

Etude des relations entre différentes variables du milieu et l'absorption de quelques oligoéléments par la betterave sucrière.

Par les étudiants de l'I.N.A. d'El Harrach (1969-1973) sous la direction de HADJ-MILOUD Djilali - A.P. CONESA - M. ROUX - P. BAILLON - G. LEMAIRE - C. MAGINIEAU.

En collaboration avec les Commissariat de mise en valeur du Haut Chelif.

Les résultats que nous vous présentons ont été obtenus en collaboration par l'Institut National Agronomique d'El Harrach et le Commissariat de Mise en Valeur du Haut Chelif. Ils ne constituent qu'une partie d'une étude intégrée plus large qui se proposait de mettre en lumière les différents facteurs du milieu qui limitaient la production de la betterave à sucre sur le périmètre en 1970 - 1971.

La démarche que nous avons adoptée apparente notre travail à l'écophysiologie puisque nous avons tenté de mettre en lumière l'ensemble des relations entre les populations de betteraves cultivées et les facteurs biotiques ou édaphiques.

I — METHODE

I — *Les variables étudiées*

Pour ne pas alourdir notre exposé nous nous limiterons aux grandes lignes de la méthode suivie. Le rapport « Etude intégrée de la betterave sur le périmètre du Haut Chelif » éditée par l'I.N.A. expose de façon détaillée ce travail.

L'étude a porté sur 95 stations d'une surface de 14,2 m² réparties sur l'ensemble du périmètre et représentatives des divers types de sols du périmètre, des différents assolements pratiqués et de toutes les variétés de betteraves cultivées. Sur ces 95 « points » ont été prises en compte 80 variables susceptibles d'influencer les rendements en sucre :

— les propriétés physiques des sols (granulométrie) ; (stabilité structurale, perméabilité, test de HENIN)

- les variables relatives à la nutrition :

- N total du sol, K, Mg, Na échangeable, P₂O₅ assimilable (test Joret Hebert) dosés sur l'horizon 0-30 cm
- N, P, K, Ca, Mg, Na et B, Cu, Zn et Mn dans les limbes foliaires. Ces éléments ont été dosés sur des échantillons moyens de 60 feuilles adultes prélevées sur chaque station 170 jours après la levée des betteraves.

— les variables relatives à la compétition intra spécifique,

$$(\text{caractérisée par l'indice } Ro = \frac{\sigma^2}{\bar{x}})$$

variance

= $\frac{\sigma^2}{\bar{x}}$ (de Grieg et Smith 1964)

nombre moyen de betteraves ou m linéaire

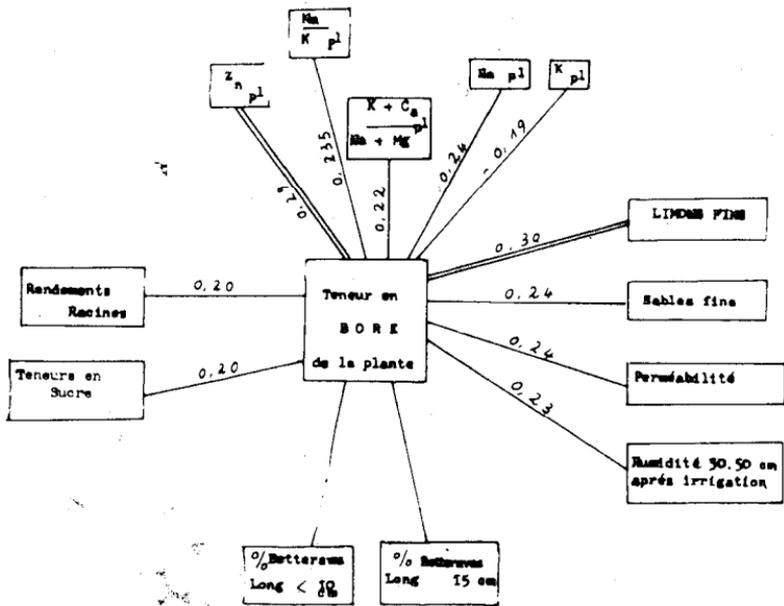
et inter-spécifique (notation du degré de salissement des stations par les mauvaises herbes), les attaques parasitaires par la casside.

— Rotations suivies et variétés cultivées sur les différentes stations.

— les variables plus directement liées aux rendements, poids de racines par station, teneur en sucre des racines, longueur des racines, pourcentage de racines fourchues.

II — TRAITEMENT DES DONNEES

Après avoir calculé les coefficients de corrélation de Pearson entre toutes les variables prises deux à deux nous avons effectué une analyse statistique permettant de prendre en compte l'ensemble des variables ce qui nous a conduit à choisir une méthode multidimensionnelle : l'analyse factorielle des correspondances (Benzekri 1966, Cordier 1965).



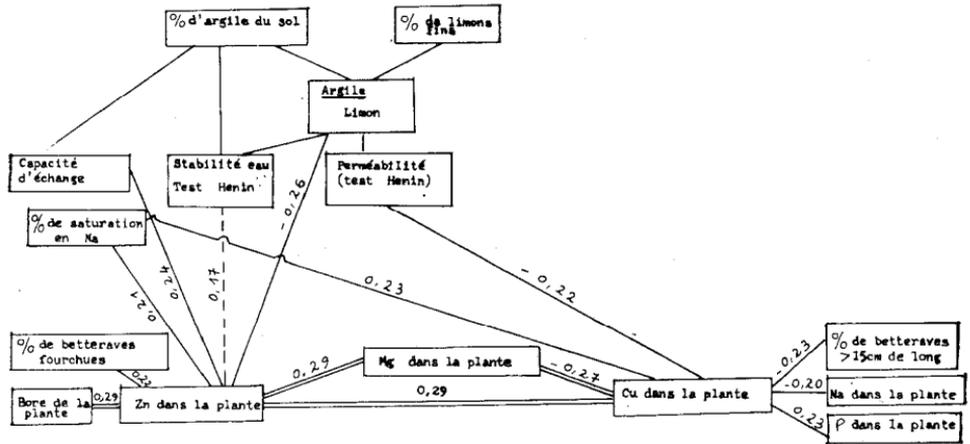
L'indice pl indique que
l'élément a été dosé dans la
plante.

SCHEMA

I

Correlations entre le bore dans la plante

et les autres facteurs du milieu



SCHEMA 4 : Correlations entre le Zn et le Cu dans les plantes et les facteurs du milieu.

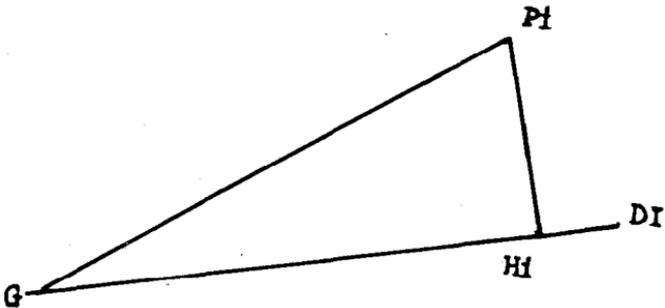
Cette méthode permet d'analyser simultanément, variables qualitatives et quantitatives (CONESA et al 1972). Pour ce faire nous avons découpé les variables quantitatives en classes de valeur, chaque classe étant considérée comme une modalité de la variable considérée.

Après avoir étudié les relations entre les rendements (variable à expliquer) et les autres variables du milieu (variables explicatives) nous avons effectué une analyse factorielle des correspondances pour tenter de mettre en lumière les relations qui existent entre l'absorption du bore et les autres facteurs du milieu. Le facteur bore est en effet apparu, dans les conditions du périmètre en 1970-1971 comme un facteur important des variations de rendements en racines de betterave et en sucre.

Pour étudier les interactions entre les teneurs en bore des feuilles de betterave et les différentes variables explicatives nous avons constitué un tableau T dont les colonnes au nombre de 6 (représentant les 6 classes de valeur des teneurs en bore dans les feuilles) constituent ce qu'il est convenu d'appeler le second ensemble étudié alors que le premier ensemble ligne est formé par la réunion des différentes classes de valeurs ou modalités du reste des variables prises en compte (variété, rotation, % d'argile, de sable...) soit au total 272 modalités.

La case $t(i, j)$ de T située à l'intersection de la ligne i et de la colonne j contient le nombre de stations présentant la modalité i (par exemple les différentes variétés) tombant dans le j^{me} classe de teneur en bore.

On substitue à chaque valeur $t(i, j)$ de T le rapport $t(i, j)/s$, s étant le nombre total de stations étudiés. La somme $f(i)$ des termes de la ligne i représente la fréquence de la modalité i tandis que la somme des termes de la colonne j sera la fréquence $g(j)$ des teneurs en bore. La ligne i constitue un point P_i d'un espace à 6 dimensions (nous avons six classes de teneurs en bore). On munit chaque point P_i d'une masse de valeur $f(i)$ ce qui fait l'ensemble I des lignes d'un solide matériel constitué de masses ponctuelles, on recherche alors le premier axe D_1 optimal au sens des moindres carrés. On veut que $f(i) H_i P_i^2$ soit minimum (H_i étant le pied de la perpendiculaire issue de P_i sur D_1). On démontre que D_1 passe par le centre de gravité G du solide I .



On recherche une seconde direction D_2 ayant la même propriété D_3 étant perpendiculaire au plan constitué par D_1 et D_2 .

Ces différentes directions s'obtiennent comme dans les méthodes analogues par extraction des valeurs propres les plus grandes et des vecteurs propres correspondants de la matrice de corrélation entre variables.

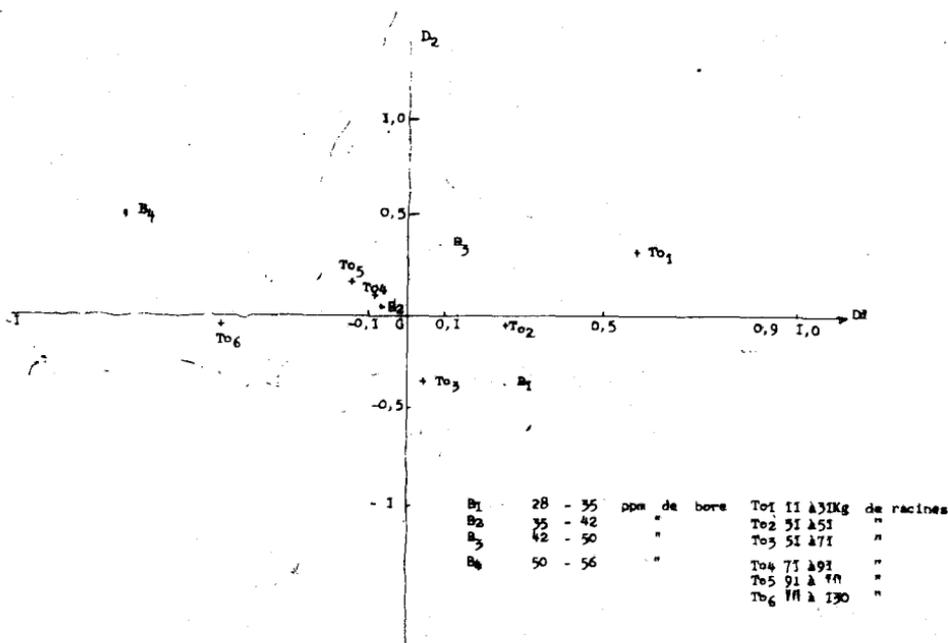


Fig.1 : Carte des projections sur le 1er plan factoriel des modalités de teneurs en bore des feuilles et des rendements en racines.

La matrice de corrélation analysée correspond à la formule des distances non classique suivant entre les points du nuage.

$$d^2(i, i') = \sum_{j=1}^{j=6} \frac{1}{g(j)} \left[\frac{t(i, j)}{f(i)} - \frac{t(i', j)}{f(i')} \right]^2$$

$$f(i) = \sum_{j=1}^{j=6} t(i, j) \quad g(j) = \sum_{i=1}^{i=n} t(i, j)$$

Cette formule diffère de la formule traditionnelle de somme des carrés des différences de coordonnées par le fait que les $j^{\text{èmes}}$ coordonnées $t(i, j)$ des points i et i' sont pondérées par les poids $f(i)$ et $f(i')$ des deux objets considérés puis le carré de cet écart est à nouveau pondéré par les poids $g(j)$ de la colonne j . Cette double pondération élimine l'effet de taille que l'on retrouve très souvent comme premier axe en analyse des composantes principales.

On projette enfin le point P1 sur les plans déterminés par ces différentes directions ce qui donne une approximation des points originels. Dans notre étude, nous nous sommes limités au plan déterminé par D1 et D2. sur la figure nous avons représenté la carte des projections des modalités de teneurs en bore et des rendements en racines sur le premier plan factoriel D1, D2.

Une annexe de programme de calcul autorise en outre l'évaluation du rôle que joue chaque point dans la détermination de chacun des axes factoriels. Ce rôle est appelé contribution, ces contributions sont plus utiles que les situations géométriques relatives des différents points variables.

II — RESULTATS

L'examen des coefficients de corrélation de Pearson, l'analyse factorielle des correspondances ont montré la forte contribution des oligoéléments à l'explication des variations des rendements en sucre par station sur le périmètre; c'est pourquoi nous avons été conduit à examiner de façon détaillée les corrélations entre la nutrition en oligoéléments des betteraves et les facteurs du milieu. Dans le cas particulier du bore, oligoélément qui possède la contribution la plus forte à la fluctuation des rendements en sucre, nous avons effectué une analyse factorielle afin de mieux dégager les relations entre cette variable et les autres facteurs du milieu. Nous examinerons successivement les résultats concernant le bore, le manganèse, le cuivre et le zinc.

A) Le bore

Les teneurs en bore varient entre 28 ppm et 56 ppm de matière sèche pour l'ensemble des 95 stations du périmètre la valeur moyenne est de 40 ppm.

Notons que Hale (1945) considère que des teneurs variant entre 10 et 44 ppm de bore sont normales.

L'analyse factorielle des correspondances met en lumière la relation qui existe entre le bore et les rendements. Au niveau des rendements en sucre par station les fortes teneurs en bore dans les feuilles (49 à 56 ppm de M.S.) correspondent aux rendements en sucre les plus élevés (15,35 à 20, 02 kg de sucre/14,2 m²) avec une contribution assez forte (56ème) à l'inertie de l'axe I des rendements en sucre.

(Rappelons que l'inertie d'un point matériel est égale au produit de sa masse par le carré de sa distance au centre de gravité).

L'influence du bore est plus nette sur les rendements en racines par station. L'analyse factorielle montre que les faibles teneurs en bore (28 à 35 ppm de M.S.) correspondent aux rendements les plus faibles. (11 à 31 kg de racines par stations) au contraire les plus fortes teneurs en bore (46 à 57 ppm de M.S.) correspondent à une forte production de racines (111 à 130 kg de racines par station) les fortes et les faibles teneurs en bore dans les feuilles ont respectivement la 63ème et la 19ème contribution à l'axe I des rendements. Sur la figure I nous constatons que les faibles teneurs en bore correspondent aux faibles rendements alors que les fortes teneurs B4 se projettent près des forts rendements en racines (To6) ce qui confirme la relation teneur en bore - rendements en racines.

L'examen des coefficients de corrélation montre l'accord entre les coefficients de corrélation et l'analyse des correspondances.

* Relation bore/rendements en sucre $r = 0,20^+$

Relation bore/rendement en racine $r = 0,20^+$

Etant donné le rôle joué par le bore dans l'explication des relations entre la nutrition boratée des betteraves et les rendements nous avons étudié les relations entre la nutrition en bore et les autres variables biotiques ou édaphiques. Sur le tableau I nous avons porté les modalités qui correspondent aux fortes teneurs en bore et celles qui correspondent aux faibles teneur en bore. Pour la clarté de la présentation nous avons groupé ces variables par rubrique (physique du sol, eau, nutrition).

* Seuil de signification 95 % = 0,20

99 % = 0,26

TABLEAU I

Correspondance entre le bore dans la plante et les autres facteurs du milieu

Modalités qui correspondent aux faibles teneurs en bore (28 à 33 ppm)	Modalités qui correspondent aux fortes teneurs en bore (54 à 56 ppm)
• % de limon grossier (22 à 30 % fort)	• % de limons fins faible (10 - 19 %)
• % de limons fins (37 à 46 %) fort	• % de sables fins assez fort (20 - 29 %)
• % d'argile entre (39 à 48 %) assez forte teneur en azote du sol 1,6 - 2,0 %	• % de sables grossiers assez fort (13 - 27 %)
• Fort % d'agrégats stables ou benzène (36 - 48 %)	• Forte perméabilité 4,45 - 5,90 cm/h
• Assez forte stabilité à l'eau (26 - 38 %)	• Forte humidité avant irrigation de l'horizon (0-10 cm) % de l'humidité équivalente
• Fortes humidités équivalentes (38 - 44 %)	• Forte humidité de l'horizon 10-30 cm avant irrigation
• Faible pression réelle en % de la pression théorique (0 - 10,3 %) aux asperseurs	• Assez forte humidité de l'horizon 0-10 cm après irrigation (96 à 115 % de l'humidité équivalente)
• Faible humidité del'horizon 0-10 cm avant irrigation (14 à 32 %) de l'humidité équivalente	• Forte humidité de l'horizon 10-30 cm après irrigation (104 à 122 % de l'humidité équivalente)
• Faible humidité de l'horizon de surface (0-10 cm) (58 à 77 % de l'humidité équivalente)	• Assez forte humidité de l'horizon 30-50 cm après irrigation (80 à 98 % de l'humidité équivalente)
• Forte humidité de l'horizon 10 - 30 cm après irrigation (69 à 86 % de l'humidité équivalente)	• Rotation betterave céréale-betterave
• Forte humidité de l'horizon 30-50 cm après irrigation (43 à 61 % de l'humidité équivalente)	• 3 campagnes d'irrigation
	• Labours entre février et juillet Variété Zwanpoly Variété maribo-Maroc-Poly

TABLEAU I (Suite)

• Rotation betterave fourrage fourrage	• Bon démarriage (= 0,30-0,47)
• Rotation betterave jachère betterave	• Forte teneur Na échangeable dans le sol (449 à 592 ppm)
• Une seule compagne d'irrigation	• Forte teneur en K échangeable (1202 à 1595 ppm) Ca
• Un labour en octobre. décembre	• — = 1,6 à 2 dans la plante Mg
• Variété Megapoly	• Forte teneur en Cu dans les feuilles de la betterave (15 à 24 ppm)
• Mauvais démarrage (= 0,47-0,88)	
• Forte densité de semis (11 à 14 betteraves ou m ²)	
• Forte teneur en magnésium échangeable dans le sol (602 à 1060 ppm)	
• Faible teneur en K échangeable (78 à 446 ppm) K + Ca	
• Fort rapport ——— (0,92 à 1,22) Mg + Na dans les feuilles de betterave	
• Faible teneur en Cu (11 à 16 ppm de la betterave)	

a) Relation entre les variables physiques du sol et la nutrition en bore : l'analyse factorielle montre que les fortes teneurs en bore feuilles correspondent aux sols de texture légère qui possèdent le pourcentage de sable fin ou grossier le plus élevé. Ce résultat est confirmé par le calcul de la corrélation qui lie le bore ux fraction granulométriques. On note une corrélation assez forte entre le bore dans la plante et les % de limons fins ou de sables fins.

Bore de la plante/limons fins $r = 0,30$ ++

Bore de la plante/sables fins $r = 0,24$ +

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que l'absorption et la précipitation du bore dans les sols est fonction de leur composition granulométrique (Cornillon 1967). Ces phénomènes règlent les disponibilités du bore pour la plante, on note également que les sols de bonne stabilité (fort pourcentage d'agrégats stables au benzène ou sans prétraitement) correspondent à de faibles teneurs en bore.

b) Relation entre l'humidité des sols et la nutrition en bore

On note que les sols perméables semblent favoriser la nutrition en bore puisque les fortes perméabilités correspondent à des teneurs en bore dans la plante élevées ce qui confirme la corrélation perméabilité/teneurs en bore des plantes $r = 0,24 +$.

L'humidité du sol avant et après irrigation a un rôle bénéfique sur la nutrition puisque l'on note une correspondance nette entre une forte humidité des différents horizons avant ou après irrigation et les teneurs en bore les plus élevées des feuilles de betterave.

De même une faible humidité des différents horizons avant ou après irrigation, qui traduit un état de sécheresse, se manifeste au niveau de la plante par une baisse des teneurs en bore ; le coefficient de corrélation entre l'humidité de l'horizon 30 - 50 cm après irrigation et le bore ($r = 0,23 +$) confirme ces conclusions. Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus par CORNILLON (1967) : « L'eau d'irrigation solubilise les composés boratés, si la dose est faible, seuls les composés facilement solubles sont dissous ; si elle est élevée, les composés plus stables sont mis en solution ». La sécheresse abaisse les teneurs en bore disponible.

c) Relations entre la rotation et les teneurs en bore des plantes.

Au niveau de l'assolement on note que les rotations betterave-fourrage-fourrage et betterave-jachère-betterave correspondent à de faibles taux de bore alors que la rotation betterave-céréale-betterave correspond à une bonne nutrition en bore. L'effet de la rotation peut être lié à l'irrigation qui conditionne l'accumulation du sodium. On note que lorsque les parcelles ont reçu trois campagnes d'irrigation les teneurs en bore des feuilles sont plus fortes que si elles ont reçu une seule campagne d'irrigation. Ce résultat est à rapprocher de la

relation entre les fortes teneurs en sodium dans les sols et les fortes teneurs en bore des sols.

La rotation conditionne également, comme nous l'avons signalé, la date de labour. On note qu'un labour d'automne correspond aux fortes teneurs alors qu'un labour effectué plutôt correspond aux faibles teneurs en bore dans les feuilles.

La date de labour et la date de semis conditionnent le choix des variétés : les variétés diploïdes sont semées de préférence en début de campagnes après un labour précoce.

On remarque que les variétés Zwan poly et Maribo-Maroc Poly présentent des teneurs plus élevées que les variétés Megapoly. Pour une variété donnée un mauvais démarrage et une forte densité sont liées à des faibles teneurs en bore des feuilles, ce résultat semble traduire l'effet de la compétition intraspécifique sur la nutrition.

d) *Relations entre les éléments nutritifs et le bore.*

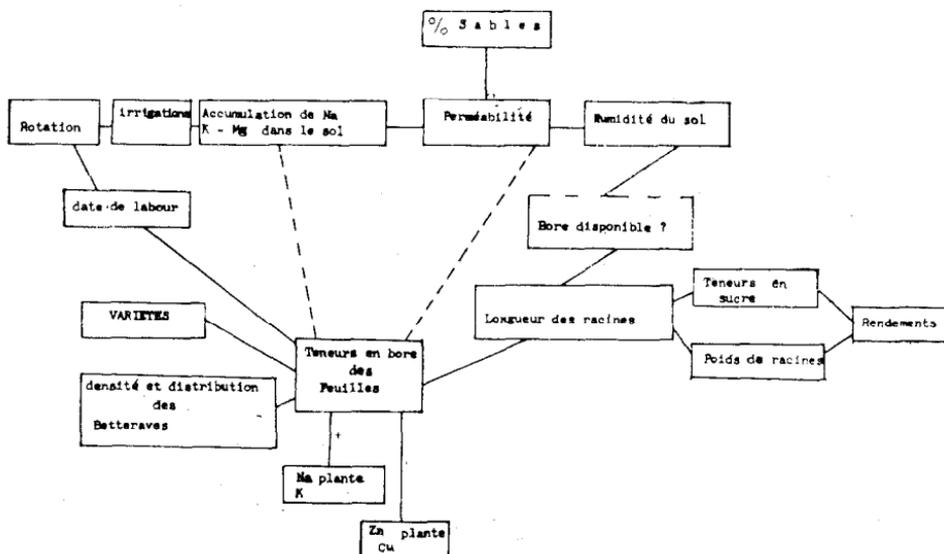
L'examen des liaisons entre la nutrition en bore et les autres éléments de l'alimentation de la betterave montre une relation antagoniste entre l'absorption du bore et celle du potassium ou du zinc. Madame Hugué, a mis en évidence la relation antagoniste entre l'absorption du bore et celle du potassium chez les arbres fruitiers. Pour la betterave un rapport ionique

$\frac{Ca}{Mg}$ — fort correspond à une bonne nutrition en bore, au contraire

$\frac{Na}{K}$ un rapport — faible correspond à une nutrition bore déficiente.

Le calcul des coefficients de corrélation confirme les résultats de l'analyse des correspondances (schéma I).

Il existe également une relation entre la longueur des racines et la nutrition en bore, un fort pourcentage de racines courtes (< 10 cm) correspond à une diminution sensible des teneurs en bore. Le coefficient de corrélation % de racine courte/teneur en bore $r = -0,21$ + confirme la liaison, mais cette relation n'explique pas une relation de cause à effet c'est-à-dire qu'on ne peut affirmer que le faible enracinement est responsable des faibles teneurs en bore dans les feuilles.



SCHEMA 2 Relations entre les teneurs en bore des feuilles et les autres variables.

On peut cependant concevoir qu'ayant de petites racines les betteraves n'explorent que partiellement les réserves boratées du sol, on peut également émettre l'hypothèse que dans un sol déficient en bore les betteraves sont sous alimentées en cet élément ce qui peut conduire à un enracinement plus faible.

Nous, avons résumé sur le schéma ci-joint les principales relations mises en lumière par l'analyse (schémas 2 et 1).

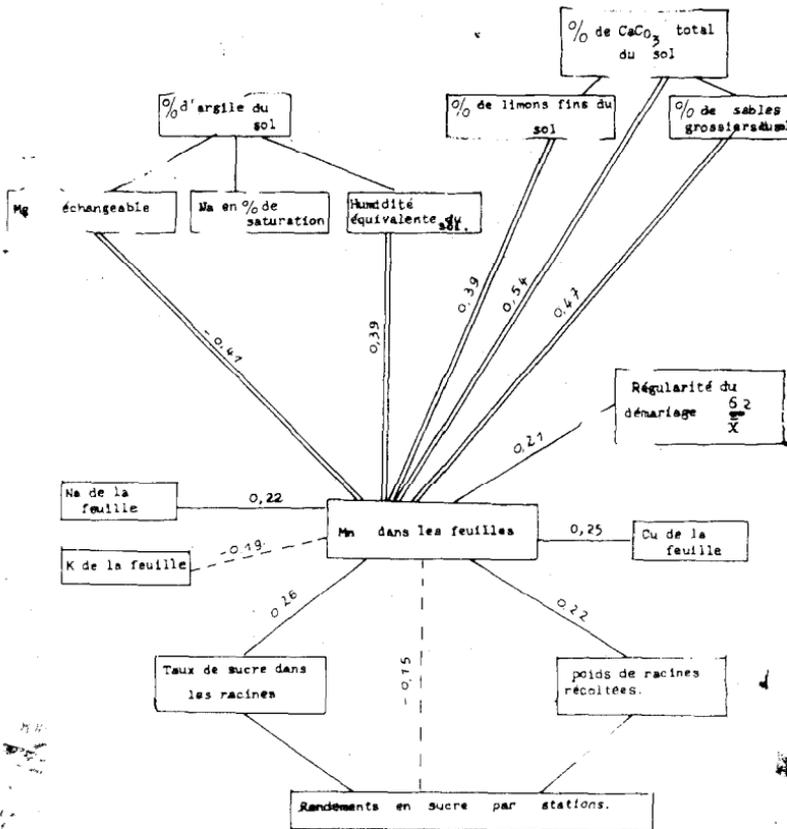
B — LE MANGANESE

Les teneurs en manganèse dans les feuilles varient de 35 ppm à 280 ppm de matière sèche avec une moyenne de 122 ppm.

Hale (1945) considère que des teneurs variant entre 7 et 1700 ppm sont normales.

L'analyse factorielle des correspondances a montré l'importance de cet élément au niveau des rendements en racines puisque les rendements en racines les plus faibles (11 à 51 kg de racines par 14,2 m²) correspondent aux fortes teneurs en manganèse dans les feuilles (218 - 280 ppm) (39ème contribution du manganèse à l'axe 1 des rendements en racines) au niveau des rendements en sucre par station on note que les faibles teneurs en manganèse dans les feuilles de betterave (35 à

96 ppm) correspondent aux faibles rendements en sucre par station (1,50 - 7,6 kg ded sucre/station) des teneurs plus fortes (96 à 157 ppm) correspondent aux rendements les plus forts (10 à 20 kg de sucre par station).



SCHEMA 3. Correlations entre le Mn dans les plantes et les autres facteurs du milieu.

Les coefficients de corrélation sont en accord avec les résultats de l'analyse des correspondances. Alors que la corrélation entre les teneurs en manganèse des feuilles et le pourcentage en sucre des racines est positive ($r = 0,26$) ++ cette relation est négative entre les teneurs en manganèse et les rendements en racines ($r = - 0,22$) +.

Ces effets contraires sur les composantes du rendements expliquent la relation faible entre le manganèse des feuilles et le rendement total en sucre par station ($r = 0,147$) on constate un effet de compensation entre les deux composantes du rendement qui se combinent.

Nous n'avons pas effectué d'analyse factorielle particulière pour tenter d'expliquer l'absorption du manganèse par les plantes.

Sur le schéma 3 sont représentées les corrélations les plus fortes entre le manganèse dans les feuilles et les facteurs du milieu ou du rendement. On note une relation importante entre la nutrition en manganèse et la granulométrie la présence de sable grossier semblent favoriser l'absorption du manganèse par les plantes ; on remarque également une forte corrélation entre le manganèse de la plante et l'humidité équivalente (elle même dépendante des pourcentages en argile des sols).

La composition minéralogique semble également influencer l'absorption du manganèse puisqu'on constate une relation très forte entre le pourcentage de Ca Co_3 des sols et la teneur en manganèse des feuilles de betterave ($r = 0,538$) ++ par contre la présence de Mg échangeable est négativement corrélée à la teneur en manganèse des feuilles ($r = 0,406$) +.

Au niveau des techniques culturales on constate que l'absorption du manganèse est plus faible si la première pluie a tardé après le semis. La qualité du démariage semble favoriser la nutrition manganique, l'accroissement du rapport qui caractérise un mauvais démariage, correspond à un accroissement des teneurs en manganèse des feuilles. On note une absorption synergique du manganèse avec celle du sodium et du calcium et antagoniste avec celle du potassium.

C — LE CUIVRE

Cet élément semble jouer un rôle moins important que le bore et le manganèse vis-à-vis des rendements dans les conditions du périmètre en 1971. Les valeurs varient entre 8 et 24 ppm de cuivre dans les feuilles, la valeur moyenne étant de $\bar{X} = 12$, ppm. L'analyse factorielle des correspondances montre cependant que les teneurs en cuivre de 16 à 20 ppm dans les feuilles correspondent aux forts rendements en racine 27ème contribution à l'inertie de l'axe 1.

Les valeurs du coefficient de corrélation entre les teneurs en cuivre dans les feuilles et les autres variables sont portées sur le schéma 4.

Parmi les variables édaphiques on note une corrélation positive entre le pourcentage de saturation en sodium et les teneurs en cuivre des feuilles, par contre la perméabilité est corrélée négativement avec les teneurs en cuivre de la plante.

On constate qu'un fort pourcentage de racines longues (> à 15 cm) correspond à un abaissement des teneurs en cuivre de la feuille.

Au niveau des autres facteurs de la nutrition, on remarque une variation concomitante des teneurs en zinc, phosphore et cuivre dans la plante. Par contre les teneurs en cuivre varient de façon antagoniste avec celles du sodium et du magnésium.

D — LE ZINC

Pour la campagne betteravière étudiée, l'analyse factorielle n'a pas mis en lumière de relations entre teneurs en zinc des feuilles et les rendements en sucre par station.

Les teneurs varient de 29 à 68 ppm de matière sèche avec une valeur moyenne $\bar{x} = 46,4$.

Sur le schéma 4 sont représentées les liaisons les plus importantes entre le zinc dans la plante et les autres variables. On note que le zinc est corrélié positivement avec le pourcentage de sodium échangeable et le pourcentage de betteraves fourchues. Au contraire on remarque une corrélation négative entre le zinc et la capacité d'échange du sol ou le rapport argile/limon du sol. Il semble donc que la présence de colloïdes qui retiennent le zinc s'oppose à l'absorption de cet élément par les betteraves.

III — CONCLUSIONS

Dans cette étude nous nous sommes limités à l'examen des teneurs en oligoéléments des feuilles, l'appréciation des disponibilités en oligoéléments des sols calcaires par l'analyse des sols est en effet délicate.

Nos résultats montrent les nombreuses interactions entre variables et soulignent les limites des notions de réserves nutritives assimilables des sols évaluées à partir de tests chimiques en laboratoire. Nous avons en effet montré que l'absorption des oligoéléments dépendait de nombreux facteurs du milieu : humidité du sol, granulométrie, stabilité structurale,

salinité, compétition intra et interspécifique. Ces résultats confirment la nature multidimensionnelle de la nutrition des cultures et expliquent la nécessité de la démarche globale que nous avons adoptée.

Cette démarche a été utilisée par divers auteurs tels que GODRON, DEFONTAINES ou GRAS (1972). Cependant alors que ces auteurs ont surtout étudié l'influence des variables caractérisant les propriétés physiques des sols sur les rendements nous nous sommes attachés aux variables de la nutrition en choisissant l'analyse factorielle des correspondances parce qu'elle permettait un traitement simultané des variables qualitatives et quantitatives. Le calcul des contributions de ces variables à l'inertie des différents axes factoriels nous a permis de hiérarchiser les facteurs étudiés vis à vis des rendements en sucre de la betterave et de montrer en particulier l'importance de la nutrition en bore. Une maîtrise de ce facteur devrait permettre d'améliorer la production. Des essais de pulvérisation de bore pourraient être entrepris pour définir les optima. On touche ici à un point fondamental de notre démarche, l'analyse statistique permet d'établir des relations entre les faits observés, mais on ne peut affirmer qu'il s'agit de relations de causes à effets. Comme le souligne NICHOLSON (1971) « l'analyse suggère les hypothèses qu'il sera possible de vérifier par des observations ultérieures dans la nature mais il est plus efficace d'effectuer des expériences soit au champ soit en laboratoire ».

BIBLIOGRAPHIE

BENZEKRI (J.P.) 1966

Leçon sur l'analyse factorielle et la reconnaissance des formes.

Cours Inst. Stat. Univ. Paris.

CORDIER B. (1965)

Sur l'analyse factorielle des correspondances Thèse Rennes.

CONESA A.P., P. BAILLON, M. ROUX, G. LEMAIRE (1972)

Etude globale de la salinisation des sols sur le périmètre du Haut Chélif.

Symposium on the Salt Affected Soils. Le Caire.

GREIG et SMITH (1964)

Quant Plant Ecology Butter-Worths.

HALE G. (1945)

Deficiency diseases of the sugar beet Agr. Res. Coun 7828 : 8.

CORNILLON P. (1967)

Observation sur les possibilités de solubilisation du bore dans le sol.

Sc du sol p. 81.

LEBEYRIE cité par GODRON M. (1971)

Essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux.

Thèse Montpellier p 4.

GRAS R. (1971)

Utilisation de l'enquête globale pour l'approche d'un problème agronomique régional.

Séminaire Fertilisation et développement INA EL Harrach Alger.