

---

# Influence d'amendements organiques et d'apport de boues sur les propriétés d'un sol cultivé

B. Dridi et C. Toumi

Institut National Agronomique, El Harrach, Alger

## RÉSUMÉ

Les auteurs ont étudié l'influence d'un fumier d'ovins, d'une fumure minérale et de deux boues de stations d'épuration urbaines sur les propriétés d'un sol cultivé. L'expérimentation a été menée sur un sol de texture limono-argileuse portant une culture de vesce-avoine. Les mesures ont porté sur les paramètres physiques, notamment la porosité et sa distribution, les capacités en eau, la conductivité hydraulique et sur les rendements de la culture.

Comparés entre eux, les résultats des divers traitements ont confirmé le rôle prépondérant du fumier tant sur le sol que sur la culture. L'emploi des boues d'épuration a par ailleurs mis en évidence leur intérêt agronomique car il a eu des effets plus favorables que la fumure minérale. Le témoin a donné les résultats les moins intéressants.

## Mots clés

Boues, fumier, propriétés physiques, vesce-avoine.

## SUMMARY

### EFFECT OF SEVERAL ORGANIC AMENDMENT ON PHYSICAL PROPERTIES OF A CULTIVATED SOIL

The present work turn on comparate study of physic properties of a cultivated soil wth vetch/oat mixture, witch treatments been realized on it. Two mud types of purification station, dung of 2 years, a mineral manure PK, a witness. The experimentation had realized on silty-clay soil of the I.N.A. farm. The results obtained had showed that the physic properties values (porosity, K, water potentiel) the most favourable had been evaluated in dung treatment. Comparatively to the witness, the muds had also improved signifiantly this factors. The mineral manure had given a halfway between results. The most high yield was obtained with the dung. It is followed by the fluffy muds, liquid muds than mineral manure. The lowely yield is obtain with witness.

## Key-words

Muds, dung, physical properties, vetch/oat mixture.

## RESUMEN

## INFLUENCIA DE ABONOS ORGÁNICOS Y DE APOORTE DE LODOS SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN SUELO CULTIVADO

Los autores estudiaron la influencia de un estiércol de ovinos, de una fertilización mineral y de dos lodos de estaciones urbanas de depuración sobre las propiedades de un suelo cultivado. La experimentación fue conducida en un suelo de textura limoso-arcillosa que soportaba un cultivo de arveja-avena. Las medidas se hicieron sobre los parámetros físicos, como la porosidad y su distribución, las capacidades en agua, la conductividad hidráulica y sobre los rendimientos del cultivo.

Comparados entre ellos, los resultados de los diversos tratamientos confirmaron el papel predominante del estiércol tanto sobre el suelo que sobre el cultivo. El uso de los lodos de depuración demostró, a parte de eso, su interés agronómico, porque han tenido efectos mas favorables que la fertilización mineral. El testigo dio los resultados los menos interesantes.

Palabras claves

Lodos, estiércol, propiedades físicas, arveja-avena

**A** l'instar des sols méditerranéens, les sols d'Algérie sont généralement caractérisés par leur faible taux de matière organique, conséquence du type de climat qui règne dans nos régions et des systèmes culturaux pratiqués qui ne sont pas favorables à la constitution d'une réserve organique dans le sol.

En parallèle, les très faibles rendements des cultures laissent peu de résidus végétaux aussi bien dans le sol (système racinaire) qu'en surface. Par ailleurs, les apports de fumier qui constituent habituellement l'essentiel de la matière organique sont ici insignifiants. Cela provient notamment du fait que les coûts de revient élevés de la production laitière n'ont pas favorisé jusqu'à ces derniers temps le développement de cette filière. Or dans notre pays, du fait du climat chaud et sec, la réserve hydrique constitue un facteur essentiel de la fertilité. La matière organique des sols peut, dans certaines conditions, contribuer à améliorer la réserve en eau des sols.

Ainsi, les conséquences des faibles teneurs en matière organique peuvent être préjudiciables à leur fertilité à long terme. Il est admis aussi qu'un sol dont le taux de matière organique est bas se compacte facilement et perd de ce fait une partie de sa fertilité physique. Il en est ainsi de sa réserve utile mais aussi de l'aération. Sur le plan chimique et biologique, la matière organique constitue aussi une source énergétique pour les micro-organismes du sol qui la dégradent puis la transforment sous forme minérale assimilable par les plantes (éléments biogènes, oligo-éléments, azote...).

L'apport de matières organiques aux sols a donc globalement des effets très positifs dont le bilan mérite d'être précisé. Ces essais constituent en outre un exemple de valorisation de sous produits organiques provenant des villes.

Dans le but de trouver un substitut à la matière organique d'origine végétale ou animale, de nombreuses recherches sur les boues de stations d'épuration ont été menées à l'étranger. Il s'agit en Algérie d'un sujet tout à fait nouveau qui n'a pas encore vraiment été étudié. Aujourd'hui, quelques stations d'épuration fonctionnent plus ou moins régulièrement et produisent de ce fait d'importantes quantités de boues résiduaires. Ceci n'est d'ailleurs pas sans poser de problèmes de pollution et de stockage (infiltration et contamination de la nappe phréatique, importants volumes solides nécessitant beaucoup d'espaces, problèmes de métaux lourds...).

Dans le présent travail, notre but est de comparer les apports de fumier traditionnel à 2 types de boues de la station de Baraki (El Harrach), une fumure minérale (P, K), et enfin un témoin. Le fumier ovin provient de la ferme expérimentale de l'I.N.A.

Tenant compte du rôle fondamental de l'eau sur le niveau de production des cultures, ce travail a été orienté sur l'étude des effets comparés d'apports organiques sur les propriétés physiques et hydriques d'un sol cultivé en vesce-avoine dans

le cadre d'un assolement triennal de type blé-fourrages-légumes secs.

## MATERIEL ET METHODES

### Matériel

#### Le sol

Le sol est de type fersiallitique. Il possède une texture limono-argileuse dont les caractéristiques sont les suivantes (tableau 1) :

La granulométrie a été réalisée selon la méthode internationale à la pipette de Robinson. Le pH a été mesuré par la méthode électrométrique avec un rapport terre/eau de 2,5. Pour le dosage du carbone, la méthode Anne a été retenue, tandis que l'azote a été mesuré par la méthode Kjeldahl.

Le pH est relativement élevé avec une teneur en matières organiques fortes pour le pays (2,5 %). La granulométrie du sol est équilibrée et sa capacité d'échange de l'ordre de 15 méq. On notera que dans ce type de sol, la C.E.C. mesurée à l'acétate d'ammonium est probablement surestimée.

#### Le climat de l'année de l'expérimentation

En régions chaudes et sèches, le climat joue un rôle déterminant dans la minéralisation de la matière organique. Le climat de l'année 1992-93 s'est avéré moins pluvieux (465 mm) que la moyenne annuelle calculée sur 15 ans (1974- 1989) qui est de 650 mm. Il faut remarquer que le mois de Novembre a été le mois le plus pluvieux (115,1 mm).

#### La culture

Elle est constituée d'une association de vesce-avoine (vesce de Turquie et avoine violette Avon d'Espagne). La den-

Tableau 1 - Les caractéristiques de l'horizon labouré du sol (0-50 cm).

Table 1 - Characteristics of the horizon plowed

Caractéristiques du sol	Résultats
pH (eau)	7,6
M. O. (%)	2,52
N (%)	0,21
Argile %	31,55
Limon %	27,51
Sables %	36,54
S (meq/100 g)	14,80
T (meq/100 g)	21
S/T (%)	76,88

sité de semis est de 120 Kg/ha avec un rapport de 60 % de vesce et 40 % d'avoine. Compte tenu de la superficie des parcelles élémentaires, le semis a été réalisé à la volée le 21-11-92. Le cycle végétatif correspond à la période d'Hiver à Printemps. Le précédent cultural a été un blé.

#### Les boues et le fumier

Les boues utilisées dans notre essai proviennent de la station d'épuration de Baraki qui traite les eaux usées de l'Oued El Harrach. Dans ce cours d'eau, se déversent les rejets domestiques et industriels de l'agglomération d'El Harrach et de ses environs. Des résultats analytiques sont donnés au tableau 2. Ils représentent cependant des boues à un moment donné de l'année car leur composition peut changer au cours du temps (pluviométrie, intensité de l'activité industrielle...). Les échantillons dont il est fait référence ont été récoltés au mois d'octobre 1992.

Nous voyons que les pH sont légèrement alcalins et que les états initiaux sont très différents. Les boues liquides séchées s'apparentent dans leur contenu en M.S. au fumier alors que les boues floclées sont beaucoup plus fluides. Les teneurs en  $P_2O_5$  et N sont en faveur des boues et leur C/N indique que les matières organiques sont beaucoup plus biodégradables que le fumier. L'absence de cellulose provenant des pailles dans les boues en est la cause. Les boues s'apparentent donc plus à des lisiers qu'au fumier.

## LE DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Cinq traitements ont été retenus pour cette expérimentation. Ils sont basés sur un apport de M.S. identique :

T0 : témoin, aucun apport,

T1 : boues floclées au chlorure ferrique à la dose de 20 tonnes de matières sèches/ha

T2 : boues liquides, digérées, à la dose de 20 tonnes de matières sèches/ha

T3 : fumier ovin de 2 ans à la dose de 20 tonnes de matières sèches/ha

T4 : fumure minérale correspondant à 60 kg de  $P_2O_5$  et 30 kg de  $K_2SO_4$ /ha

Chaque traitement a été répété 5 fois sur les parcelles élémentaires de 6 m<sup>2</sup> (3x2). L'ensemble a été disposé en 5 blocs de 5 parcelles distribuées de manière aléatoire à partir d'une table statistique (Dagnelie, 1975). La surface totale utilisée a été de 342 m<sup>2</sup>. Des marges de garde, larges de 1 à 2 m ont été aménagées afin de limiter les effets de bordure.

Afin de suivre l'effet des traitements, la masse volumique du sol sec a été mesurée in-situ avec la méthode au cylindre (100 cm<sup>3</sup>). Les capacités en eau ont été effectuées sur des échantillons non remaniés au moyen d'anneaux. Les prélèvements ont été réalisés à la fin des 5 traitements. On les a portés à un potentiel de l'eau (pF) de 0; 1,6 (40 cm d'une colonne d'eau); 1,9 (80 cm); 2,2 (160 cm); 2,5 (330 cm); 2,7 (500 cm); 4,2 (16000 cm). Après 24 heures sous pression, l'humidité du sol aux différents potentiels a été mesurée par gravimétrie. Les échantillons sont placés à l'étuve à 105° jusqu'à poids constant (24 h). Chaque mesure a fait l'objet de 3 répétitions.

## RÉSULTATS

### La masse volumique du sol sec

La masse volumique du sol sec traduit globalement l'état de compaction du matériau et indirectement, la porosité totale. Lorsqu'elle est élevée, le sol ne contient pas les pores nécessaires à la croissance des racines, les capacités en eau sont réduites et la circulation des fluides ralentie (drainage, échanges gazeux).

Le tableau 3 montre que le fumier donne la densité apparente la plus faible suivi de la fumure minérale, des boues floclées et liquides. Avec une valeur de 1.54, le témoin montre en effet, à contrario, que les boues ont, au même titre que le fumier, une action de structuration, mais cependant sensiblement moins prononcée.

Tableau 2 - Composition chimique des substrats organiques par rapport à l'extrait sec (Bazi, 1992)

Table 2 - Chemical arrangement of the substract organic as compared to the dry extract

Substrats	Boues floclées	Boues liquides	Fumier
pH	7,79	7,56	6,79
M. S ( %)	9,29	48,51	50,13
Cendres M. S (%)	56,24	67,86	34,00
Carbone organ. Total (%)	21,53	16,07	53,00
$P_2O_5$ (%)	3,09	2,20	1,10
N (%)	2,28	1,61	1,12
C/N	9,44	10,00	29,46

## Les capacités de rétention en eau

Les mesures de rétention en eau à différents pF indiquent que les capacités de rétention sont élevées. Les traitements appliqués ont amélioré cette importante propriété (tableau 4).

Globalement, on remarque que les boues ont donné les meilleurs résultats suivies du fumier jusqu'à pF 1,9, puis par les boues solides jusqu'à pF 2,5, mais avec un très faible écart par rapport à la fumure minérale.

L'observation des résultats indique des écarts élevés à faibles pressions, ils se réduisent à mesure que les pF augmentent (figure 1). Cette évolution traduit l'effet favorable des amendements apportés sur la structure du sol.

L'analyse statistique (tableau. 5) montre que les boues liquides (T2) se classent toujours en première position sauf à pF 4,2. Le fumier forme le dernier groupe homogène à pF 2,2 et 2,5, il traduit sa faible influence à ce niveau d'énergie.

## Distribution de la porosité

La porosité totale, moyenne à bonne pour l'ensemble des traitements (44,40 % à 46,80 %) à l'exception du témoin (38,40 %), a été répartie en 3 catégories de pores par application de la loi de Jurin (tableau 6).

En effet, la porosité totale est seulement indicative de l'état physique du sol, par contre, la connaissance de sa distribution en énergie et en diamètres équivalents renseigne mieux sur son fonctionnement. Il faut toutefois préciser que cette distribution est susceptible d'évolution au cours du temps en fonction du taux d'humidité (Pagliari, 1982).

Trois groupes de pores ont été retenus selon leur taille en fonction de la texture du sol et des valeurs de pF cor-

respondant à la capacité de rétention en eau :

Macropores :  $> 19 \mu\text{m}$  ( $< \text{pF } 2,2$ )

Mésopores :  $6 \mu\text{m} < d < 19 \mu\text{m}$  (pF compris entre 2,7 et 2,2)

Micropores :  $< 6 \mu\text{m}$  ( $< \text{pF } 2,7$ )

L'analyse du tableau 6 montre la prédominance des macropores dans les traitements fumier (45,68 %) et boues floculées (33,14 %), et à l'inverse, celle des micropores dans le témoin (76 %).

Ainsi, il est mis en évidence que les substrats organiques utilisés dans les différents traitements ont favorisé la formation des macropores. La fumure minérale a également modifié la distribution de la porosité en raison certainement de l'importance de la biomasse aérienne qui a protégé

Figure 1 - Courbes pF

Figure 1 - Curves pF

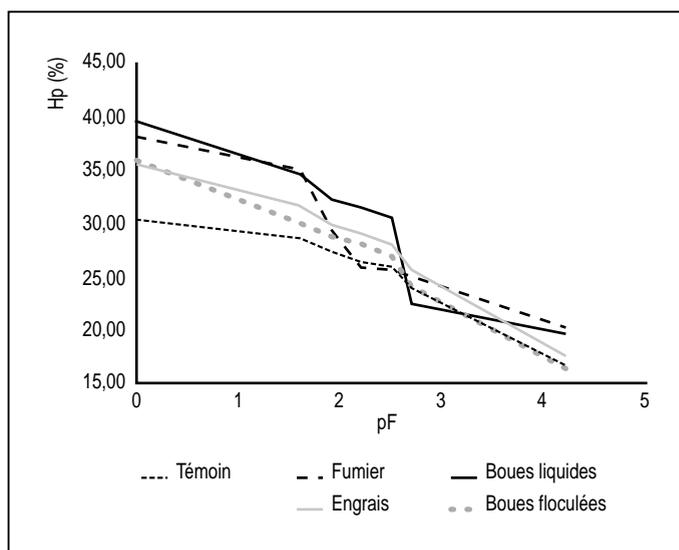


Tableau 3 - La masse volumique moyenne du sol sec.

Table 3 - The weight volumique of the dry ground

Traitements	Témoin	Boues floculées	Boues liquides	Fumier	Engrais
Masse volumique g/cm <sup>3</sup>	1,54	1,39	1,42	1,33	1,36

Tableau 4 - Les capacités de rétention en eau des différents traitements (humidité pondérale %).

Table 4 - Abilities of retaining in water of the different treatments (weight humidity)

pF Traitements	0	1,6	1,9	2,2	2,5	2,7	4,2
Témoin	30,40	28,84	27,66	27,43	26,80	24,30	16,50
Boues floculées	35,96	30,22	29,04	28,42	27,15	24,50	17,00
Boues liquides	39,85	34,87	32,60	31,69	30,70	23,00	20,00
Fumier	38,35	35,34	29,60	26,17	25,72	24,50	20,00
Engrais	35,63	31,80	30,0	29,32	28,62	26,00	18,00

Tableau 5 - Résultats de l'analyse statistique

Table 5 - Results of the statistical analysis

Variabes (pF)	Analyse de variance Niveau de signification (P = 0,95)	Test de Newman et Keuls Groupes homogènes 1,6
1,6	T.H.S	(T2 T3) (T4) (T1) (T0)
1,9	S	(T2) (T3 T4) (T1) (T0)
2,2	T.H.S	(T2) (T4 T1 T0) (T3)
2,5	H. S	(T2) (T4 T1 T0) (T3)
2,7	H. S	(T2) (T4) (T3 T1 T0)
4,2	T.H.S	(T3 T2) (T4 T1) (T0)

Tableau 6 - La porosité totale et sa distribution (%)

Table 6 - The total porosity and its distribution (%)

Porosité et types de pores				
Traitements	Porosité totale	Macropores	Mésopores	Micropores
Témoin	38,40	18,35	5,65	76,00
Boues floculées	44,40	26,19	9,98	63,83
Boues liquides	43,20	33,14	8,69	58,17
Fumier	46,80	45,68	20,25	34,07
Engrais	45,60	26,56	6,52	66,92

le sol contre l'impact des pluies et du système racinaire plus dense qui a contribué à améliorer la structure du sol (Bui Hui Tri et Monnier 1973). Notons enfin que les mésopores sont les mieux représentés dans le traitement fumier. Globalement donc, on observe que l'étagement des 3 classes de pores y est le plus régulier.

Une différence très hautement significative entre les différents traitements en ce qui concerne la macroporosité et la microporosité a été observée. Ainsi, 5 groupes homogènes de macropores ont été dégagés représentant les 5 traitements testés. Ils ont donné l'ordre suivant :

Fumier > Boues liquides > boues floculées > Engrais > Témoin.

La microporosité a permis la formation de 4 groupes homogènes correspondant aux traitements suivants :

Témoin > Engrais, Boues floculées > Boues liquides > Fumier.

## La réserve en eau utile

Tableau 7 - La réserve utile des différents traitements.

Table 7 - The useful protest in writing of the different treatments

Traitements	Témoin	Boues floculées	Boues liquides	Fumier	Engrais
Réserve Utile (mm)	57,01	55,13	63,34	59,21	56,30

La réserve en eau utile est la quantité d'eau que peuvent extraire les végétaux.

Elle est calculée par la différence entre les pF 1,6 et 4,2. La profondeur du sol a été estimée à 30 cm car contenant l'essentiel du système racinaire de la culture. Les résultats du tableau 7 montrent que l'apport de boues est très positif sur cette propriété (63,34 mm), l'incorporation du fumier donne également une réserve en eau importante (59,21 mm). Cependant, la forte microporosité du sol du témoin lui permet de retenir plus d'eau que les traitements boues floculées et fumure minérale, sa structure n'ayant pas été améliorée.

L'analyse statistique a déterminé 4 groupes homogènes classés comme suit :

Boues liquides > Fumier > Engrais, Témoin > Boues floculées.

## La conductivité hydraulique in situ

Les résultats obtenus (tableau. 8) viennent conforter ceux observés pour la distribution de la porosité. En effet, le classe-

Tableau 8 - La conductivité hydraulique (cm/h)

Table 8 - The hydraulic conductivity (cm/h)

Traitements	Témoin	Boues floculées	Boues liquides	Fumier	Engrais
K (cm/h)	1,45	2,25	2,71	3,56	2,17

ment des traitements selon la macroporosité est identique à celui de la conductivité hydraulique. Ainsi, nous confirmons que la porosité totale n'est pas suffisante pour comprendre le fonctionnement du sol, mais c'est plutôt sa distribution volumique qui est déterminante (Pagliai, 1982, 1983).

Cependant, on peut ajouter sans plus de précision qu'en plus du diamètre des pores qui intervient notamment dans le drainage des eaux excédentaires et les échanges gazeux, il faut tenir compte d'autres caractéristiques de la porosité comme la forme (ronds, irréguliers, plats) et l'orientation des pores (horizontaux, intermédiaires, verticaux).

L'analyse statistique met en évidence 4 groupes homogènes de pores :

Fumier > Boues liquides > boues floculées, Engrais > Témoin

### Les rendements des cultures

Techniquement il n'est possible d'étudier les facteurs de fertilité qu'isolés les uns des autres ; cependant ils constituent une base d'évaluation des potentialités du sol.

En pratique, c'est le rendement d'une culture qui constitue la résultante de l'ensemble des interactions (physique, chimique, biologique) ayant pour siège le sol.

Les rendements en matières sèches obtenus varient de 19,95 q/ha pour le témoin à 29,86 q/ha pour le fumier (tableau 9), la moyenne nationale de l'année ayant été de 20 q/ha.

Le meilleur rendement est donc obtenu avec le fumier (29,86 q/ha), suivi respectivement par les boues floculées (27,45 q/ha) puis liquides (24,36 q/ha). Le rendement le plus faible est observé avec le témoin (19,95 q/ha). Les performances obtenues avec les amendements organiques sont les conséquences favorables tant sur le plan physique que sur celui chimique. La comparaison des moyennes deux à deux a montré des différences significatives de rendements entre le témoin et chacun des autres traitements.

Tableau 9 - Les rendements de la culture

Table 9 - Yields of the cultivation

Traitements	Témoin	Boues floculées	Boues liquides	Fumier	Engrais
Rendement q/ha	19,95	27,45	24,36	29,86	22,74

### CONCLUSION

Les résultats obtenus cette année et portant sur les propriétés physiques et hydriques ainsi que sur les rendements sont comparables à ceux de l'année 1992- 1993 (Zerrouk, 1993). Ils sont encourageants et ouvrent la voie vers la poursuite et l'approfondissement de ces premières expériences. En effet, des différences positives en faveur des boues ont été mises en évidence, et ce malgré le faible niveau des doses appliquées. Le fumier occupant la meilleure position demeure une fumure organique de référence.

Si l'apport de boues et de fumier ne changent pas de façon déterminante la réserve en eau, il est clair qu'il a un effet direct sur la stabilité physique car les porosités sont plus augmentées que les réserves en eau. En conséquence, les apports permettent au sol d'avoir plus de macropores. Nous déduisons que la plante développe son système racinaire et peut probablement mieux explorer le sol et utiliser les éléments fertilisants dont elle a besoin.

L'effet sur la production est indirect. Cependant, il faut souligner certaines réserves ayant trait aux limites d'utilisation d'effluents ménagers et industriels. Se posent des aspects sanitaires notamment vis à vis de la culture à mettre en place et des manipulations lors de leur épandage. Par ailleurs, la présence de métaux lourds doit également inciter à la prudence afin d'éviter la pollution du sol et de la nappe phréatique.

Ce sont finalement des expérimentations avec une approche pluridisciplinaire qui doivent être retenues afin d'aboutir à des résultats complets et reflétant au moins deux rotations triennales.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bahri A., Houmane B., 1987 - Effet de l'épandage des eaux usées traitées et boues résiduaires sur les caractéristiques d'un sol sableux de Tunisie. *Science du sol*. 1987. Vol 25/4, pp. 267-287
- Bazi M., 1992 - Valorisation agricole des boues de station d'épuration : incidences sur quelques propriétés chimiques du sol. Thèse. Ing. Agro. I.N.A., El Harrach, 50 p.
- Bui Hui Tri, Monnier G., 1973 - Etude quantitative de la granulation des sols sous prairie de graminées. *Ann. Agro*. Vol. 24. n°4.
- Chrétien J, Tessier D., 1988 - Influence du squelette sur les propriétés des sols : hydratation, gonflement et aération. *Science du sol*. 26 (4), pp 255-268.
- Chrétien J., 1986b - Rôle du squelette dans l'organisation des sols. Conséquences sur les caractéristiques de l'espace poral sur arène et terrasse fluviatile. Thèse d'Etat. Dijon, 412 p.
- Dagnélie P., 1975 - Analyse statistique à plusieurs variables. Vauder, 362 p. Bruxelles.
- Pagliai M., Séqui P., 1982 - The influence of animal slurries on soil physical properties. *institutio sperimentale agronomico*. n°14, Bari., pp. 44-66.
- Pagliai M., et Bisbom E.B.A. and Ledin N, 1983 - Changes in surface structure (Crusting) after application of sewage sludge and pig slurry to cultivated agricultural soils in northern Italy. *Geoderma* 30. pp. 35-53.
- Tessier D., 1980 - Etude expérimentale des matériaux argileux. Hydratation, gonflement et structuration au cours de la dessiccation et de la réhumectation. Thèse d'Etat. Paris XII. 361 p.
- Zerrouk F., 1993 - Valorisation agricole des boues de station d'épuration : Incidence sur quelques propriétés physiques d'un sol cultivé. Thèse Ing. Agro. I.N.A. El Harrach, 62 p.