

ETUDE GLOBALE DES FACTEURS QUI LIMITENT LA PRODUCTION DE BETTERAVE SUR LE HAUT CHELIFF

Les élèves de l'I.N.A. en collaboration avec les enseignants.

A la demande du commissariat de mise en valeur du périmètre du Haut Chéiff l'Institut National Agronomique d'El-Harrach a réalisé une étude des facteurs qui limitent la production de betterave à sucre sur le périmètre. Etant donné la nature multidimensionnelle du problème de la « fertilité » de la région nous avons tout naturellement adopté une démarche globale multivariable pour l'approche de ce problème.

A) METHODOLOGIE.

I. L'ECHANTILLON.

Il pose des problèmes ardues liés à l'antagonisme entre la nécessité de prendre en compte un grand nombre de points d'observation (sécurité statistique) et la possibilité matérielle d'effectuer ces observations. L'enquête ayant pour objectif d'expliquer les différences de rendements observés sur le terrain il nous fallait veiller à ce que soient représentés:

— l'ensemble des grands types de sols du périmètre en prenant pour base la carte pédologique de la région établie par BOULAIN (12).

— Les différentes classes de rendements. Ne pouvant prévoir ces rendements, nous avons tenu compte, pour constituer notre échantillon, des rendements en betterave obtenus sur les exploitations les années précédentes, ce qui nous a amené à accroître la représentation du secteur privé relativement au secteur socialiste.

— Les différents précédents (blé, fourrage, sorgho, betterave).

L'ensemble des observations que nous avons réalisées ont été effectuées sur des surfaces (stations) de 14,4 m², les 95 points choisis étant répartis à travers le périmètre.

II. LES OBSERVATIONS AU CHAMP SUR LES STATIONS.

L'observation du sol en profondeur (2) et de l'enracinement de la betterave est précieuse pour l'étude des effets du travail du sol et des accidents structuraux sur l'enracinement. Ces observations sont cependant délicates et compte tenu du grand nombre d'observateurs (étudiants) nous avons obtenus des résultats hétérogènes difficiles à traiter. Cependant, au moment de la récolte, nous avons compté le pourcentage de betteraves fourchues. Ces données révèlent, en partie, l'effet des accidents structuraux sur l'enracinement. Nous avons également compté, sur les stations, les betteraves non marchandes (<45 mm) qui dépendent partiellement de la structure du sol, enfin la longueur des racines a été mesurée et répartie en 3 classes:

(10 cm)
 (10-15 cm)
 (15 cm)

— Pour tenter d'apprendre la compétition interspécifique nous avons, du 1er au 15 Avril, essayé de caractériser le degré de salissement des stations (très sale, peu sale, propre). Nous avons complété cette première observation par une pesée des mauvaises herbes prélevées à la périphérie des stations (pesée effectuée le 10 Juin).

— La mesure de la densité linéaire et le calcul de l'indice de dispersion des betteraves sur la station nous ont permis de caractériser la compétition intraspécifique.

— Sur l'asperseur le plus proche de la station nous avons mesuré la pression réelle, afin d'apprécier les pluviométries horaires et les quantités d'eau apportées sur les stations. Cette appréciation a été complétée par une mesure de l'humidité (un jour avant et un jour après irrigation) des horizons:

(0-10 cm)
 (10-30 cm)
 (30-50 cm)

Nos résultats représentent la moyenne de 2 prélèvements effectués en 2 points de la station.

En 1971 la seule attaque parasitaire importante était celle de la casside. Nous avons noté sur chaque station le degré d'infestation (pas d'attaque-attaque faible-forte attaque).

Les rendements en racines à la récolte ont été mesurés un rang sur deux soit sur 7,2 m², puis ramenés à 14,4 m².

III. AU NIVEAU DU DOMAINE.

L'examen du calendrier de travail du sol, le dépouillement des fiches de paie, l'interview des agents techniques betteraviers, des chefs betteraviers dans les domaines nous ont permis de compléter notre information:

- Surface des domaines;
- Surface des parcelles de betteraves;
- Puissance de traction du domaine (en CV/HA);
- Nature du précédent de la culture;
- Date de pré-irrigation, si nécessaire;
- Date de labour;
- Date de semis, variétés;
- Date de première irrigation;
- Date du 1er binage;
- Date de démariage.

IV. EN LABORATOIRE.

2 - Les échantillons de sols destinés à l'analyse physicochimique ont été constitués à partir de 4 prélèvements par station effectués entre 0 et 30 cm en Mars 1971.

Sur ces échantillons ont été pratiqués:

— l'analyse granulométrique (dispersion par un appareil à ultra son des particules du sol et prélèvements à la pipette Robinson).

— L'humidité équivalente a été mesurée en laboratoire. Après saturation en eau, les échantillons sont soumis à une force centrifuge de 1000 g pendant 30 minutes. Après centrifugation on mesure l'humidité.

— L'azote totale a été mesuré après minéralisation de l'azote organique. (Méthode Kjeldahl).

— La capacité d'échange a été évaluée par la méthode à l'acétate d'ammonium.

— Le phosphore assimilable a été évalué par la méthode JORET-HEBERT qui donne, habituellement des résultats représentatifs en sol calcaire.

— Les tests de stabilité structurale et de perméabilité ont été pratiqués sur des échantillons de sol prélevés spécialement dans chaque station (0-15 cm).

2 - L'analyse foliaire a été effectuée sur des échantillons prélevés 170 jours après la levée. 60 limbes foliaires de betteraves ont été prélevés sur chaque station, en choisissant des feuilles intermédiaires entre la jeune feuille et le verticille extérieur, selon la méthode d'ULRICH et col. (3) les dosages ont été effectués sur la solution de reprise des cendres par HNO_3 , après calcination à 500°C des limbes lavés à l'eau distillé, séchés à 105°C puis broyés.

- K et Na ont été dosés par photométrie d'émission.
- Ca, Mg, Cu, Zn, Cu, par photométrie d'absorption atomique.
- Le phosphore a été dosé sur la solution de reprise des cendres par colorimètre du complexe phosphovanado-molybdique à 4200 \AA .
- Le bore a été dosé par colorimétrie.
- Le taux de sucre (*) est dosé par saccharimétrie après défécation à l'acétate de plomb, agitation pendant 3 minutes et filtration.

V. DEPOUILLEMENT.

1 - Les histogrammes représentent une première mise en forme des résultats.

2 - Pour étudier les relations des variables 2 à 2 nous avons calculé.

— Les coefficients de corrélation de Péarson pour les variables quantitatives.

— Dans le cas des variables qualitatives nous avons établi les tables de contingence et calculé les test χ^2 .

— 3 - Nous avons calculé pour toutes les variables les valeurs moyennes et les écart-types.

— 4 - Dans certains cas ces données ne suffisent pas. La densité moyenne des betteraves par station ne donne qu'une idée approximative de la compétition intraspécifique, en effet on peut obtenir une même densité pour des betteraves distribuées régulièrement ou au contraire irrégulièrement.



(*) Dosage du sucre effectué à la station I.N.R.A. d'El-Khemis.

C'est pourquoi nous avons complété l'appréciation de la densité par l'indice de dispersion.

$$\text{variance } \sigma^2 = \frac{\frac{\sum_h^1 n_i (x_i - x)^2}{N - 1}}{x}$$

$$\text{la moyenne } x = \frac{\sum_1^h x_i}{N}$$

L'indice I_D (*Greig Smith*) (4) rend bien compte de notre problème:

— Si $I_D > 1$ on a une distribution contagieuse.

— Si $I_D = 1$ la distribution des betteraves est aléatoire c'est à dire que le démariage n'a pas été bien fait.

— Au contraire si $I_D < 1$ la distribution est régulière et correspond à un faible niveau de variabilité du nombre de plants par mètre.

— Si $I_D = 0$ la population est parfaitement régulière.

5 - *Régression Progressive*: On considère les liaisons entre le rendement (variable à expliquer) et l'ensemble des variables quantitatives qui peuvent expliquer les fluctuations de rendement constatées.

On introduit les variables pas à pas: la première variable introduite est celle qui fournit la meilleure explication des rendements, c'est à dire celle qui a le coefficient de corrélation totale avec le rendement le plus fort en valeur absolue. On calcule le coefficient de corrélation multiple et l'équation de régression, la seconde variable introduite est celle qui, après la première et avec elle, fournit le meilleur ajustement. Le processus de calcul se poursuit jusqu'à ce que toutes les variables soient introduites. A chaque palier on teste aussi la signification de la nouvelle variable introduite et celle de toutes les variables apparues avant elle dans l'équation.

Rappelons que le carré du coefficient de corrélation multiple fournit le pourcentage de la variation totale de la variable rendement que l'équation de régression permet d'expliquer.

Si l'on considère l'ensemble des liaisons dans le milieu, quand il y a liaison entre les x_i (variables explicatives) les x_i conservés sont en liaison avec les rendements mais il est possible que des variables soient rejetées parce que une partie de leur effet sur le rendement est prise en compte par une ou plusieurs autres variables retenues (TOMASSONNE (5), DEFONTAINE (6)). Quoique ne figurant pas dans l'équation de régression retenue ces variables

pourront donc intervenir indirectement sur les rendements. Dans ce cas l'examen des corrélations totales entre les xi nous permettra de nuancer nos conclusions.

B) RESULTATS.

I - RESULTATS DE L'ANALYSE EN REGRESSION PROGRESSIVE.

Pour tenter « d'expliquer » les fluctuations de rendements en sucre par parcelle la première analyse, en régression progressive, a porté sur 23 variables quantitatives explicatives:

- Rendements en sucre par station;
- Teneurs en bore dans les feuilles;
- % de betteraves fourchues;
- densité au m²;
- Indice de dispersion $\frac{\sigma^2}{x}$ (qualité du démariage);
- Durée de végétation en jours;
- Nombre de jours semis-démariage;
- $\frac{P_t - P_r \times 100}{P_t}$ (déficit de pression aux asperseurs);
- Humidité équivalente du sol;
- Quantité d'eau;
- Azote total du sol;
- Phosphore du sol;
- % de saturation en Na dans le sol;
- N dans la plante;
- P dans la plante;
- K dans la plante;
- Ca dans la plante;

- Rapport Argile sur limon A/L;
- Perméabilité (test Henin);
- Agrégats stables au benzène (test Monnier);
- Stabilité structurale (Log 10 I_s).

L'ordre d'introduction des variables était x_2 , x_3 , x_1 , x_4 , x_5 , x_6 .

Sur cet ensemble de 23 variables explicatives, 6 semblent jouer un rôle prépondérant dans la fluctuation des rendements en 1970-1971:

- x_1 = teneurs en bore des feuilles;
- x_2 = % de betteraves non marchandes;
- x_3 = Densité au m²;
- x_4 = quantité d'eau du sol;
- x_5 = % de saturation en Na du sol;
- x_6 = K dans la plante.

Leur importance dans la régression, testé à l'aide du test du coefficient de régression partielle par un t de student est x_2 , x_3 , x_1 , x_5 , x_4 et x_6 et chacune a un effet significatif.

Le coefficient de corrélation multiple passe de 0,597 pour l'introduction de la première variable (% de betterave marchande) à 0,747 après l'introduction du calcium (7ème variable, inférieure au seuil de signification) l'équation de regression multiple retenue étant:

$$\text{Rendement: } - 1,3955 x_2 + 5,035 x_3 + 0,1495 x_1 - 2,9212 x_5 - 0,3636 x_4 \\ - 0,300 x_6 + 129,61.$$

Le pourcentage d'explication est de 50% après le 6ème palier.

On remarque que certaines variables qui traduisent l'influence du travail du sol, par exemple le % de betteraves fourches n'ont pas d'effets apparents sur les rendements. Ces premières conclusions méritent d'être nuancées, il est possible que l'influence des propriétés physiques du sol soient partiellement prise en compte par la variable % de betteraves marchandes (taille des betteraves).

Une analyse factorielle des correspondances réalisée dans le but de dégager les relations entre le pourcentage de betteraves marchandes et les facteurs du milieu, a montré une liaison forte entre la taille des betteraves et l'indice de dispersion, l'enherbement en juin, et la granulométrie (teneur en argile-en limon). Il est donc possible qu'une partie de l'effet de ces facteurs du

milieu soit prise en compte par la variable pourcentage de betteraves marchandes.

De même le % de saturation en sodium du sol peut traduire partiellement l'effet de la structure du sol et en particulier de la perméabilité, il existe en effet une liaison forte entre la saturation du complexe absorbant en sodium et la perméabilité, la stabilité au benzène. Là aussi il est possible que l'action de ces facteurs adaphiques soient partiellement masqués par la variable % de sodium du sol.

Sur le plan pratique l'analyse montre que les services techniques du périmètre devraient veiller à une exécution plus correcte du démariage et des semis qui conditionnent la densité des betteraves sur les parcelles, il semble qu'actuellement ces densités soient trop faibles. Au niveau de la fertilisation, malgré les conseils des services techniques qui conseillent des fertilisations boratées, on note une insuffisance de la nutrition en bore préjudiciable à la production. L'irrigation avec de l'eau chargée en sel semble provoquer une augmentation de la salinité du sol nuisible à la production et ceci malgré la tolérance de la betterave à la salinité.

Il est possible que cette action du sodium du sol exprime partiellement, comme nous l'avons noté, l'effet de la stabilité structurale des sols.

Les relations antagonistes entre les quantités d'eau et les rendements peuvent traduire l'effet asphyxiant des excès d'eau pour ces sols à texture lourde. Ces résultats mériteraient d'être contrôlés expérimentalement.

Enfin on remarque que la fumure potassique n'apparaît pas bénéfique dans les conditions du périmètre de mise en valeur. Ces résultats sont à rapprocher des fortes teneurs en potassium des sols et du fait que l'eau d'irrigation assure partiellement les besoins de la culture puisqu'elle contient 5 à 6 mg de K par litre.

En conclusion, on remarque que l'analyse à partir de 23 variables quantitatives n'a permis d'expliquer que la moitié de la variance. Ceci s'explique partiellement par l'exclusion du traitement statistique de certaines variables qualitatives (choix des variétés, salissement des parcelles par les adventices, précédent cultural) ce qui nous a conduit à compléter cette première analyse par une analyse factorielle des correspondances prenant en charge l'ensemble des variables quantitatives et qualitatives.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) BOULAIN J. L. G., 1957 - *Etude des sols du Haut Chélif*. Thèse Alger.
- (2) HENIN S., MONNIER G., GRAS S., 1969 - *Le profil cultural*. Masson ed.
- (3) ULTRICHA - RIRIE D., et coll., 1959 - *Plant analysis: a guide for sugar beet fertilization*. Univ. Calif. Agr. Exp. Stat. Bul., 766, 1-23.
- (4) GREIG SMITH - *Quant plant ecology*. Butter Worth éd.
- (5) TOMASSONNE R., et al., 1969 - *Comparaison de diverses méthodes d'interprétation statistiques de liaison entre le milieu et la production du pin sylvestre en Sologne*. Ann. Sci. Forest., 26 (4), p. 413.
- (6) DEFFONTAINES J. P. et GRAS R., 1968 - *Les facteurs techniques de la production de la pêche tardive en moyen*. Ann. Agron., 19 (1), p. 5.