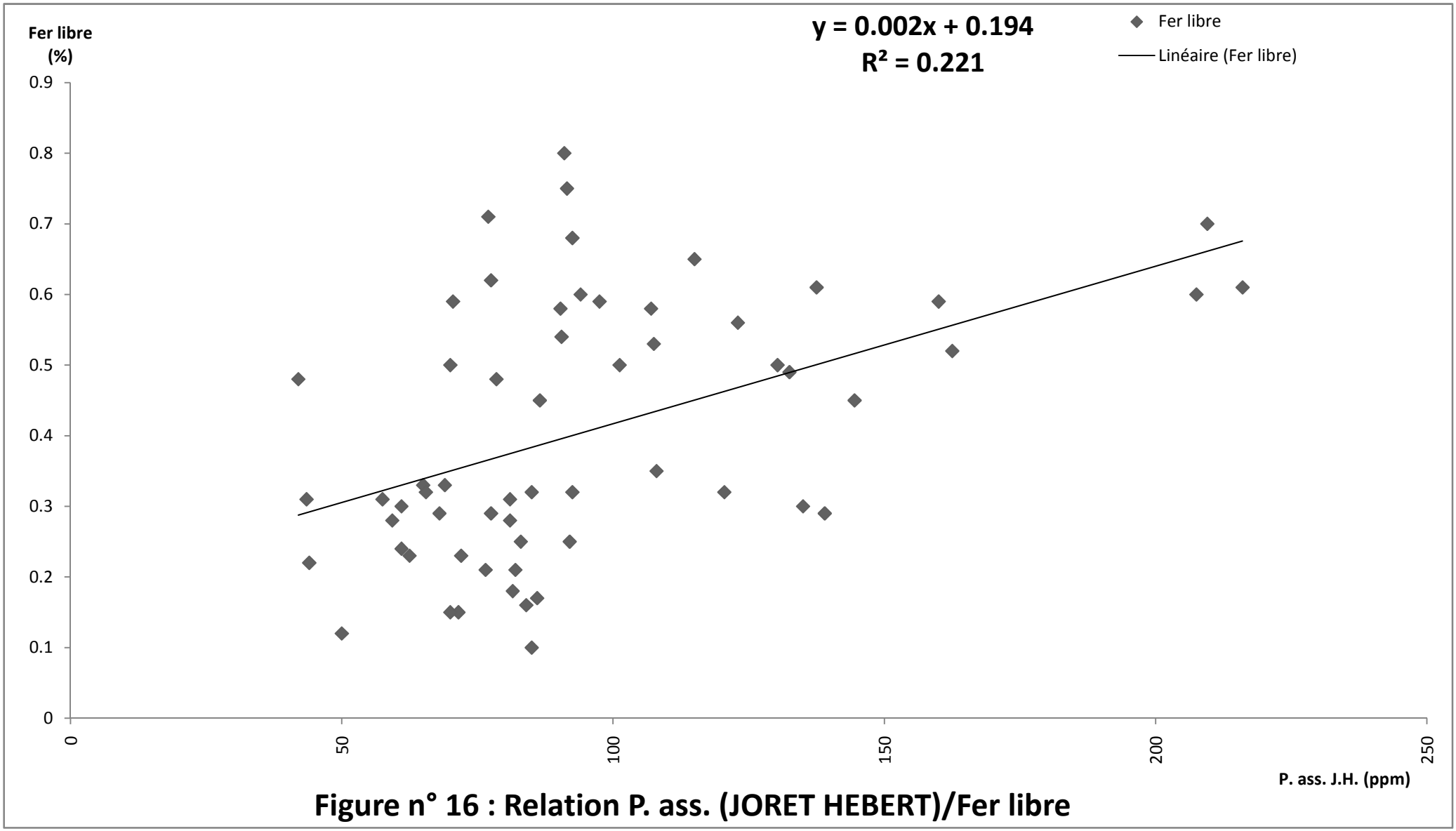

Figure n° 16 : Relation P. ass. (JORET HEBERT)/Fer libre

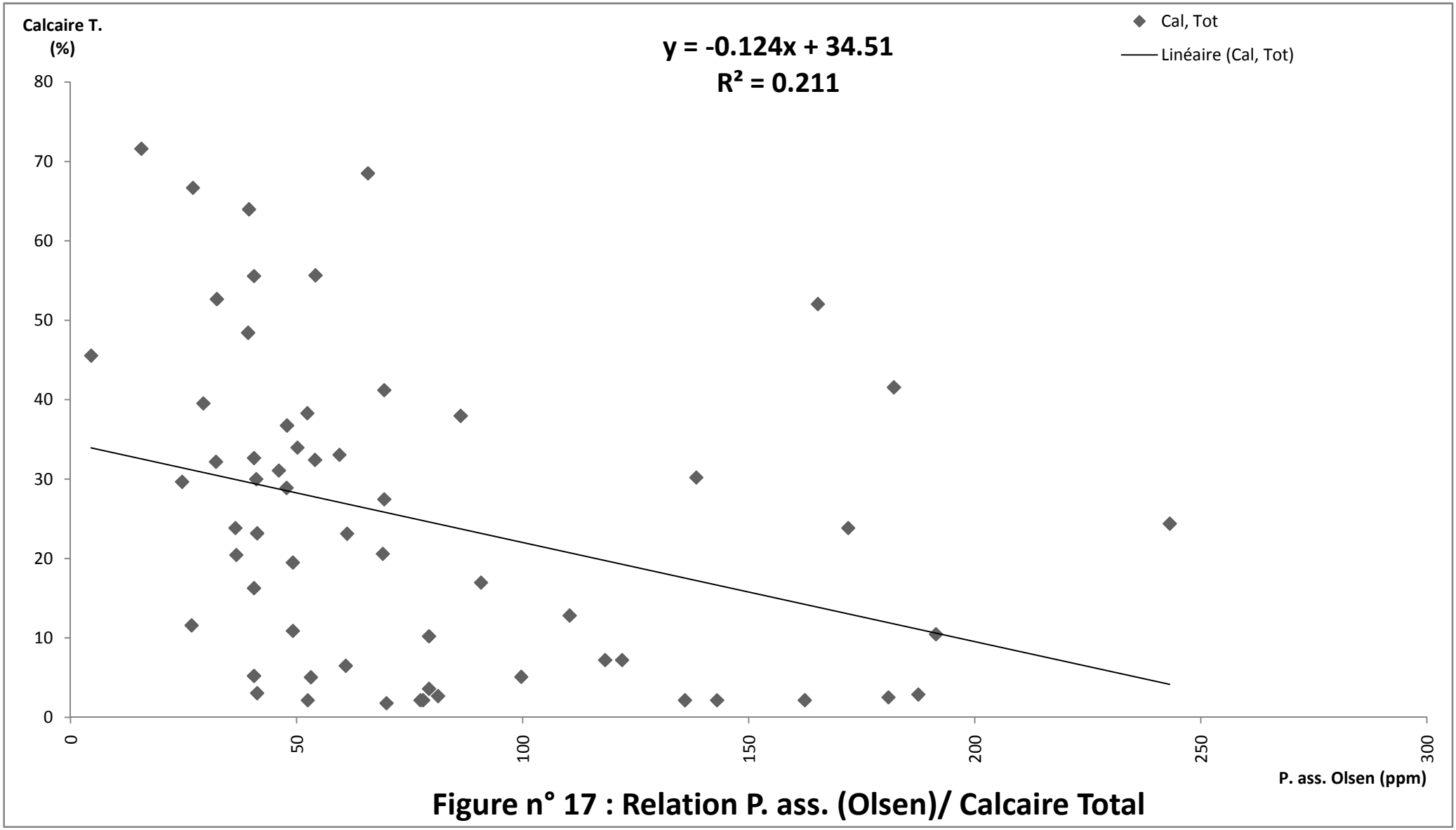

Figure n° 17 : Relation P. ass. (Olsen)/ Calcaire Total

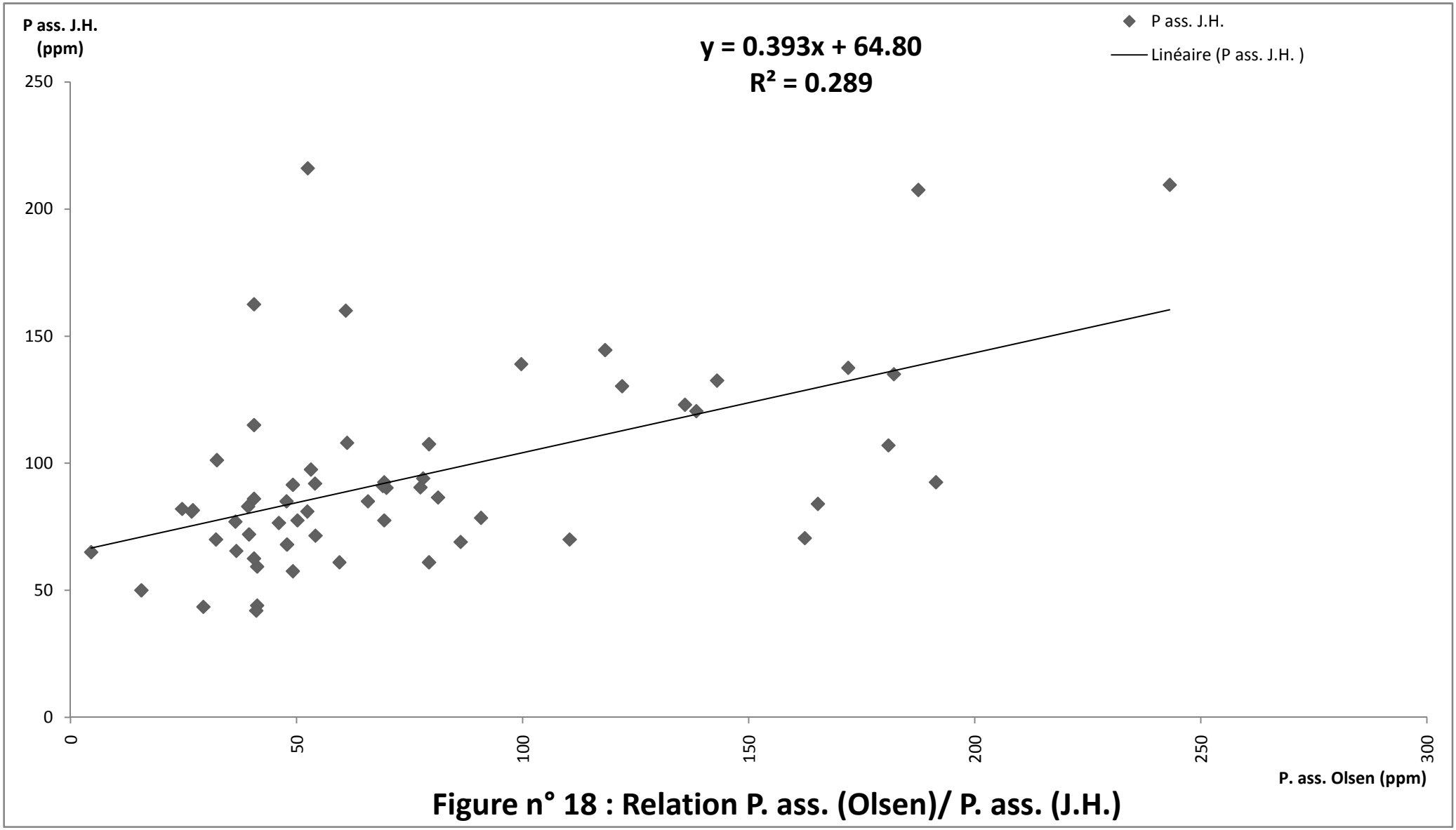

Figure n° 18 : Relation P. ass. (Olsen)/ P. ass. (J.H.)

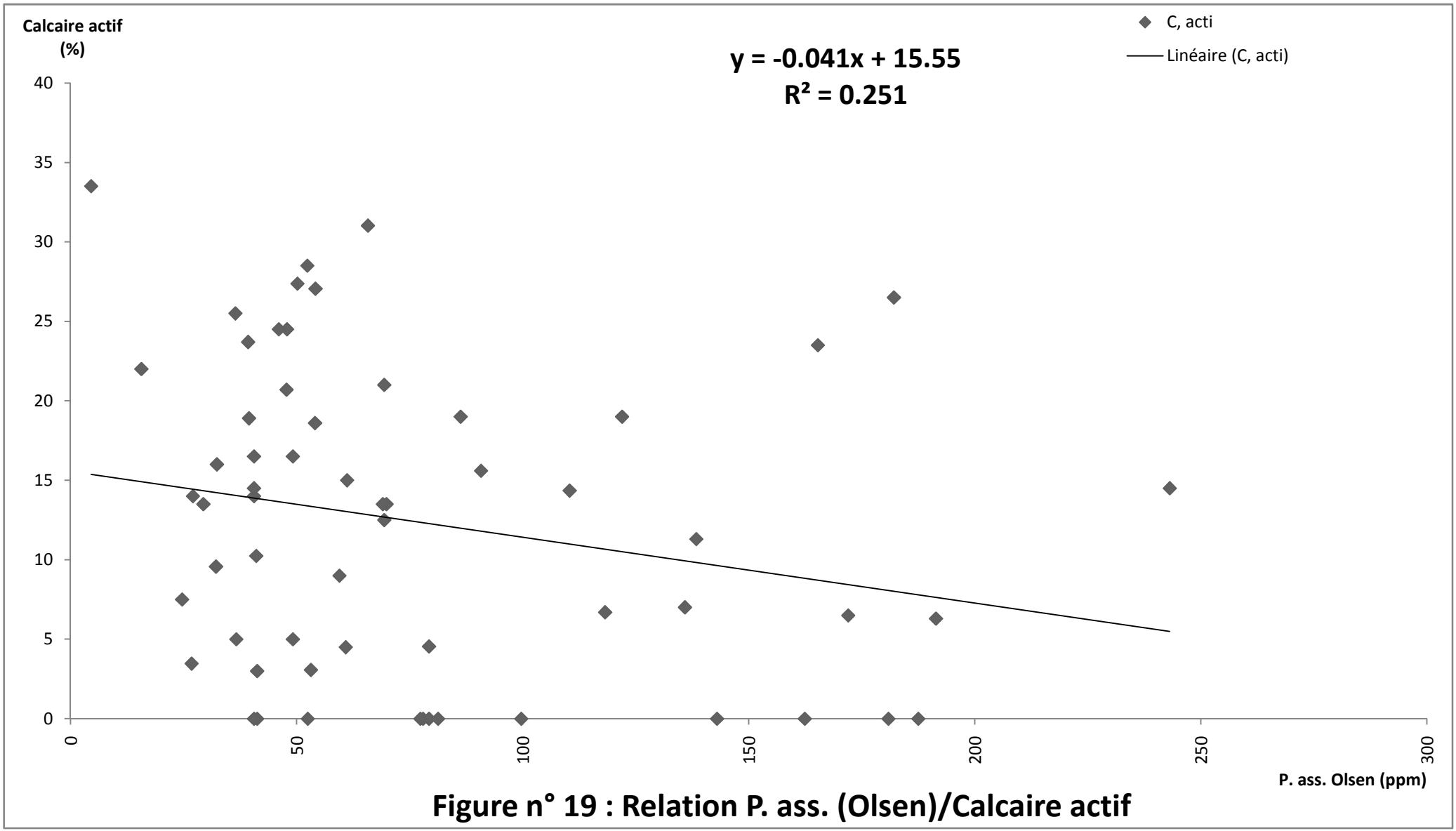

Figure n° 19 : Relation P. ass. (Olsen)/Calcaire actif

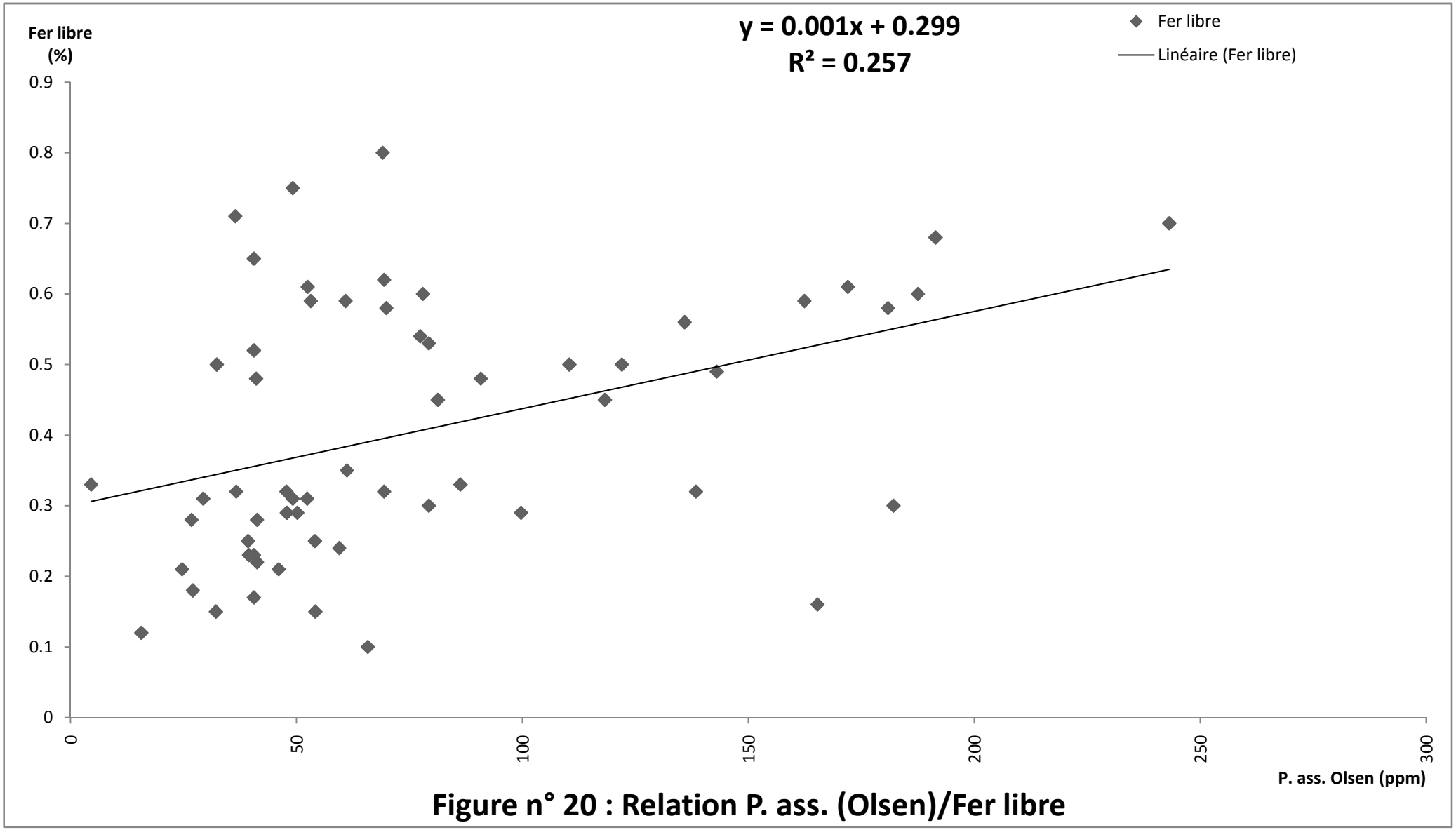

Figure n° 20 : Relation P. ass. (Olsen)/Fer libre

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET INTERPRETATION

II.1. Le phosphore assimilable extrait par la méthode JORET-HEBERT (Tableau n° 17)

Varie de 42,00 à 209,5 ppm au sein même d'un profil et d'un profil à un autre, il est considéré comme élevée selon cette méthode en se référant aux taux d'argile selon (CALVET ET VILLEMIN ,1986) les sols de montagne de djebel EHEMOUL sont considérés comme élevée, généralement les horizons de surfaces sont les plus riches.

Corrélé négativement et significativement avec le calcaire total r^2=- 0,29

Corrélé positivement et significativement avec le calcaire actif r^2=-0.187 (Fig. n°13).

Corrélé positivement et significativement avec la méthode OLSEN r^2= 0,289 (Fig. n°8).

Corrélé positivement et significativement avec la CEC r^2=0,22

Corrélé positivement et significativement avec la matière organique r^2=147 (Fig. n°14).

Corrélé positivement et significativement avec le pH r^2=0,28 :

Corrélé positivement et significativement avec le phosphore de la plante r^2=0,284 (Fig. n°15).

Corrélé positivement et significativement avec le Fer libre r^2=0,221 (Fig. n°16).

II.2. Le phosphore assimilable extrait selon la méthode Olsen (Tableau n°18)

Les teneurs en phosphores assimilable extrait selon cette méthode rapportées aux taux des argiles des sols de montagne de djebel ICHEMOUL selon (CALVET et VILLEMIN) considéré comme élevé varie de 15,71ppm à 243ppm , varié au sein d'un même profil, varie d'un point à un autre , on note que les horizons de surfaces sont plus riches en phosphore assimilable.

Corrélé positivement et significativement avec l'argile r^2=0,73 .

Corrélé positivement avec la matière organique r^2=0,13 .

Corrélé négativement et significativement avec le calcaire total r^2=-0,11 (Fig. n°17) .

Corrélé significativement et négativement avec le calcaire actif r^2=-0,251 (Fig. n°19) .

Corrélé positivement avec la méthode JORET-HEBERT r^2=0,289 (Fig. n°18)

Corrélé positivement avec le phosphore minérale p-Fe r^2=0,257 (Fig. n°20)

Selon FARDEAU et al ,(1988) ; FROSSARD et al (1989) toutes les méthodes chimiques d'extractions perturbent généralement l'état stationnaires du systèmes et la distribution du phosphores entre ses différentes formes elle rendent, alors toute

interprétation des résultats délicates , lorsque le mécanismes réellement en jeu au cours des extractions ne sont pas connus (HAYANES et WILIAMS 1992) .

Contrairement aux autres méthodes d'extractions chimiques du phosphore assimilable, qui dissolvent ou hydrolysant les phosphates, la méthode d'OLSEN à sa particularité d'échanger et de déplacer les ions phosphates (CONESA et FARDEAU, 1994) comparativement à la méthode chimique JORET-HEBERT les teneurs obtenus par cette méthode sont élevées

MOREL et FARDEAU ,(1987) précisent que le meilleur extractant chimiques est celui dont le pH est le plus voisin du pH du sols et dans notre cas , sol de djebel ICHEMOUL la méthode OLSEN qui convient le plus

La méthode d'OLSEN à sa particularité d'échanger et de déplacer les ions phosphates (CONESA et FARDEAU ,1994) comparativement à la méthode chimiques JORET-HEBERT les teneurs obtenues par cette méthode sont élevées.

MOREL et FARDEAU , (1987) précisent que le meilleur extractant chimiques est celui dont le pH est le plus voisin du pH du sols et dans notre cas, sol de djebel ICHEMOUL la méthode OLSEN qui convient le plus.

Tableau N°19 : Phosphore assimilable méthode Joret-Hebert en (ppm)

ECHAN.	0 - 20 cm	ECHAN.	20 - 50 cm	ECHAN.	50 - 80 cm
0 - 20 cm		**30 - 50 cm**		**50 - 80 cm**	
P1	107	**P1**	70,5	**P1**	81
P2	94	**P2**	90,33	**P2**	59,5
P3	81	**P3**	65	**P3**	43,5
P4	135	**P4**	92,5	**P4**	86
P5	130,33	**P5**	144,5	**P5**	189
P6	160	**P6**	77,5	**P6**	140
P7	207,5	**P7**	216	**P7**	162,5
P8	107,5	**P8**	90,5	**P8**	96,5
P9	132,5	**P9**	123	**P9**	61
P10	78,5	**P10**	115	**P10**	57,5
P11	91	**P11**	121,5	**P11**	82
P12	69	**P12**	78	**P12**	85,5
P13	77,5	**P13**	92	**P13**	61
P14	108	**P14**	85	**P14**	44
P15	44	**P15**	71,5	**P15**	85
P16	92,5	**P16**	70	**P16**	92,5
P17	209,5	**P17**	137,5	**P17**	120,5
P18	76,5	**P18**	93	**P18**	42
P19	77,5	**P19**	77	**P19**	90
P20	81,5	**P20**	72	**P20**	50

Tableau N°20 : Phosphore assimilable (en ppm)
Methode OLSEN

ECHAN.	0 - 20 cm	ECHAN.	20 - 50 cm	ECHAN.	50 - 80 cm
0 - 20 cm		**20 - 50 cm**		**50 - 80 cm**	
P1	180,95	**P1**	162,4	**P1**	26,77
P2	69,94	**P2**	78,0	**P2**	41,28
P3	41,64	**P3**	29,44	**P3**	52,45
P4	182,1	**P4**	40,64	**P4**	69,42
P5	118,25	**P5**	99,7	**P5**	122,09
P6	60,93	**P6**	32,38	**P6**	53,22
P7	187,5	**P7**	40,59	**P7**	52,50
P8	79,35	**P8**	77,48	**P8**	81,32
P9	79,31	**P9**	135,9	**P9**	143
P10	90,78	**P10**	40,65	**P10**	49,23
P11	24,73	**P11**	49,17	**P11**	69,09
P12	47,94	**P12**	36,73	**P12**	86,28
P13	50,20	**P13**	54,10	**P13**	59,5
P14	61,20	**P14**	74,81	**P14**	41,31
P15	165,35	**P15**	54,25	**P15**	65,8
P16	40,57	**P16**	110,4	**P16**	191,4
P17	243,15	**P17**	138,45	**P17**	172,05
P18	46,13	**P18**	39,3	**P18**	41,11
P19	69,4	**P19**	36,46	**P19**	32,15
P20	27,04	**P20**	39,5	**P20**	15,71

TABLEAU N°21 : Phosphore total (en ppm)
Méthode attaque tri-acide

ECHAN.		**ECHAN.**		**ECHAN.**	
0 - 20 cm		**20 - 50 cm**		**50 - 80 cm**	
P1	315,15	**P1**	252,5	**P1**	229,5
P2	257,5	**P2**	315	**P2**	393
P3	539,5	**P3**	538	**P3**	441
P4	352	**P4**	327	**P4**	382,5
P5	315	**P5**	370	**P5**	427
P6	482	**P6**	373,5	**P6**	433
P7	337,5	**P7**	370,5	**P7**	258
P8	335,5	**P8**	298,5	**P8**	362
P9	449	**P9**	450	**P9**	415
P10	480	**P10**	420	**P10**	453,5
P11	417,5	**P11**	380	**P11**	456
P12	355	**P12**	390	**P12**	481
P13	295	**P13**	370	**P13**	362,5
P14	275	**P14**	251,5	**P14**	240,5
P15	433	**P15**	510	**P15**	363
P16	481	**P16**	520	**P16**	680
P17	571	**P17**	439	**P17**	399
P18	245	**P18**	204	**P18**	310
P19	217,5	**P19**	256	**P19**	227,5
P20	236	**P20**	195	**P20**	155

II.3. Le phosphore total : (Tableau n°21)

Dans les sols cultives, la fraction du phosphore total peut variée de 182 à 1088ppm.

Varié de 155 à 680 ppm. On constate une différence entre les horizons de surfaces et les horizons de profondeurs

Corrélé négativement et significativement avec la C.E.C r^2= -0,74

Corrélé négativement et significativement avec le phosphore soluble r^2= -0,21

Corrélé négativement avec P-Al r^2= -0,10

Corrélé positivement avec P-Ca r^2= 0,13

Corrélé positivement et significativement avec P-Fe r^2= 0,43

Tableau N°22 : Phosphore lie a l'(Al) en ppm
Méthode CHANG et JACKSON

ECHAN.		**ECHAN.**		**ECHAN.**	
0 - 20 cm		**20 - 50 cm**		**50 - 80 cm**	
P1	8	**P1**	00	**P1**	00
P2	5,66	**P2**	5	**P2**	02
P3	19	**P3**	19	**P3**	19
P4	5,5	**P4**	3	**P4**	1
P5	5	**P5**	4	**P5**	00
P6	2	**P6**	00	**P6**	00
P7	9	**P7**	10	**P7**	05
P8	11	**P8**	8	**P8**	7,5
P9	15	**P9**	12	**P9**	12
P10	8	**P10**	05	**P10**	10
P11	9	**P11**	10	**P11**	07
P12	5	**P12**	2,66	**P12**	00
P13	7,5	**P13**	05	**P13**	00
P14	5,5	**P14**	00	**P14**	00
P15	24,5	**P15**	27	**P15**	12
P16	8	**P16**	6,33	**P16**	4
P17	5	**P17**	02	**P17**	2
P18	7,66	**P18**	05	**P18**	5
P19	7	**P19**	2,5	**P19**	6
P20	3,66	**P20**	00	**P20**	1

II.4. Le phosphore minéral : Tableau n°23, 23-1, 23-2
P-Al varié de 00 ppm à 24,5 ppm
P-Ca varié de 11,3 ppm à 291 ppm constitue la partie la plus importante
P-Fe varié de 26,00 à192,5 ppm

Pour la fraction phosphatée liée au calcium, celle-ci est la mieux représentée par rapport aux deux autres fractions elle varié de11,3 ppm à 291 ppm .

TRAN et al, (1988) précisent qu'à des pH élèves la forme calcique est favorable par rapport aux formes aluminique et ferrique.

Tableau N°23 : Phosphore lie à l' (Al) (ppm)
Méthode CHANG et JACKSON

ECHAN.		**ECHAN.**		**ECHAN.**	
0 - 20 cm		**20 - 50 cm**		**50 - 80 cm**	
P1	8	**P1**	00	**P1**	00
P2	5,66	**P2**	5	**P2**	02
P3	19	**P3**	19	**P3**	19
P4	5,5	**P4**	3	**P4**	1
P5	5	**P5**	4	**P5**	00
P6	2	**P6**	00	**P6**	00
P7	9	**P7**	10	**P7**	05
P8	11	**P8**	8	**P8**	7,5
P9	15	**P9**	12	**P9**	12
P10	8	**P10**	05	**P10**	10
P11	9	**P11**	10	**P11**	07
P12	5	**P12**	2,66	**P12**	00
P13	7,5	**P13**	05	**P13**	00
P14	5,5	**P14**	00	**P14**	00
P15	24,5	**P15**	27	**P15**	12
P16	8	**P16**	6,33	**P16**	4
P17	5	**P17**	02	**P17**	2
P18	7,66	**P18**	05	**P18**	5
P19	7	**P19**	2,5	**P19**	6
P20	3,66	**P20**	00	**P20**	1

Tableau N°23-1 : Phosphore Lié au (Ca) en ppm
Méthode CHANG et JACKSON

ECHAN.		ECHAN.		ECHAN.	
0 - 20 cm		**20 - 50 cm**		**50 - 80 cm**	
P1	15	**P1**	15,66	**P1**	20,33
P2	11,3	**P2**	52,5	**P2**	117
P3	13,5	**P3**	114	**P3**	145,5
P4	121	**P4**	121	**P4**	140
P5	105	**P5**	115	**P5**	140
P6	228	**P6**	192,5	**P6**	255
P7	23,33	**P7**	25,66	**P7**	29
P8	21,33	**P8**	19	**P8**	24,66
P9	137,5	**P9**	152	**P9**	177,5
P10	137,5	**P10**	126,5	**P10**	121
P11	120,5	**P11**	130	**P11**	167,5
P12	130	**P12**	151	**P12**	232,5
P13	69,5	**P13**	97,5	**P13**	141
P14	72,5	**P14**	70	**P14**	120
P15	267,5	**P15**	291	**P15**	197,5
P16	231	**P16**	255	**P16**	315
P17	188,5	**P17**	75	**P17**	100
P18	63	**P18**	90	**P18**	132,5
P19	65	**P19**	59	**P19**	35,5
P20	62,5	**P20**	52,5	**P20**	58,5

Tableau N° 23-2 : Phosphore lié au (Fe) en ppm
Méthode CHANG et JACKSON

ECHAN.		**ECHAN.**		**ECHAN.**	
0 – 20 cm		**20 - 50 cm**		**50 - 80 cm**	
P1	148	**P1**	130	**P1**	94
P2	86	**P2**	161	**P2**	172,5
P3	192,5	**P3**	187,5	**P3**	210
P4	82,5	**P4**	90	**P4**	60
P5	67,5	**P5**	93,5	**P5**	88,5
P6	72,33	**P6**	64	**P6**	26
P7	62,5	**P7**	82	**P7**	50
P8	53	**P8**	55,5	**P8**	77,5
P9	130	**P9**	142,5	**P9**	150
P10	148,5	**P10**	172,5	**P10**	126,5
P11	124	**P11**	130	**P11**	172,5
P12	132	**P12**	142,5	**P12**	150
P13	60,5	**P13**	121	**P13**	96,5
P14	70	**P14**	52,5	**P14**	58,5
P15	80	**P15**	89	**P15**	60,5
P16	147,5	**P16**	173	**P16**	192,5
P17	131	**P17**	130	**P17**	162,5
P18	70	**P18**	67,5	**P18**	118,5
P19	62	**P19**	107,5	**P19**	58,5
P20	75	**P20**	54	**P20**	40

Le phosphore soluble : Tableau N°24

Fluctuer de 00 ppm à 128,5 ppm de phosphore soluble.
Corrélé positivement avec P-Al , r^2=0,10
Corrélé négativement avec P-Ca, r^2= -0,43
Corrélé négativement avec P-Fe, r^2=- -0,13

Tableau N°24: Phosphore soluble en ppm
Méthode CHANG et JACKSON

ECHAN.		**ECHAN.**		**ECHAN.**	
0 – 20 cm		**20 - 50 cm**		**50 - 80 cm**	
P1	130	**P1**	115,5	**P1**	80
P2	110	**P2**	120	**P2**	113
P3	00	**P3**	11	**P3**	00
P4	00	**P4**	06	**P4**	00
P5	00	**P5**	10	**P5**	05
P6	00	**P6**	11	**P6**	00
P7	121	**P7**	128,5	**P7**	119
P8	121	**P8**	122	**P8**	113
P9	110	**P9**	115,5	**P9**	16,5
P10	00	**P10**	00	**P10**	6,5
P11	00	**P11**	00	**P11**	00
P12	10	**P12**	00	**P12**	00
P13	39	**P13**	61,5	**P13**	32,5
P14	36	**P14**	23	**P14**	20
P15	00	**P15**	11	**P15**	31
P16	00	**P16**	19,5	**P16**	08
P17	00	**P17**	05	**P17**	00
P18	44	**P18**	50	**P18**	47,5
P19	42,5	**P19**	42	**P19**	50
P20	41,5	**P20**	34	**P20**	52,5

III. Le phosphore de la plante : (Tableau n°25)

Varié de 0,42 ppm à 0,97% de phosphate

Corrélé positivement avec le phosphore extrait selon la méthode JORET-HEBERT r^2= 0,06

Corrélé positivement et significativement avec le phosphore assimilable extrait par la méthode OLSEN r^2= 0,69

Corrélé positivement et significativement avec le phosphore total r^2=0,48 .

Corrélé négativement avec le fer libre r^2= -0,23

Corrélé négativement avec le pH = -0,087

La corrélation négative de la production de la matière sèche avec le phosphore assimile ceci ne correspond pas bien aux travaux effectués par (MATAR, 1988; MOREL et al, 1992 ; FARDEAU, 1993) sur le blé et le ray-grass.

Par contre elle corrélé positivement avec le phosphore total ceci est du au milieu alcalin les phosphates mono et bi calcique se transforment en phosphates tricalciques, puis en phosphates cristallisés encore plus insoluble de types apatite, c'est le principal obstacle à la nutrition phosphatée en sol calcaire (SMECK, 1985; SOLTER, 1987) (DUCHOUFFOUR, 1995).

Tableau N° 25 : Analyse foliaire du pommier

ECHANTILLON	N%	P%	K%	Ca%	Mg%	Fe en ppm	Cu en ppm	Mn en ppm	Zn en ppm
P1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	2,24	0, 57	1,32	1,61	0,67	425	22	129	680
P3	1,88	0, 66	1,46	1,81	0,76	256	44	105	794
P4	2,03	0, 54	1,18	0,87	0,79	29	88	129	407
P5	1,82	0, 45	0,92	1,39	0,69	256	22	105	316
P6	2,22	0, 57	0,87	1,35	0,66	88	00	105	270
P7	1,40	0, 66	1,07	0,87	0,70	256	00	105	129
P8	1,54	0, 57	1,07	0,87	0,70	256	00	105	129
P9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P13	1,75	0,85,	1,52	1,06	0,60	256	22	129	156
P14	2,17	0, 66	1,62	0,96	0,69	88	88	105	430
P15	1,54	0, 97	1,10	2,39	0,74	256	88	129	144
P16	1,75	0,82	1,32	1,16	0,71	256	22	192	144
P17	1,75	0, 66	1,35	1,25	0,74	88	00	105	544
P18	1,47	0,57	1,58	1,25	0,80	88	88	105	138
P19	1,47	0,42	1,18	1,20	0,80	88	88	129	1022
P20	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Conclusion générale

L’objectif de notre travail est d’évaluer les capacités de fourniture du phosphore aux plantes dans les sols de la plaine d’Ichemoul.

Il est reconnu que les sols Algériens de part leurs propriétés et notamment de leur réaction basique et de leurs teneurs en calcaire ont des taux faibles en phosphore assimilable.

La plaine d’Ichemoul est une zone à vocation arboricole et notamment la culture du pommier. Les sols de cette plaine sont alluviaux, à bonne texture (argilo-limoneuse) à pH compris entre 7 et 8.5, relativement pourvus en matière organique.

Ils sont profonds et moyen en phosphore total.

Par contre leurs teneurs en phosphore assimilable est très variable de 16ppm à 213ppm. Les méthodes testées, à savoir Joret Hebert et Olsen semblent être de qualité similaire et les valeurs obtenues du phosphore assimilable vont dans le même sens et sont bien corrélées.

Ces valeurs sont corrélées négativement avec le calcaire total et le calcaire actif. Il y a une relation positive avec le fer libre et la matière organique. Enfin on relève une relation positive entre le phosphore assimilable du sol et les teneurs en P de la plante.

Au terme de ce travail on relève que la fertilisation phosphatée est pratiquée empiriquement et les apports d’engrais phosphatés ne tiennent pas compte des teneurs en phosphore assimilable des sols et les propriétés du sol et notamment leur capacité de saturation en phosphore.

Il est recommandé de vulgariser l’importance de l’analyse des sols et l’application des résultats obtenus à la pratique de la fertilisation, car les teneurs en phosphore assimilable sont très variables et par conséquent les apports en engrais doivent être différents, or ce n’est pas ce qui est pratiqué sur le terrain.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

D EL NAIM E.M., ELSWEEDY A.M. ABOU-EL-EZZ N. and HEGGI S.E; 1981 Effect of $CaCO_3$ levels, Pand K fertilization on nutrients uptake and the growth of different fooder plants (Egyptian Gilban, Syrian Gilban and Vicia Saliva) in Egyptian calcareous soils. Agri. Research Rev.N°.4, Vol. 59: 29-40.

* **AGRAWAL. S**;SINGH T.A. and BHARDWA V ; 1987 : Inorganic soil phosphorus fraction and available phosphorus as affective by long term fertilization and grouping pattern in Nainital Taraï. J. Indian Soc. Soil Sci. Vol. 35:25-28.

* **ALAM S.M.M**: 1988 Evaluation of critical levels of Zinc in some soils of Egypt in relation to plants reponse to Zinc fertilization. Ain Shams Univ. Cairo(Egypt) faculty of agriculture: 149p.

*** AZZAOUI A**. HANSON R.G. and SOLTANPOUR P.N : 1989 Wheat P requirement on calcareous Moroccan Soils : A comparison of Olsen, Soltanpour and $CaCI_2$; Soil test common. Soil Sci. Plant Anal. 20 (7et8): 896-891.

*** BALLAIS Y**. : 1979, Esquisse géologique (NARA , 1979) issue Du Projet de développement entrepris de la région D'Arris .

*** BEN AMARA M .** et CONESA A . p : 1976 Appréciation de la fertilité phosphorique de quelques sols D'Algérie , An – Agr . I.N.A. vol . (06) , N .2 : 81– 90.

*** BARBER S**.A :1984 Soil nutrient bioavaibility, Wiley and sons ed : 398p.

*** BARBER S**.A :1995 , Soil nutrient bioaviability , A mechanistic approach. Wiley and sons 2nd ed: 414p.

*** BARROW N.** J. :1980 .Evaluation and utilization of residual phosphate in soils. In the role of phosphorus in agriculture Kamprath (ed) American soc. Of Agr. Madison WI.: 333-359.

*** BARROW N.J :**1983. understanding phosphate reaction with soil. In third international congress on phosphorus compounds. IMPHOS.Casablanca, Morocco: 37-51.

***BARROW N.J. :**1989, Relating chemical processes to management systems: 16p. BECK M.A. and SANCHEZ P.A.: 1994.soil phosphorus fraction dynamics during 18 years of cultivation on Typic Palendult. Soil Sci.34; 1424-1431.

*** BENAMARA M.,** CONESA A. P. :1976, appréciation de la fertilité phosphorique de quelques sols d'Algérie. An. Agr. I. N. A. El-harrach, vol. VI. N.2: 81-90.

***BOLAN N. S** , BARROW N. J et POSNER T.A.M. : 1985. describing the effect of time on scorpion of phosphate by iron and Aluminum hydroxides. Journal of soil Sciences. 36: 187-197.

* **BONNEAU M.:** 1980. Production d'azote minéral dans divers types de landes du massif central. Ann sci
forst. 37(3): 173-188.

* **BONNEAU M.:** 1983. Effet de 12 et 14 ans de la fertilisation sur deux plantations d'épicéa commun de l'ouest du massif central. Biologie et Foret R.P.2

* **BONNEAU M.:** 1988. le diagnostic foliaire. R. F. F. XI. N :5.6p.

* **BOULAY M**. et LOUE A , : 1986. La fertilisation raisonnée. Société commercial de potasse et de l'azote S.C.P.A : 15p.

* **BUCKMAN H.** et BRADY N. : 1965. Les sols, nature et propriétés. Ed. d'organisation Paris ; 397-410.

* **CAMPBELL L.A.,** READ D.W. , WINKLEMAN G. E and Mc ANDREW D.W. : 1984. First 12 years of a long- term crop rotation study in Sashatchewan – Bicrobonate- P distribution in soil and P uptake by the plant. Can. J . Soil Sci. 64: 125-137.

***CAMPBELL C. A.** et ZENTNER R. P. / 1993. Over winter changes in Olsen phosphorus in a 24-years crop rotation in south –western Saskatchwan. Can. J. soil Sci. 73: 123-128.

* **CAROLYN J.** KROEHLER and LINKINS A.E: 1988. the root surface phosphates of Eriphorum Vaginatum: Effects of temperature, pH, substrate concentration and inorganic phosphorus. Plant and Soil.105 plso.7333: 3-10.

* **CALVET G** et VILLEMIN P.: 1986 interprétation des analyses de terre. I.P.A.S. centre de recherche S.C.P.A. Aspach la bas : 15p.

*** CHAMAYOU H.** et LEGROS J.P. : 1989. les bases physiques, chimique et minéralogiques de la science des sol . Presses universitaires de France ed . : 589 P .

*** CHARLES G .** : 1976 Diagnostic de la carence phosphorique des sols par symptomathologie végétale : 1-3

*** CHERIF A .** : 1988 utilisation des phosphates naturels de Dg . ONK en substitution des engrais phosphates de fonds à l'exemple de certaines wilayates D'ALGERIE polycopie Imphos Seminaire 1988 TEBESSA .

* **CHIEN S. H. :** 1979. Dissolution of phosphate rock in acid soils as influenced by nitrogen and potassium fertilizers. Soil Sci., Vol. 127, N. 6 : 371-376.

* **COOPERBAND L. R** and LOGAN T.J. ; 1994. Measuring in situ changes in labile soil phosphorus with anion- exchange membranes. Soil Sci. Soc. Am . J. 58 : 105-114.

* **COPE. F**. et HUNTER J. G. : 1967. Interaction de l'azote et phosphore en agriculture. Réponses des cultures et des animaux. Phosphore et Agriculture. N. 46 : 13-31.

* **DARRAH P. R. :** 199. Numéro spécial nutrition minérale. Plant and soil. 155-156: 1-20.

* **DICK R.P.** and TABATABAI M.A. : 1987. Factors affecting hydrolysis of polyphosphates in Soils. Soil Sci U.S.A. Vol. 43 . N°2 : 97-107.

***DI PASCALE .G** and VIOLANTE A: 1986. Influence of phosphate ion on the extraction of aluminum by 8-Hydroxyquinoline from OH-AI suspensions. Can . J. Soil Sci .66 : 573-579.

*** DOMERGUES Y**. MANGENOT F.: 1970. Ecologie microbienne du sol. Masson et Cie ed. : 796p.

*** DUCHUFFOUR ph** . : 1988, Abréges De Pédologie 2éme ed . massons . : 115–117

* **DUTIL P. :** 1976. La fertilisation phosphatée des sols calcaires. An. Agr. I.N.A. Vol. VI, N.2 : 75-80.

* **DUVAL L.** , GUILLOU M. , LE ROY M. et SCOUARNEC P. : 1988. Etude comparée de l'extraction du phosphore assimilable des sols de la Bretagne occidentale. Dans, phosphore et potassium dans les relations sol-plante : conséquence sur la fertilisation. I.N.R.A. : 217-224.

* **FARDEAU J. C.** : 1981. Cinétiques de dilution isotopique et phosphore assimilable des sols. Thèse de doctorat d'Etat Es Sciences. Université Pierre et Marie Curie Paris 6 : 197p.

* **FARDEAU J.C**., JAPPE J. : 1988. Valeurs caractéristiques des cinétiques de dilution isotopiques des ions phosphate des les systèmes sol-solution. I.N.A.R. : 79-100.

* **FARDEAU J . C** , MOREL C. et BONFACE R. : 1988. Pourquoi choisir la méthode OLSEN pour estimer le phosphore « assimilable » des sols .Agronomie, N. 7 : 577-584.

* **FARDEAU J. C :**1989. Limitation des rendements céréaliers en Algérie : Faits et hypothèses. Séminaire sur les sols céréaliers d'Algérie, Tiaret ; 10p.

* **PHILLIPPEAU G.** :1986 Comment interpréter les résultats d'une analyse en composante principale ? STAT-ITCF ,INRA ,PARIS :61 pp .

* **FROSSARD E.** , TRUONG B. et JACQUIN F. : 1986. Influence de l'apport de composés organiques sur l'absorption et la désorption des ions phosphates en sol ferrallitique. Agronomie, 6(6) : 503-508.

*** FROSSARD E.** , FARDEAU J. C. and OGNALAGA M.: 1991. Available soil phosphate: influence, at a regional level, of soil properties, land use and agricultural practices. J. of Soil Sci. (in press) . MS 2580A: 31p.

*** F .** N. I E . : 1986 Fédération Nationale de l'industrie des engrais , nutritions des plantes polycopie :

* **GACHON L. :**1969. La fertilisation phosphatée: Panorama des recherches récentes effectuées en France. Phosphore et Agr., N. 53 : 18-19.

***GACHON L** et TRIBO E ;1988 Etude des relations entre l'alimentation phosphatée. des cultures et les valeurs E et L ,Dans phosphore et K dans les relations ;sol-plante :L N.A.R.:205 – 215.

***GERVY :** 1970. Les phosphates et l'agriculture .Dunod ed. :296p

***GIANINAZI V.:**1986. les mycorhyzes :Moyens d'améliorer l'utilisation des engrais phosphates. Fertilisation et Arg., N.92 :3-10.

***GIROUX M.,** DUBE A. et BARNETT G. M. : 1985.Effet des la fertilisation phosphatée sur la pomme de terre en relation avec l'analyse du sol et la source de phosphore utilisé. Can. .Soit ,Sci ,64 :369-381

* **GIROUX M** ,SEN TRAN T . :1985,Evaluation du phosphore assimilable des sols acides avec différentes méthodes d'extraction en relation avec le rendement de l'Avoine et les propriétés du sol .Can .J.Soit SCI.65 :47-60.

* **GROS A. :**1979 Guide pratique de la fertilisation .La maison rustique .Paris.

*** HAMOUNI M. :**1991.Influence des engrais ammoniacaux sur la solubilisation des phosphates naturels, Mem .Ing. Agro . INA EL Harrach :60p.

*** HALITIM .** : A : 1991 Rapport de recherche semestre (02) : 10 Pages ..

* **HAYES R.J.** and WILLIAMS P.H. :1985. Effect of liming and air-drying on the adsorption of phosphate by some acid soils. J. soil Sci. ,36:315-521.

*** HAYNES R ,J** and WILLIAMS P.H.:1991. Long-term effect of . super phosphate on accumulation of soil P and exchangeable cations on grazed, irrigated pasture site. Plant and soil .142:123-133.

*** HOPKINS A . G . et al . : 1998** Fertilisant et Agriculture IFA ltd , N° 97 , Mars 1988 : . P 46 .

* **KHALDI D** .1991.Etude de l'assimilabilité des phosphate naturels de Djabel Onk en présence de la matière organique :81p.

* **KHALED E.M** VANDERDEELEN J.BAERT :1986. phosphate adsorpsion on desert sands coated with iron hydroxides .Pedologie ,XXX VI-2: 117-131.

* **KIRBY E.A**. et KNIGHT A.H. : 1977.The influence of the level of nitrate on iron uptake and assimilation, organique acid accumulation and cation-anion balance in Whole tomato plants.Plant Physiol .60: 349-353.

* **KOZAMA P**. TOTH M :1980.Effet de la fumeur phophorique sur la teneur en Zinc de la plantation dans le sol carbonaté sableux entre le Danube et la Tizra .5émé coll. Inter. Coutr. Nutr PL.Cult : 608-613

* **KUNDUS S** ,KAMATH M.B and GOSAVAMI N.N :1988. Effect of sulphate, silicate and fluoride anions –1 .phosphate fixation in soils. J. Indian Soc. Soil. Sci ..Vol.36 :43-47

*** LAFARGE M.** GAULT C.:1986 Effets de condition de sol et de fertilisations phospho - calciques sur la croissance de l'orge à 1100 m d'altitude .dans le massif central. Agronomie, 5(4) :313-323 .

*** LAFFITE R . ,1939** Etude géologique de l'AURES(Algérie).thèse doctorat faculté science Paris.482p.

* **LAHEURTE F.** and BERTHELIN J : 1988. Effect of a phophate solubilizing bacteria on maize groxth and root exuadation over four levels of labile phosphorus. Plant and soil 105. PLOSO. 7130: 11-17.

* **LEYMONIER J. P.** et WEBER L. : 1986. Phosphates: point sur la législation et leur valeur agronomiques, négus et agriculture .N.12.

* **LOPEZ-HERNANDEZ D.** , CORONEL I. and ALVABEZ L : 1987. The external phosphate requirement of Cowpea on five dissimilar soils. Soil Sci U.S.A. Vol 144. N°5: 339-343.

* **MAERTENS C.,** BOX M. : 1988. Détermination des possibilités d'extraction du potassium et du phosphore du sol par les racines de tomate. I.N.R.A.: 225-238.

* **MAGID J.** and NIELSEN N. E.: 1992. Seasonal variation in organic and inorganic P fractions of temperate-climate sandy soils. Plant and soil 144 : 155-165.

*** MARTINEZ J.** et DELAS J. : 1990. Les essais de longue durée I.N.R.A.sur le fertilisation phosphatée : Recueil et synthèse des données récentes. IMPHOS Casablanca (Maroc) : 103.

*** MATAR.E.** , GARABED S., RIAHI S. and MAZID A. : 1988. A comparison of four soil test procedure for determination of available phosphorus in calcareous soils of the Mediterranean region. Commun, in Soil Sci. plant Anal. 19(2): 127-140.

* **MENGEL K.** et KIRKBY E. A : 1982. Principles of plant nutrition. 3rd ed. International Potash Institue, Berne, 655p.

* **MOREL C.,** FARDEAU J.C.: 1987. Le phosphore assimilable des sols intertropicaux, ses relations avec le phosphore extrait par deus méthodes chimiques. Agro. Trop. 42.4 : 248-257.

* **MOREL R. :** 1988. Les sols cultivés. ed. tec. Et Doc. Lavoisier : 374p.

* **MOREL C.** and FARDEAU J. C.: 1989. Native soil and fresh fertilizer phosphorus: as affedted by rate of application and phosphate fertilizers. Plant and soil. 115: 123-128.

* **MOREL C.** and FARDEAU J. C:1990. Agronomical evaluation of phosphate fertilizers as a nutrient source of phosphorus for crops: isotopic procedure. Fertilizer research, 24: 115-122.

* **MOREL . C** et FARDEAU J.C : 1991 phosphorus bioavailability of fertilizers : a predictive laboratory method for its evoluation fertizer rescarch . 28:1-9.

* **MOREL . C** et FARDEAU J.C : 1992 la fertilisation phosphatée raisonnée de la culture du blé. Agronomie, 12 : 565 – 579.

* **MUNNA RAM** , PRASAD R.N and PATI RAM : 1987 studies on phosphate adsorption and phosphate fixation in alfisols and entisols occuring altitudes of maghalaya J.Indian Soc. Soil sci Vol 35: 207-216.

*** NAIT KACI M . :** 1997 Contribution à l'étude Du statut phosphate Des sols alluviaux De la région De TADMAIT : 21 – 25 .

* **O'HALLORAN I.P** .MILLER M.H and ARNOLD G : 1986. absorption of P by.

* **OLSEN S R.,** BOWMAN R. A. et WATANABE F.J : 1977 comportement du phosphore dans le sol et interactions avec les autres éléments nutritifs. Phosphore et agriculture n 70 :35-52.

* **REYNER A :**1991 manuel de viticulture tec et doc lavoisier ed ., paris, 414p.

* **ROGER L.** et AL. : 1975 the mechanism of phosphate fixation by iron oxides soil Sci.Soc. Amer. Proc Vol 39.

* **SALAH D. :** 1995 la fertilité phosphatée des Algériens. These ing. Ina el Harrach, 78p.

* **SAMARESH J**., KAMATH M.B. et GOSWAMI N. : 1988, effect of sulfate, silicate and fluoride anions-phosphate fixation in soils. J. Ind. Soc. Soil Sci vol .36 : 43-48

* **SAMIEL A.** and SINGH B. : 1987. evaluation og air-dry and submerged soil samples for measuring critical available phosphorus levels in alkaline wetland rice soils. J. Indian Soc. Soil Sci. Vol . 35: 58-62.

* **SARAGONI F**. FARDEAU J.C. : 1988. L'offre potentielle en phosphore des sols. 3éme forum national de la fertilisation raisonnée. Nancy 2-23 juin. Recueil des communications la lorraine : 72-79.

* **SASPORTES P.** et JAQUIN F. : 1968. Contribution à l'étude de l'influence du calcium, du fer et de l'aluminium sur le métabolisme de phosphore au cours du développement de plantules d'orge. Bulletin de L'ENSA de Nancy.

***SAUR E :** 1989. effet de l'apport de phosphore, de carbonate de calcium et d'oligo-éléments à 3 sols sableux acides sur croissance et la nutrition de semi P. pinaster S. in Art. I. Cree. Et nutrition en éléments majeurs. INRA physio. Veg. Agronomie 9 : 931-950.

***REVUE(S.**C.P.A) France cultivar revue 1992 ,interprétation des analyses de terre in cultivar dit (S CPA) page 25

* **SEN TRAN T**. et **GIROUX M.** :1987. Disponobilité du phosphore dans les sols neutres et calcaires du Québec en relation avec leur caractéristiques chimiques et physiques. Can. J. soil Sci. Vol.67,N°.1 :1-16.

* **SEN TRAN T**., **FARDEAU J. C** .and **GIROUX.M.** :1988.Effet of soil properties on plant-available phosphorus determined by the Isotopic dilution phosphorus –32 Meth.soil.Sci .Am.J.52.5 :1383-1390

* **SHAPLY A.N., AHUYA .l. R**., **YAMAMOTO .M.** ,and **MENZEL** R.G:1981.The kinetics of phosphorus desorption from soil. Soil Sci .Soc .Am. J .Vol. 45:493-496.

* **SHEPPARD S** . **C** and **RACZ G .J** :1984 . Effects of soil temperature on phosphorus extractability . I .Extraction and plat uptake of soil and fertilizer phosphorus . can .j. soil .Sci .64 :241-254.

* **SHEPPARD S . C** and **RACZ G .J** :1984 . Effects of soil temperature on phosphorus extractability .II .Soil phosphorus in 6 carbonated and 6 non- carbonated Soils. can .j. soil .Sci .64 :255-263.

* **SHINDE B.N.,** SARANGAMATH P. A., PATNAIK S. :1987 .phosphorus transformations from rock phosphates in acid Soil and measures for increasing their efficiency for growing rice (oryza sativa L.) .Plant and soil , 49 :449-459.

* **SIDHU A.S.** and DHILON N .S.:1989.Fertilizer prequirements of wheat and barley in Arid brown soil of varing available P and organic carbon status .J.Indian soc .soil sci .Vol .37 :487-490.

* **SIMARD R.R .,** EVANS L.J and BATES T.E.:1988.The effects of caCO3 and P on the soil solution chemistry of apodosis soil .Can .J .soil Sci .68:41-52.

* **SIMS J.T.** and ELLIS B.G .: 1983 Adsorption and availability of phosphorus following the application of limestone : acid , aluminous soil .Soil Sci . soc .Am. J., Vol.47: 888-892.

* **SINGH R.** and OMANWAR P.K.:1987 .phosphorus forms in some soils of Midwestern Uttar Pradesh –I. Profile distribution and transformation of P. J. Indian Soc .soil Sci . Vol .35: 634-641. Esperianze vigne vini .3 :30-36.

* **SINGLETON G.A** and LAVKULICH L.M. : 1987 phosphorus transformations in a soil chronosequence. Vancouver island, british Columbia. Can . j . Soil Sci. 67 :787-793.

***SOLTNER .D** :1986 les bases de la production végétal. I. le sol. Coll. sciences et techniques agricole s.256p.

* **SOOD R.D** and MINHAS R.S : 1988. organic phosphorus fractions in some soil profiles of humid temperate highland zone of himachal. J. indan Soc. Soi Sci. Vol. 36 : 660-665.

* **STULLU D.G :** 1991. les les mycorhzes des arbres forestiers et des plantes cultivés. Lavoisier, paris.

* **SYERS J.K** et LU RU-KIM : 1989 inorganic reactions influencing phosphorus cycling in soils : cours de chimie du sol. INRA de Nacy : 26p.

* **TRIBOI E. :** 1988 Evolution à long terme d la fertilité phosphatée d'un sol calcaire soumis à l'influence de la fumure minérale ou organique. In phosphore et potassium dans les relations sol-plante : conséquences sur la fertilisation. INRA 241-254.

* **VANDERDEELEN J**. , BOON R . PIOT R., BAERT L., : 1985 phosphorus and balance of lon-term fertilizer trials on two Belgian soils. Pédologie, XXX V-2 : 191-204.

* **VILIAN M. :**1983.la production végétale : Les composantes de la production .Lavoisier Tec .et Doc .Vol .1, 438p.

* **WAGAR B.I** , STEWART J.W.B .and HENRY J.L :1986.comparaison of single large Broadcast and small annual Seed – Placed .phosphorus on chernozemic soil. Can. J. soil Sci.66 :105-119

* **WANN S.** S and UEHARA G. : 1978 surface charge manipulation of constant surface potential soil colloids : i. Relation to sorbed phosphorus. Soil Sci. Soc.Am.J., Vol. 42 : 565-570.

* **YAGODIN D. SC. :** 1985. agri-cultural chemistry. Translated from the Russian by VOPYAN V.G Mir publishers Moscow : 115-365.

* **YANG J.E.** SKOGLEY E.O. GEORGITIS S.J. SCHAFF B.E. and FERGUSON A.H: 1991 a phytoavailability soil test : development and verification of theory. Soil Sci. soc. Am. J. 55 : 1358-1365.

* **YANG J.E.** SKOGLEY E.O. and SCHAFF B.E :1991 b nutrient flux to mixed bed ion exchange serin : temperature effects. Soil Sci. Soc. Am. J .55 :762-767.

* **ZECH W.**, FORSTER J.C. RAKOTOASIMBOLA S., FARDEAU J.C. : 1990 caractérisation par spectrométrie RMN du 31 P , de constituants phosphatés extraits de sols de rizières malgaches. ORSTOM., Vol XXV, N° 3 : 243-251.

* **ZHANGLY M. :** 1991. Caractérisation et bio disponibilité de phosphore de trois types de boues d'épuration urbaines. Thèse INPL Nancy.

*** ZENTNER R.P.,** CAMPBELL C.A. and SELLES F. : 1993. build-up in soil available p and yield response of spring wheat to seed-placed P in a 24-year study in the brown soil zone . can. J . Soil Sci. 73 : 173-181.

Résumé

Il est reconnu qu'en régions méditerranéennes, le phosphore est le facteur limitant de la production après l'eau et l'azote d'une culture saine. Malheureusement, la fertilisation phosphatée est conduite d'une manière empirique, c'est-à-dire sans aucune base technique ou scientifique.

L'objectif de notre travail a été d'étudier la fertilité phosphatée des sols d'une région montagneuse à vocation arboricole, la plaine d'Ichemoul (Aurès), terroir de la culture du pommier.

Selon deux toposéquences, 20 profils de sol ont été creusés et 60 échantillons prélevés pour analyses, physico-chimiques et pour connaître leur fertilité phosphatée (phosphore total, phosphore assimilable et fractionnement du phosphore). Enfin, des teneurs en phosphore foliaire de pommier ont été déterminées.

Il ressort des résultats obtenus que les sols de cette plaine sont de nature alluvial et profonds mais ont des caractéristiques très variables : pH entre 7.4 et 8.9 ; argile entre 18 et 50% ; M.O entre 1.3 et 8.7% ; C/N entre 4 et 16 ; calcaire total entre 2 et 71 % ; calcaire actif entre 0 et 33 % . De même la fertilité phosphatée des sols et très hétérogène, c'est ainsi que le phosphore total varie de 200 à 680 ppm ; le phosphore assimilable varie selon la méthode JORET HEBERT de 44 à 209 ppm et selon la méthode OLSEN de 26 à 243 ppm.

Enfin l'analyse foliaire montre que les teneurs en phosphore oscillent entre 0.44 et 0.97 % par rapport à la matière sèche.

Ce travail, met en outre, en évidence les relations entre le comportement du phosphore dans le sol et dans la plante d'une part et certaines caractéristiques de sol d'autre part.

Or, l'enquête menée sur les vergers de pommier révèle que la fertilisation phosphatée ne prend pas en compte ni les caractéristiques très variables des sols, ni les teneurs des sols en phosphore et elle est conduite d'une manière aléatoire ; l'agriculteur ne connaissant pas la fertilité de ses sols.

Notre travail démontre clairement que pour des raisons économiques et de rentabilité des engrais, il est fortement recommandé d'effectuer des analyses de sol, pour connaître leurs caractéristiques physico-chimiques et leurs teneurs en phosphate afin de piloter la fertilisation des sols de ces vergers et mieux encore de mener des essais de réponse de la culture aux apports d'engrais phosphatés.

الملخص :

من المعروف إن في المناطق التابعة للبحر الأبيض المتوسط يعتبر الفسفور من أهم العناصر المحددة للنمو زيادة عن الماء و الآزوت لزراعة جيدة.

و لكن الخصوبة الفسفورية مسيرة بطريقة عشوائية من الناحية التقنية و العلمية. إن الهدف من عملي هذا هو دراسة الخصوبة الفسفورية لتربة جبلية للأشجار المثمرة بسهل أشمول (الأوراس) لب إنتاج التفاح.

في هذا الإطار قمنا بدراسة المنحدرات من الأعلى إلى الأسفل، 20 مظهر من التربة تم حفرها و اخذ 60 عينة من اجل التحليل المخبرية في ما يخص الجانب الفيزيوكميائي لمعرفة الخصوبة الفسفورية (الفسفور العام، الفسفور القابل للامتصاص و انقسام الفسفور). في الأخير كمية الفسفور الأوراق أشجار التفاح تم ضبطها و نستخلص من هذه النتائج المتوصل إليها أن التربة بهذا السهل من طبيعة طينية وعميقة و لها خصائص جد متعددة pH بين 7.4 و 8.9 : الصلصال ما بين 18 و 50 في المئة و المادة العضوية ما بين 1.3 و 8.7 و العلاقة C/N مابين 4 و 16 : الكلس العام ما بين 2 و 71 في المئة : الكلس النشيط ما بين 0 و 33 في المئة كذالك الخصوبة الفسفورية لتربة غير متجانسة لهدا فإن الفسفور العام يختلف من 200 إلى 680 ppm: الفسفور القابل للامتصاص يختلف من حسب طريقة جوري إبري من 44 إلى 9 ppm و حسب طريقة أولسن من 26 إلى 243 ppm .

أخيرا من خلال التحليل الخاصة بالأوراق تبين كمية الفسفور المتذبذب بين 0.44 و 0.97 في المئة مقارنة بالمادة الناشفة. هذا العمل يدل على أمر يديه للعلاقات ما بين تفاعل الفسفور في التربة و النبات من جهة و بعض خصائص التربة من جهة أخرى. إن التحقيقات التي قمنا بها حول بساتين التفاح أعطت لنا الخصوبة الفسفورية لا تأخذ بالاعتبار الخصائص المتنوعة للتربة ولا كمية الفسفور في التربة و هي تقود إلى طريقة غير معروفة.

الفلاحة لا تعرف مدى خصوبة هذه التربة. عملنا هذا يبين بوضوح أن العامل الاقتصادي و كذالك مردود السماد يتطلب إجراء تحليل التربة لمعرفة الخصائص الفزيوكميائية. وتركيز الفسفور وهذا من أجل تسهيل خصوبة التربة بهذه البساتين و التحكم في التجارب للرد عن التسائلات الزراعة مع عوامل الدعم الخاص بالسماد الفسفوري.