

UNE MÉTHODE DE DIAGNOSTIC POUR OPTIMISER LA FERTILISATION : L'ANALYSE CHIMIQUE DE LA PLANTE

INTRODUCTION

par Jean Salette¹

L'agronomie est une discipline de synthèse ; à ce titre elle a nécessairement un point d'appui sur chacune des disciplines de base qui la fondent : la physiologie végétale pour ce qui concerne la question traitée dans cette séance.

Il s'agit, par l'analyse des tissus végétaux ou de la sève, de mettre au point des indicateurs de fonctionnement de la plante, ou plutôt du peuplement végétal considéré, indicateurs qui, par référence à des cas bien maîtrisés, conduisent à des diagnostics. Mais l'agronomie et la physiologie ne se situent pas à la même échelle (la feuille, la plante, le peuplement) ; elles ne travaillent pas selon le même pas de temps et elles ne répondent pas, en général, aux mêmes questions, et quand elles le font, c'est dans un esprit différent : d'où une partie des problèmes qui vont être évoqués.

Dès le début du XIX^e siècle, les travaux d'un jeune chimiste-naturaliste genevois, de Saussure, sont le point de départ de recherches qui sont déjà d'un très haut niveau, sur la composition chimique de la plante, en relation avec la nature des sols et la productivité des cultures. L'histoire des idées montre que ces idées originales sont peu à peu éclipsées à partir de 1840 par les travaux de Liebig qui furent très largement diffusés, je dirai même très largement médiatisés. Il s'en est suivi pour de nombreuses décennies, une prédominance très forte, voire exclusive, des travaux sur les sols et presque exclusivement, au moins au début, en chimie du sol.

Quelques exceptions à cette prééminence de l'approche chimie du sol sont à remarquer : elles s'inscrivent comme les préalables aux exposés qui vont suivre sur l'analyse chimique de la plante. On peut les rattacher à deux grandes périodes. En Europe et aux États-Unis, les travaux les plus originaux s'échelonnent de 1920 à 1945. Ensuite et principalement dans les pays tropicaux un relais de « travaux appliqués » s'établit rapidement (canne à sucre, agrumes, cultures oléagineuses), mais l'esprit appliqué y domine, et le souci d'interprétation physiologique laisse peu à peu la place à ce que j'appellerai un empirisme d'organisation pratique.

Les travaux français de Lagatu et Maume à Montpellier, sur la vigne puis la pomme de terre (5), sont toujours cités dans les références bibliographiques, et il est curieux de constater qu'après ce début original et encourageant, aucun autre travail significatif n'a été produit chez nous pendant fort longtemps. Dans la même orientation problématique, il est indispensable de citer plusieurs auteurs : Paul Wagner qui dès 1920 en Allemagne étudie la composition chimique des foin et ses relations avec les besoins en fertilisation (14) ; en Suède, Lundegardh, sur céréales ; aux États-Unis, H.L. Mitchell sur les arbres forestiers (9), pour les cultures et les espèces fruitières Thomas (12) puis Chapman (1) et Moser (10) ; en Grande Bretagne, R.L. Mitchell, Wallace (15), Gilbert qui dès 1927 s'interroge sur l'intérêt d'analyser la sève (cité en 8).

Un travail de synthèse de grande qualité a été réalisé par Lundegardh (8) que l'on peut considérer comme un précurseur ; rappelons les aspects essentiels de son apport :

- il établit le principe d'une relation entre E%, la teneur en un élément chimique, et sa disponibilité dans le sol,

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture, directeur de recherches émérite à l'INRA, membre du comité national de l'INAO, Centre INRA d'Angers, BP 57, 49071 Beaucouzé.
C.R. Acad. Agric. Fr., 2003, 89, n°2. Séance du 26 mars 2003.

- il montre la relation entre E% et la vitesse de croissance. Ceci est une bonne démarche de physiologiste, il ne confond pas croissance et développement en voulant trop tôt arriver aux relations avec le rendement,

- il est, je crois, le premier à établir la notion de niveau critique : « *E% below which restriction of growth invariably occurs* »,

- il insiste sur le nécessaire équilibre entre les divers nutriments (à cette époque, les sols sont peu enrichis par des apports de fertilisants d'origine externe), ce qui est une question importante, mais il achoppe partiellement sur cette question : il n'a pas réussi dans les premières années de son travail à accorder à l'azote une place prééminente de par ses effets d'entraînement sur l'absorption des minéraux ; le potassium est l'élément auquel il accorde le plus d'importance. Le souci d'application agronomique a ensuite conduit ses successeurs à des analyses de corrélations qui sont peu explicatives ; il s'en est suivi un empirisme routinier dont la lourdeur est progressivement devenue excessive,

- il développe l'idée essentielle d'analyser une feuille témoin (ce qui se fera ensuite partout sous le nom de diagnostic foliaire, et pour de nombreuses espèces, tant ligneuses qu'herbacées). La feuille témoin doit être complètement développée : c'est la notion de surface foliaire liée à l'activité photosynthétique active. Gregory dès 1926 (3) insiste sur les facteurs climatiques et l'azote comme déterminants de la surface foliaire,

- ce n'est qu'à partir de 1939 que la question de la disponibilité en azote apparaît comme essentielle, mais Lundegardh et ses collaborateurs ne pensent pas à définir des flux de prélèvement (par le produit teneur x biomasse élaborée). Ils comprennent que le niveau d'azote peut tout changer mais ils n'en tirent pas parti,

- un de ses collaborateurs, Burstrom (cité en 8) définit, en 1937, comme essentiel que le prélèvement soit effectué sur une plante en bonnes conditions de croissance : cette condition reste essentielle aujourd'hui, même si les techniciens n'en sont pas toujours conscients !

Après ces intéressants travaux internationaux de la période 1920-1945, nous observons une période plus creuse dans la problématique considérée. D'une part, quelques travaux isolés, tels ceux de M. Lecompt, assistant à l'Agro, qui travaille – déjà – sur la sève (6), d'autre part, des travaux d'estimation des besoins des cultures pérennes tropicales, pour les agrumes principalement. P. Prévot et ses collaborateurs à l'IRHO (il fut membre étranger de notre Académie), travaillent surtout sur palmier à huile (11). L'analyse foliaire est également devenue une routine pour la canne à sucre et elle est pratiquée partout ; à la suite des travaux de P. Halais à l'île Maurice, elle est pratiquée aux Antilles françaises où il a été appelé comme consultant à partir des années cinquante. Mais il s'agit moins de recherche que d'empirisme intelligent (ce terme n'est pas péjoratif, mais montre l'insuffisance de travaux de ce que j'appellerai de « l'agro-physiologie », c'est à dire de la plante *in situ*, en conditions de production). Un ouvrage de synthèse sur les diverses techniques a été publié en 1984 (4, 7,11).

La séance d'aujourd'hui est consacrée à un bilan des travaux de deux équipes qui ont été en relations fréquentes ; ces travaux concernent les graminées : dans un premier exposé il s'agit de graminées fourragères avec une extension aux céréales, et du diagnostic de leur état de nutrition en azote et en divers minéraux (P, S, K, Ca, etc.), appliqué à la gestion de la fertilisation à court et à long terme. Le point le plus original de cette communication réside dans l'étude dynamique d'une croissance selon un repère double : la matière sèche élaborée en cours de croissance et les teneurs correspondantes des tissus végétaux. Il s'agit en fait de l'établissement d'un « itinéraire physiologique » de la croissance. D'autre part, les teneurs en minéraux sont repérées par rapport aux teneurs en azote des mêmes échantillons. Il s'en suit des possibilités précises d'établir des flux d'éléments et de permettre des estimations soit à court terme (une repousse, une récolte), soit à long terme (une succession de cultures sur plusieurs années) de quantités immobilisées dans la biomasse végétale récoltable.

Le deuxième exposé est plus focalisé sur le pilotage de la fertilisation azotée du blé, en mettant l'accent sur l'intérêt pratique de l'analyse du nitrate dans le jus des bases de tige comme méthode d'ajustement des doses prédéterminées par la méthode du bilan prévisionnel.

Au-delà de l'analyse des jus de tiges, notre confrère Thevenet nous décrit d'autres perspectives originales qui toutes sont basées sur l'effet du niveau de nutrition azotée sur l'intensité de la couleur verte des feuilles (intensité de la couleur, teneur en chlorophylle...). Il me paraît important d'insister sur ce point : une telle méthode n'est effectivement réalisable que par suite du progrès des mesures physiques que l'on peut mettre en œuvre pour de telles déterminations. Mais l'idée n'est pas nouvelle : les conseillers agricoles - et les scientifiques qui vont sur le terrain-savent bien se forger des références de couleur verte pour évaluer les parcelles visitées quant à leur niveau de nutrition azotée. Cet examen empirique de la couleur verte a par exemple été utilisé systématiquement pour l'ananas (4). Plus anciennement, une référence de 1935, nous montre le souci d'auteurs allemands de déterminer la teneur en chlorophylle pour le diagnostic de la nutrition azotée (2).

J'espère que les exposés qui vont suivre vont nous permettre de constater qu'ils relèvent d'une même problématique scientifique, qu'ils apportent une originalité tout en se rattachant à une histoire des idées dans leur domaine et qu'ils confirment l'intérêt qu'il y a pour les agronomes à développer et à diffuser de tels outils.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. CHAPMAN G.W., 1941. – Leaf analysis and plant nutrition. *Soil Sci.*, 52, 63.
2. GASSNER G. et GOEZE G., 1935. – Versuche zur Bestimmung des aufnehmbaren Bodenstickstoffs durch Bestimmung des Chlorophyllgehalts. *Ergehn. Agrikulturchemie*, 4, 106.
3. GREGORY F.G., 1926. – The effect of climatic conditions on the growth of barley. *Ann. Bot.*, 40, 1.
4. LACOEILLE J.J., 1984. – L'ananas. *In* : l'analyse du végétal dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Ed. Lavoisier Tec & doc, 810 pages.
5. LAGATU H. et MAUME L., 1932. – Le diagnostic foliaire de la pomme de terre. *Ann. Agron.*, 3, 306-362
6. LECOMPT M., 1959. – Tests rapides pour le contrôle sur le terrain de la nutrition minérale des plantes cultivées. *C.R. Acad. Agr.*, 16, 802-809.
7. LOUE A., 1984. – Blé, orge. *In* : l'analyse du végétal dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Ed. Lavoisier Tec&doc, 810 p., 643-666.
8. LUNDEGARDH H., 1944. – Die blattanalyse. Authorized translation by R.L. MITCHELL : Leaf analysis. Hilger and Watts Ltd. London, 1951, 176 pages.
9. MITCHELL H.L., 1936. – Trends in the nitrogen, phosphorus, potassium and calcium content of the leaves of some forest trees during the growing season. *Black Rocks Forest Papers*, 1, 30.
10. MOSER F., 1940. – Plant composition as an index of soil fertility. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 5, 147.
11. PREVOT P., OLLAGNIER M., 1956. – Méthode d'utilisation du diagnostic foliaire, in : *Analyse des plantes et problèmes des fumures minérales*, I.R.H.O. Paris, 176-192.
12. THOMAS W., 1937. – Foliar analysis. Principe and practise. *Plant physiol.*, 12, 571.
13. ULRICH A., 1943. – Plant analysis as a diagnostic procedure. *Soil Sci.*, 55, 101.
14. WAGNER P., 1920. – Die Ernährung der Pflanze, p. 82.
15. WALLACE ., 1951. – The diagnostic of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. *Ed. London. His Majesty's stationery office.*, 107 pages.