

**INFLUENCE DES OLIGO-ÉLÉMENTS  
SUR LA PRODUCTION DE MATIÈRE SÈCHE  
L'ASPECT MORPHOLOGIQUE ET LE DÉVELOPPEMENT  
DU BLÉ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)**

par **Fouad Abo (\*)** et **Maurice Pinta (\*)**

(Note présentée par **M. G. Aubert**)

RÉSUMÉ

Le but de ce travail est d'étudier l'influence de l'apport ou non à des doses habituelles ou en excès d'oligo-éléments, sur la production de matière sèche et l'aspect extérieur du blé.

On discute la relation existant entre la concentration en bore, manganèse, zinc, cuivre et fer, dans le milieu et les différents organes du blé et, en particulier, la baisse de production et les symptômes visuels. On a mis en évidence la sensibilité à la carence ou à la toxicité en cuivre de cette plante. On a étudié également le comportement morphologique d'ensemble des plants de blé pendant la période des essais.

SUMMARY

*The aim of this paper was to determine the effect of micronutrients (B, Mn, Cu, Zn, Fe) on dry matter yields of wheat when these elements were added to the culture solution in different concentrations.*

*The growth pattern of wheat differs during the experiment time even with the same concentration of the same micronutrient, only after the first week the differences on the development had clearly appeared and specially when micronutrients are non added in the nutrient solution.*

*The relation between deficiency or toxicity and micronutrient concentration in the different parts of plant and in the nutrient solution is discussed.*

*The wheat sensitivity to copper toxicity or deficiency is demonstrated.*

1. — INTRODUCTION

Ces dernières années, les chercheurs ont été de plus en plus nombreux à s'intéresser aux problèmes des éléments traces en agronomie.

Les oligo-éléments, comme les autres éléments, sont stockés dans les sols sous différentes formes.

O.R.S.T.O.M.

(\*) O.R.S.T.O.M., Laboratoire de Spectrographie 93140 Bondy

Font

N° : 2173

Cote B

Date : 29 DEC. 1982

Les fractions solubles ou celles qui peuvent être mobilisées sont les seules à intervenir dans le cycle biologique et, en conséquence, à pouvoir agir sur le développement et la production des plantes.

Aussi a-t-on cherché à établir un système de diagnostic de ce que l'on appelle aujourd'hui les « subcarences » ou parallèlement les « prétoxicités » fondé, en plus des analyses chimiques du sol, sur la morphologie, l'analyse foliaire et des tests généraux des plantes (Goodall et al., 1947; Chaminade, 1964; Chapman, 1966; Cottenie, 1979).

Nous avons étudié cinq oligo-éléments qui sont indispensables à la plante (B, Mn, Zn, Cu, Fe). Si ces oligo-éléments ne se trouvent pas en quantités assimilables suffisantes, des carences surviennent et réduisent la production jusqu'à l'anihiler complètement au stade ultime; les tissus des plantes doivent donc renfermer une concentration suffisante en oligo-éléments afin que soit assuré un développement optimal.

Nous avons étudié l'effet de ces oligo-éléments sur la production de matière sèche en recherchant s'il existe toujours une relation entre les symptômes visuels et la baisse de cette production.

Nous nous proposons d'en étudier les effets sur la production

— réactifs « Suprapur » dans toutes les étapes de l'essai et des analyses.

Trois essais ont été effectués. Les deux premiers sont identiques et comportent deux séries de culture, sans et avec ajout d'oligo-éléments à des doses habituellement utilisées, chaque traitement comportant neuf répétitions. Le troisième essai est fait à partir de doses différentes d'oligo-éléments (6 traitements de 8 répétitions : dans chaque traitement, la concentration d'un des 5 oligo-éléments étudié est augmentée 5 fois).

Pour l'analyse, nous avons utilisé les méthodes physico-chimiques : spectrométrie d'absorption atomique en flamme pour les éléments majeurs, voie électrothermique pour Mn, Zn et Cu, et spectrométrie d'absorption moléculaire pour B et Fe.

Les solutions nutritives, avant et après utilisation, sont analysées.

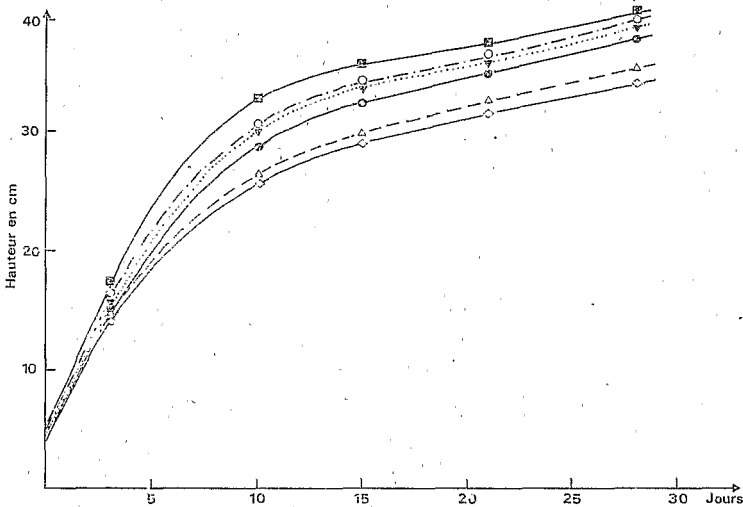


FIG. 1. — Développement des hauteurs des plantes cultivées en différents milieux nutritifs « troisième essai »

■ Solution nutritive complète.

directement. Les échantillons de plantes sont pesés après avoir été séchés à 70 °C pendant 48 h, puis calcinés dans un four à moufle en silice avec élévation progressive de la température jusqu'à 450 °C; enfin, ils sont mis en solution par de l'acide nitrique concentré (Abo, 1980).

### 3. — RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. — *Influence des doses d'oligo-éléments sur l'aspect morphologique et le développement du blé.*

Nos essais de culture de blé sur solutions nutritives ayant des concentrations variables en oligo-éléments, montrent l'effet de ces éléments sur l'aspect extérieur des plantes lorsqu'ils sont, ou non, ajoutés aux solutions. Pour les deux premiers essais, nous observons que le blé a un développement semblable pendant la première semaine, puis le développement et la croissance commencent à différer : les plants de blé se développent davantage dans la solution avec oligo-éléments; ils atteignent une hauteur plus grande que dans le traitement sans oligo-éléments (34,2 cm contre 27,8 cm); en outre, en présence d'oligo-éléments, les plantes gardent un aspect sain et normal alors que, dans le cas où ils ne sont pas ajoutés, la croissance des plantes est inhibée. Ainsi, nous avons trouvé que le blé est sensible à une déficience en cuivre car il présente des symptômes de carence qui se traduisent par une décoloration jusqu'à une teinte blanche; ce phénomène a déjà été constaté par plusieurs auteurs (Smilde et al., 1967; Coppenet, 1968). D'après la littérature, la concentration du cuivre dans les chloroplastes est relativement élevée et nous pensons que la décoloration constatée dans cette étude peut être due à la carence en cuivre des chloroplastes.

En outre, Brown et al. (1977) ont montré que la différence entre les hauteurs des plants de blé cultivés en milieu nutritif sans cuivre et ceux cultivés en milieu contenant suffisamment de cuivre ne dépasse pas 3,6 cm pendant les 23 premiers jours de l'essai.

D'autre part, la sensibilité du blé à l'excès en cuivre (0,1 µgCu/ml de solution nutritive) mise en évidence dans nos résultats du troisième essai, a été déjà étudiée et considérée par Smilde et al. (1967) comme un exemple représentatif.

En 1950, Burström avait remarqué que les racines de diverses plantes dont le blé, ne se développaient pas régulièrement en milieu déficient en manganèse; dans nos deux premiers essais, nous avons pu constater ce phénomène sur les racines de blé. D'après Steward (1963), l'effet visible de la carence en manganèse est plus

diversifié que celui de plusieurs autres oligo-éléments. Il apparaît sur les premières feuilles comme nous l'avons observé. Cependant, certains auteurs ont trouvé que ces symptômes se manifestent, non par des taches brunes longitudinales comme nous le constatons, mais par des rayures blanches nécrotiques entre les nervures de la feuille (Wallace, 1961), ou par une chlorose entre ces nervures (Hennan et al., 1981). Mais, sachant que la carence en manganèse sensibilise les plantes aux infections bactériennes (Heller, 1977), nous ne pouvons pas affirmer que ces symptômes ne proviennent pas d'infections bactériennes. Par contre, nos résultats montrent que le blé ne paraît pas sensible à l'excès de manganèse.

Le rôle du bore, remarqué dans ce travail, sur les apex des organes, et en particulier sur ceux des feuilles, est lié au fait que le bore est associé à l'activité méristématique et à la division cellulaire (Sillanpaa, 1972), à la respiration, à la croissance et à la maturation (Bonilla et al., 1980). Les différentes études sur les organes (apex, racines, tissus vasculaires des feuilles...), où l'activité métabolique et méristématique est intensive, ont bien mis son influence en évidence. Comme Hewitt (1963), nous constatons une tendance du bore à s'accumuler dans les tissus mûrs (65,8 ppm dans les racines et 114 ppm dans les premières feuilles contre 33,4 ppm dans les jeunes feuilles), ce qui fait que les apex sont déficients en bore; nous pensons que cette déficience se manifeste par des troubles dans le fonctionnement des méristèmes et dans la différenciation des organes. Nous avons constaté une corrélation entre la toxicité en bore et l'apparition sur les feuilles de petites taches nécrotiques jaunâtres tout au long de la nervure principale.

Bien que Nambiar (1976) ait signalé un effet toxique du zinc sur le blé, nous ne trouvons aucun symptôme visuel de toxicité; nous relierons cela au fait que le zinc s'accumule dans les racines, ce qui réduit sa migration vers les parties aériennes comme nous avons pu le constater.

Nous avons trouvé 89,5 ppm dans les racines en cas d'excès en zinc contre 50,2 ppm dans les premières feuilles; par contre, nous n'avons pas trouvé cette accumulation en cas de déficience en zinc (17,6 ppm dans les racines contre 18,5 ppm dans les feuilles). Enfin, dans le cas des taux habituellement utilisés (0,05  $\mu\text{g/ml}$  de solution), nous trouvons 33,4 et 32,6 ppm.

### 3.2. — *Influence des oligo-éléments sur la production de matière végétale.*

Malgré la courte période de nos essais (4 semaines), pour les deux premiers nous avons pu constater, dans la production de matière

sèche, une baisse égale respectivement à 8,4 % et 8,6 % lorsque les plantes sont cultivées sans apport d'oligo-éléments (tabl. 1).

TABLEAU 1

POIDS DE MATIÈRE SÈCHE (en mg) PAR TRAITEMENT  
PREMIER ESSAI

TRAITEMENT	SOLUTION NUTRITIVE SANS APPORT D'OLIGO-ÉLÉMENTS		SOLUTION NUTRITIVE AVEC APPORT D'OLIGO-ÉLÉMENTS	
	Première répétition	Deuxième répétition	Première répétition	Deuxième répétition
Feuilles . . . . .	204	210	215	233
Gaines . . . . .	87	80	99	90
Racines . . . . .	164	161	175	171
Graines . . . . .	83	81	89	88
Poids total . . . . .	538	532	578	582

TABLEAU 2

POIDS DE MATIÈRE SÈCHE (en mg) PAR TRAITEMENT  
TROISIÈME ESSAI

MILIEU NUTRI- TIF  ORGANE DE LA PLANTE	S.N.C. (*)	S.N.C. + B × 5	S.N.C. + Zn × 5	S.N.C. + Cu × 5	S.N.C. + Fe × 3	S.N.C. + Mn × 5
	Première feuille . .	33	35	39	39	32
Feuilles . . . . .	337	324	325	287	301	317
Racines . . . . .	95	97	97	115	99	95
Graines . . . . .	68	72	55	68	70	73
Poids total . . . . .	533	526	516	509	502	515
% . . . . .	—	—1,33	—3,8	—4,50	—5,82	—3,50

(\*) S.N.C. : Solution nutritive complète (avec apport d'oligo-éléments).

de cet élément; d'autre part, nos résultats vont dans le même sens que ceux trouvés par Benac (1976) en ce qui concerne la migration très importante du manganèse vers les feuilles pour s'y accumuler.

Le zinc est plus important pour la floraison et la production des graines, et l'augmentation de sa concentration (de 0,05 à 0,15 ppm),

dans la solution nutritive, diminue légèrement la production de matière sèche du trèfle (Riceman et al., 1958). De même, nous avons trouvé un résultat analogue dans le cas du blé; cette diminution de production est de 3,3 % quand la concentration augmente de 0,05 à 0,25  $\mu\text{g/ml}$  dans la solution. Saedbhatti et al. (1977) ont trouvé qu'une concentration élevée en zinc, en milieu non salé, diminue légèrement la production de matière sèche du maïs, mais que l'absence de zinc fait baisser davantage cette production.

#### 4. — CONCLUSION

Les essais de culture du blé sur solution nutritive, avec apports ou non de doses différentes en oligo-éléments, ont montré que le blé se développe de la même façon, dans tous les traitements, pendant la première semaine; puis, à partir de la deuxième semaine, la hauteur des plantes accuse une diminution très nette. Le développement de la plante est inhibé au cours de la quatrième semaine lorsqu'il n'y a pas d'apport d'oligo-élément.

Le blé se montre sensible à la fois à la déficience et à l'excès en cuivre. La carence en manganèse atteint les racines tandis que les parties aériennes ne montrent pas de symptôme visuel.

La déficience en bore affecte les apex. Pour une concentration de 0,25  $\mu\text{g/ml}$ , dans le milieu nutritif, le zinc s'accumule dans les racines et à cette concentration nous n'avons remarqué aucun symptôme de toxicité, contrairement à certains auteurs.

Sans apport d'oligo-éléments, la production de matière sèche est considérablement diminuée. En cas d'excès, cette diminution varie d'un oligo-élément à l'autre, selon leur rôle dans la plante; elle varie aussi d'un organe à l'autre.

Ainsi la baisse totale la plus importante a été notée en cas d'excès en fer et en cuivre; par contre, pour les feuilles seules, l'excès en manganèse a le plus d'influence.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABO (F.), 1980. — Contribution à l'étude de l'assimilabilité des oligo-éléments par le blé (*Triticum aestivum* (L.)). Thèse de Docteur-Ingénieur, Université Paris VII, 169 p.
- BENAC (R.), 1976. — Comportement à l'égard de différentes concentrations du manganèse dans le milieu d'une espèce sensible (*Arachis hypogea* L.) et d'une espèce tolérante (*Zea mays* L.). *Cahier O.R.S.T.O.M.*, sér. Biol., 11 (1), 43-51.



- BONILLA (C.), CADAHIA (C.), CARPENA (O.) et al., 1980. — Effect of boron on nitrogen metabolism and sugar levels of sugar beet. *Plant and Soil*, **57**, 3-9.
- BROWN (J. C.), CLARK (R. B.), 1977. — Copper as essential to wheat reproduction. *Plant and Soil*, **48**, 509-523.
- BURSTRÖM (H.), 1950. — The action of manganese on roots. In Trace Elements in plant physiology. Ed. Chronica-Botanica Company, 77-84.
- CHAMINADE (R.), 1964. — Étude des carences minérales du sol par l'expérimentation en petits vases de végétation. *Sci. Sol.*, **2**, 157-167.
- CHAPMAN (H. D.), 1966. — Diagnostic criteria for plants and soils. Univ. Calif. Berkely, Agric. Publ., 210 p.
- COÏC (Y.), LESSAINT (C.), 1975. — La nutrition minérale et en eau des plantes en horticulture avancée. Le document technique de la S.C.P.A., **23**, 22 p.
- COPPENET (M.), 1968. — Les oligo-éléments. La fertilité du sol et la nutrition des plantes. Coll. Franco-Roumain, Bucarest, 119-134.
- COTTENIE (A.), 1979. — Essential and no essential trace elements in the system: soil-water-plant. Lab. Anal. Agrochem., State Univ. Ghent, Belgium, 75 p.
- EHLIG (C. F.), 1960. — Effects of salinity on four varieties of table grapes grown in sand culture. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **76**, 323-350.
- GOODALL (D. W.), GREGORY (F. G.), 1947. — Chemical composition of plants as an index of their nutrition status. *Imper. Bur. Hort. Plant crops*, East Malling, Tech. Comm., **17**, 1675 p.
- GOODALL (D. W.), GREGORY (F. G.), 1947. — Chemical composition of plants as an index of their nutrition status. *Imper. Bur. Hort. Plant crops*, East Malling, Tech. Comm., **17**, 1675 p.
- HELLER (R.), 1977. — Physiologie végétale. Tome 1. Nutrition. Masson, Paris, 244 p.
- HENNAN (D. P.), CAMPBELL (L. C.), 1981. — Influence of potassium and manganese on growth and uptake of magnesium by soybeans (*Glycine max* (L.) Merr. cv. Bragg). *Plant and Soil*, **61**, 447-456.
- HEWITT (E. J.), 1952. — Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. C.A.B. England, 241 p.
- HEWITT (E. J.), 1963. — The essential nutrients elements: requirement and interactions in plants; "Plant physiology", VIII : Inorganic nutrition of plants. Ed. Steward Acad. Press, New York and London, 811 p.
- NAMBIAR (E. K. S.), 1976. — Relationships between root growth and the uptake of micronutrients by plants with special reference to inter and intra-specific root mixing. 4<sup>e</sup> Coll. Internation. sur le Contrôle de l'Alimentation des Plantes Cultivées. Éd. Cottenié (A.), B 9000 Gent, **1**, 553-562.
- OERTLI (J. J.), KOHL (H. C.), 1961. — Some considerations about the tolerance of various plant species to excessive supplies of boron. *Soil Sci.*, **92**, 243-247.
- RICEMAN (D. S.), JONES (G. B.), 1958. — Distribution of zinc and copper content of sandy soil on growth of citrus seedling. *Soil Sci.*, **75**, 219-224.
- SAEDBHATTI (S.), SARWAN (G.), 1977. — Response of corn to micronutrients (Zn and Cu) on a saline soil. I. Growth and ionic relationships. *Plant and Soil*, **48**, 719-724.
- SCOTT (E. G.), 1960. — Effect of supra-optimal boron levels on respiration and carbohydrate metabolism of *Helianthus annuus*. *Plant Physiol.*, **35**, 653-661.
- SILLANPAA (M.), 1972. — Trace elements in soils and agriculture. *Soil Bul.*, **17**, F.A.O., Rome, 67 p.
- SMILDE (K. W.), HENKENS (C. H.), 1967. — Sensitivity of copper deficiency of different cereals and strains of cereals. *Neth. J. Agric. Sci.*, **15**, 249-258.
- STEWART (F. C.), 1963. — Plant physiology. III. Inorganic nutrition of plants. Acad. Press, New York and London, 811 p.

VAN EGMOND (F.), AKTAS (M.), 1977. — Iron nutritional aspect of the ionic balance of plants. *Plant and Soil*, 48, 685-703.

WALLACE (T.), 1961. — The diagnosis of mineral deficiencies in plants (A colour atlas and guide, 312 planches). 3rd Ed. H. M. Stationary Office, Londres, 108 p.

**M. le Président.** — Je remercie M. Aubert pour la présentation de ce travail.

Il faut du courage pour s'attacher à ces questions qui ont déjà fait l'objet d'un nombre considérable d'études. On doit noter l'importance du stade de la vie de la plante auquel ces expériences ont été faites; celles-ci ont été en effet de courte durée et auraient pu donner des résultats différents à un autre stade.

---

---

Imprimerie Alençonnaise  
B.P. 57 - 61002 - Alençon

---

Dépôt légal : 2<sup>e</sup> trimestre 1982  
Numéro d'ordre : 98.054  
C. P. P. P. : 23.579

---

---