

# Indicateurs de fertilité et durabilité des systèmes de culture au début du XIX<sup>e</sup> siècle

## L'approche de Albrecht THAËR (1752 - 1828)

C. Feller<sup>(1)</sup>, J. Boulaye<sup>(2)</sup> et G. Pedro<sup>(2)</sup>

- (1) IRD (ex-Orstom), Laboratoire de Biogéochimie du Sol, CENA-USP, CP 96, 13400-970 Piracicaba (SP), Brésil.  
(2) Académie d'Agriculture de France, 18 rue Bellechasse, 75007 Paris, France

*En hommage à notre regretté ami et confrère,  
Philippe Duchaufour  
qui fut un des grands spécialistes de l'humus.*

### RÉSUMÉ

L'identification d'indicateurs robustes et quantifiés de la fertilité du milieu en vue d'une évaluation à long terme de la durabilité des systèmes de culture est une préoccupation majeure de la recherche agronomique actuelle, tant dans les pays du Nord que du Sud. Cette question a été abordée au tout début du XIX<sup>e</sup> siècle par l'agronome allemand Albrecht Daniel Thaër et il nous paraît intéressant de rappeler ici ses travaux. Dans un premier temps, nous resituons l'oeuvre de Thaër dans son contexte historique, de la fin du XVI<sup>e</sup> (Palissy) jusqu'au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle (Liebig). Puis nous montrons comment Thaër élabore une échelle de fertilité quantifiée (en " *degrés de fécondité du sol* ") extrêmement élaborée, intégrant les propriétés du sol, la demande de la plante, les itinéraires techniques mis en jeu et les successions culturales. Ces degrés se réfèrent à une productivité pour une céréale standard, le seigle ; l'unité est le scheffel de seigle par journal (environ 2 q/ha). A partir de cet outil, Thaër analyse, de manière chiffrée, la pertinence des principaux systèmes de culture de l'Allemagne de l'époque (assolements complexes) pour le maintien ou l'amélioration de la fertilité du milieu. Il donne une échelle de " *Valeur intrinsèque du terrain* " (*tableau 1*). Ses commentaires s'inscrivent directement dans la problématique de la durabilité. Des applications sont données pour l'analyse d'assolements complexes (*tableau 2*). Les calculs sont faits pour 8 systèmes de culture plutôt théoriques (*tableau 3*) et 9 systèmes réels. Les mêmes tendances de variation sont observées entre les deux approches. Ici Thaër fait en quelque sorte de la modélisation sans le savoir. Enfin Thaër complète cette analyse agronomique par une analyse économique extrêmement détaillée de ces 9 systèmes de culture (*tableau 4*) et commente les limites et potentialités de chacun. Ce système de Thaër a été très utilisé pendant un demi-siècle et probablement avec succès, car intégrant un grand nombre de connaissances empiriques sur les sols et la fertilisation organique. Malheureusement, les bases scientifiques de ce système, la " *théorie de l'humus* ", se sont avérées définitivement fausses à partir de 1840 avec les travaux de Liebig et la " *théorie de la nutrition minérale* " des plantes. Ceci a beaucoup nui à Thaër pour sa célébrité posthume et l'on a un peu oublié, au-delà de ce choix théorique mauvais mais aux applications pratiques efficaces, combien cet homme fut un grand savant. Il mérite d'être redécouvert aujourd'hui avec nos propres interrogations.

### Mots clés

*Histoire Science du Sol, D.A. Thaër, XIX<sup>e</sup> siècle, Humus, Système de culture, Indicateur de fertilité, Durabilité*

**SUMMARY****INDICATORS OF FERTILITY AND SUSTAINABILITY OF CROPPING SYSTEMS AT THE BEGINNING OF THE 19 TH CENTURY: the A.D. Thaër (1752 - 1828) approach**

In advanced and developing countries, it is nowadays of a major agronomical concern to identify strong and quantitative fertility indicators for evaluating the sustainability of cropping systems. This question had been followed extensively by the German agronomist Albrecht Daniel Thaër as early as the beginning of the XIX<sup>th</sup> century. It is therefore interesting to recall his work now. First we shall set Thaër's works in their historical context background again from the end of the XVI<sup>th</sup> century (Palissy) to the middle of XIX<sup>th</sup> century (Liebig). We shall then show how Thaër built up a quantitative and complex fertility scale (into "fertility degrees") based on soil properties, nutrient requirements of plants, crop rotation and management sequences. These "degrees" referred to a standard rye productivity, the unity being "the scheffel of rye per journal" (ca. 2 quintals per hectare). By using this tool, Thaër analysed how relevant were the main cropping systems of Germany in terms of maintenance or improvement of fertility. His comments fit directly into the problem of sustainability. A scale of the soil value is presented (Table 1). Examples are given for 8 theoretical systems and 9 existing systems (Tables 2 and 3). These 2 groups of systems displayed the same tendency in variations. A modelling approach, unwittingly! For the 9 existing systems, Thaër completed this fertility evaluation by a very detailed economical analysis, commenting the agro-economical limits and potentialities of each system (Table 4). The Thaër's approach was largely used with success during half a century as it combined numerous empirical findings on soils and organic fertilization to a very elaborated model. Unfortunately, the scientific foundations of this model, the "humus theory", proved definitively false as soon as 1840 with Liebig's works and his "mineral nutrition theory" despite effective practical applications. This has prejudiced Thaër's posthumous fame. This great scientist deserves to be rediscovered nowadays with our own questions for sustainability.

**Key-words**

Soil science history, D.A. Thaër, 19 th century, humus, cropping system, fertility Indicators, sustainability.

**RESUMEN****INDICADORES DE FERTILIDAD Y SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO AL PRINCIPIO DEL SIGLO 19: el enfoque de Albrecht Thaer (1752-1828)**

La identificación de los indicadores básicos y cuantificados de la fertilidad del medio en vía a una evaluación a largo plazo de la sustentabilidad de los sistemas de cultivo es una mayor preocupación de la investigación agronómica actual, tanto en los países del Norte que del Sur. Esta cuestión fue discutida al principio del siglo 19 por el agrónomo alemán Albrecht Daniel Thaer y nos parece interesante recordar aquí sus trabajos. En un primer término, ponemos la obra de Thaer en su contexto histórico, del final del siglo 16 (Palissy) hasta la mitad del siglo 19 (Liebig). Posteriormente mostramos como Thaer elabora una escala fina de fertilidad cuantificada (en "grados de fecundidad del suelo), integrando las propiedades del suelo, la demanda de la planta, los itinerarios técnicos y las sucesiones culturales. Estos grados se refieren a una productividad por un cereal tipo, el centeno; la unidad es el scheffel por jornal (aprox. 2 q/ha). Con esta herramienta, Thaer analiza, con valores, la pertinencia de los principales sistemas de cultivo de Alemania de antaño (rotaciones complejas) para el mantenimiento o el mejoramiento de la fertilidad del medio. Da una escala de "valores intrínsecos de terreno (tabla 1). Sus comentarios se inscriben directamente en la problemática de la sustentabilidad. Aplicaciones son dadas para el análisis de las rotaciones complejas (tabla 2) Los cálculos se hicieron para 8 sistemas de cultivo más bien teórico (tabla 3) y 9 sistemas reales. Las mismas tendencias de variación se observaron entre los dos enfoques. Aquí Thaer hace modelización sin saberlo. En fin Thaer completa este análisis agronómico por un análisis económico extremadamente detallado de estos 9 sistemas de cultivo (tabla 4) y comenta los límites y las potencialidades de cada uno. Este sistema de Thaer fue usado durante medio siglo y probablemente con éxito, porque integra un número importante de conocimientos empíricos sobre los suelos y la fertilización orgánica. Desgraciadamente, las bases científicas de este sistema, la teoría del humus, se comprobaron definitivamente falsas a partir de 1840 con los trabajos de Liebig y la teoría de la nutrición mineral de las plantas. Esto dañó mucho a Thaer para su celebridad póstuma y olvidamos como este hombre fue un gran sabiente, más allá de esta elección teórica mala, pero con aplicaciones prácticas eficaces. Merece hoy de ser descubierto de nuevo con nuestras propias interrogaciones.

**Palabras claves**

Historia Ciencia del suelo, D.A. Thaer, siglo 19, humus, sistema de cultivo, indicador de fertilidad, sustentabilidad.

De très nombreux travaux et congrès sont consacrés depuis une décennie, tant pour les pays du Nord que du Sud, aux problèmes de durabilité des systèmes de culture. L'appréciation de cette durabilité peut être faite à partir de situations expérimentales ou paysannes mais recouvrant des échelles de temps pluri-décennales. Le problème est qu'à chaque modification des conditions de milieu, l'analyse antérieure n'est plus valable. Il faut donc arriver à modéliser le fonctionnement des systèmes de culture à partir de paramètres généralement simples, robustes et de préférence quantitatifs. Le parallélisme avec les fonctionnements économiques a conduit à l'usage du terme " *indicateur* " pour ces paramètres.

On peut donc rechercher, dans le passé, d'éventuelles théories visant justement à l'identification d'indicateurs quantifiés de fertilité en vue d'une modélisation du fonctionnement des systèmes de culture. L'agronome allemand Albrecht Thaër, le plus important et le plus célèbre de la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle (cf. *annexe*), nous paraît être un précurseur exceptionnel de cette approche.

Thaër construit son système d'évaluation à partir de ce qui a été appelé la " Théorie de l'Humus ", doctrine agricole qui a dominé toute la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle.

Aussi, cet article vise, d'une part, à un bref rappel historique sur les théories concernant la nutrition des plantes et le rôle de l'Humus dans la fertilité jusqu'au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, d'autre part, à montrer comment la Théorie de l'Humus permet à Thaër d'élaborer un remarquable système quantifié d'évaluation de la durabilité des systèmes de culture et, au-delà, à proposer une modélisation du fonctionnement des systèmes de production.

Ce travail s'appuie uniquement sur l'ouvrage de référence (4 volumes) de cet auteur, " Les Principes raisonnés d'agriculture ", dont l'édition originale en allemand est parue en 1809 et la traduction française à partir de 1811. Tous les extraits de Thaër cités dans ce travail proviennent de l'édition française.

## RAPPEL HISTORIQUE SUR LE CONCEPT " D'HUMUS " ET LA NUTRITION VÉGÉTALE AVANT 1809

### Les significations du terme " Humus "

Le travail de Thaër s'appuyant sur la " Théorie de l'humus ", un retour historique sur la signification du terme Humus (Feller et Boulaine, 1987) et les bases théoriques de la nutrition végétale s'impose (Feller, 1997a, b).

L'Humus est au centre des débats sur la nutrition végétale et donc sur la fertilité, et ce, depuis l'Antiquité, mais avec des définitions et des concepts qui varient fortement selon les époques, et particulièrement au XVIII<sup>e</sup> siècle. Il y a là une confusion sémantique qui n'est d'ailleurs pas encore tout à fait réglée de nos jours

puisque le même terme garde encore ses deux significations de constituant organique des sols ou d'horizon pédologique (Duchaufour, 1970). Pour les agronomes latins (Virgile, Columelle) le terme Humus a la signification de " sol " mais ce terme latin est progressivement abandonné après Cicéron (106-43 av. J.C.) et est remplacé par " terra " qui conduit, en français à l'utilisation des mots " terre ", " terreau ", " terre végétale ". Vers 1400, on voit réapparaître la racine latine dans des termes comme " inhumer " et en 1753 Wallerius utilise le terme latin dans sa classification des terres. Mais c'est en 1765, que la réapparition " officielle " du mot latin Humus se fait dans l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert (vol. 8), avec la signification de " terre végétale ". A partir de 1781, on note que le terme Humus est passé du latin au français car il est plusieurs fois cité dans le " Cours complet d'agriculture " (1781-1805) de l'Abbé Rozier, ouvrage sous forme de dictionnaire qui représente la synthèse des connaissances agronomiques de l'époque. On peut toutefois y lire, à propos de l'Humus des définitions très différentes telles que :

- " *la terre calcaire est donc la seule terre végétale, le véritable Humus soluble dans l'eau et la seule qui établit et constitue la charpente des plantes... si on amoncelle les plantes... si on les laisse se décomposer... on obtiendra en dernière analyse, la terre calcaire pure, le véritable Humus... Cultivateurs ne songez qu'à créer ce précieux Humus... qui est une vraie terre animalisée... la seule qui entre dans la composition des plantes* " (1796, T. 1, p. 627),

ou encore, cette autre définition mieux en rapport avec le sens actuel de ce terme, comme,

- "... *ce sont les arbres qui ont insensiblement préparé la terre que nous cultivons. Elle doit à leurs débris entassés pendant une longue suite de siècles, cet humus ou terre végétale qui assure l'abondance des moissons... Abattez une forêt... semez continuellement sur ce terrain, peu à peu les récoltes absorberont la terre végétale, les pluies en entraîneront le reste... Ce sol auparavant noir et fertile changera de couleur, il ne restera plus qu'un grain de terre sec, aride et granuleux* " (1781, T. 1, pp. 390-401),

Cette dernière citation illustre bien aussi l'un des principes de nutrition des plantes de l'époque, à savoir que les plantes " absorbent la terre végétale (ou Humus) " pour constituer leur matière sèche, annonçant ainsi les justifications expérimentales ultérieures qui serviront de base aux travaux de Thaër.

En 1823, le grand chimiste Chaptal parle encore de " *Humus minéral* " !

Ce sera Thaër (1811-1816) qui, le premier, donnera une définition précise de l'Humus en tant que constituant des sols :

" *Le nom qu'on donne ordinairement à cette substance est terreau. Cette expression a été mal comprise par beaucoup de gens lorsque par là, il ont entendu la couche de terre végétale et non cette partie particulière des substances qui la constituent. Cette méprise a été faite, même par quelques écrivains savants agronomes, et cela a augmenté d'autant l'obscurité qui planait*

déjà sur cette partie de la science. C'est pour cela que j'ai adopté la dénomination d'Humus, sur laquelle il ne peut pas y avoir d'équivoque. En général dans la science, la dénomination terre ne lui convient pas; ce n'est, à proprement parler, point une terre; elle n'a été désignée sous ce nom qu'à cause de sa forme pulvérulente... L'Humus est le résidu de la putréfaction végétale et animale, c'est un corps noir " (T. 2, pp. 102-114).

Suit une description très détaillée et complète pour l'époque de sa composition, son extractibilité et ses propriétés et qui reste acceptable de nos jours (Feller et Boulaine, 1987).

### **Théories sur la nutrition végétale et les doctrines agricoles avant et après Thaër**

La majorité des travaux historiques sur les théories de la nutrition végétale se réfèrent systématiquement à la trilogie : Palissy et sa théorie des " Sels " (1580), Thaër et sa théorie de l' " Humus " (1809), Liebig et sa théorie " Minérale " (1840).

Bernard Palissy, l'homme de la céramique, est une figure majeure des sciences naturelles<sup>(1)</sup> il est non seulement un des premiers géologues et paléontologues au sens actuel aussi, mais un des premiers pédologues (Feller, 1987 et 1989).

Il est généralement considéré comme le précurseur génial de la théorie minérale de la nutrition des plantes développée par Liebig en 1840. On a toutefois largement surestimé l'apport conceptuel de Palissy à ce sujet, par le simple fait que l'on a attribué au vocable " sel " utilisé par cet auteur, la signification de substance minérale au sens actuel et non celle donnée par l'auteur lui-même qui est beaucoup plus floue (Feller, 1998). Voici à titre d'illustration quelques extraits, jamais cités, des oeuvres complètes de Palissy (édition de 1880): " (le sel) est l'ossature de toutes choses... celà forme les senteurs et les saveurs... le sucre est sel... le tannin est sel... le sel blanchit toute chose... c'est un mastic qui lie les matières minérales... qui resjouyt les humeurs... entretient l'amitié entre le mâle et la femelle à cause de la vigueur qu'il donne ès parties génitales... il aide à la génération... et rend toutes choses en corps diaphane... il fait végéter et croître toutes semences...). A la fin du XVI<sup>e</sup> siècle, même chez Palissy, on est encore loin de théories crédibles de Liebig sur la nutrition minérale des végétaux.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, des idées plus ou moins similaires à celles de Palissy sur les eaux et les sels sont développées par Van Helmont (Boulaine, 1989). Au début et milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, de nombreux auteurs tels que Valmont de Bomare, Pluche, Home, Duhamel du Monceau, La Salle de l'Etang, Bonnet, Rozier invo-

quent les "sucs", les "huiles", les "substances bitumineuses" comme principes de végétation (Feller & Boulaine, 1987; Feller, 1997a, b). Il faut signaler aussi la théorie de l'anglais Jethro Tull (1733) qui défend que la plante se nourrit par ses racines de minuscules particules de terre, ce qui conduit à préconiser: (i) la multiplication des labours pour diviser la terre, (ii) l'abandon de la fertilisation par les fumiers. Cette théorie fut d'abord largement défendue par Duhamel du Monceau (1750-1756) mais critiquée par Pattullo (1759) et La Salle de l'Etang (1764). Duhamel du Monceau finira par se rallier à la nécessité de l'emploi des fumiers (Bourde, 1967, pp. 311-386).

Toutefois, dès 1880, Fabbroni (cité par Bourde, 1967), et dont les travaux sont peu connus, n'hésite pas à écrire dans ses " Réflexions sur l'état actuel de l'agriculture... ", " Nous pouvons donc conclure que l'air inflammable (oxygène) et l'élément de la lumière qui sont absorbés par les feuilles, l'eau et l'air fixe (gaz carbonique) pompés par les racines et par les autres parties extérieures des végétaux, sont les vrais principes nourissants des plantes ". Il en tire des conséquences sur les restitutions organiques qui, grâce à leur décomposition, vont fournir les éléments nutritifs (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) à la plante. A la même époque sont publiés les travaux précurseurs bien connus sur la photosynthèse: ceux de Priestley (1777) sur le dégagement d'oxygène par les plantes vertes, du hollandais Ingen-Housz (1780) sur le rôle de la lumière dans ce phénomène, de Senebier (1782) sur l'assimilation du gaz carbonique par les plantes.

A l'opposé, en 1792, Hassenfratz publie encore trois mémoires dans les Annales de Chimie " Sur la nutrition des végétaux ". Dans les deux premiers, il s'évertue à démontrer la fausseté des théories récentes du rôle de l'air dans la nutrition carbonée des végétaux, en particulier celle de Ingen-Housz (1780). Il écrit alors dans le troisième mémoire: " Concluons que de toutes les manières d'expliquer l'accroissement du carbone des plantes par l'acte de végétation, celle qui a un rapport le plus direct avec les engrais, celle qui s'accorde le mieux avec tous, est la dissolution du charbon dans l'eau, sucé ensuite par les racines et déposé dans l'intérieur des plantes; qu'ainsi, le charbon dissous dans l'eau est une des substances nutritives des plantes ". Toutefois, à la lecture complète de ce troisième mémoire, on peut constater que cette conclusion ne s'appuie sur aucun fait nouveau expérimental. Aussi une polémique s'engage en 1792 à ce sujet avec Séguin (Boulaine, 1989, p. 90), soutenu par Lavoisier, jusqu'à la mort de ce dernier sur l'échafaud.

Toutefois, le débat reste très contradictoire fin XVIII<sup>e</sup> et début du XIX<sup>e</sup> siècle entre les défenseurs, pour la nutrition carbonée des plantes, des théories de la photosynthèse ou des théories de l'Humus. Celle-ci est défendue par Virey (1803), mais combattue fermement par Patrin (1803): "... on sait que ce n'est pas aux dépens du sol mais de l'atmosphère que les végétaux prennent leur accroissement. Mille expériences en ont fourni la preuve directe ". De même, De Saussure (1804) démontre que si la plante peut se nourrir partiellement à partir du " terreau " (matière

1: Et pour la petite histoire, signalons enfin que Palissy peut être considéré comme un des premiers publicistes. En effet, il organise en 1575 et 1576 des conférences payantes avec des affiches publicitaires indiquant qu'il remboursera le quadruple du prix d'entrée à qui lui démontrera la fausseté de ses théories. Et il édite le catalogue des participants (Palissy, 1880, pp. 328-329).

organique du sol), 95 % de sa matière sèche proviennent bien de l'atmosphère.

Ce n'est (malheureusement) pas à Virey ou De Saussure que Thaër empruntera ses bases théoriques sur la nutrition des plantes pour construire son système, mais plutôt à Hassenfratz. Comme nous le verrons, une des bases de la théorie de l'Humus est l'hypothèse que la source des matières carbonées de la plante est l'humus du sol.

La " théorie de l'humus " a prévalu pratiquement jusqu'en 1840.

Comme transition entre la " *théorie de l'Humus* " largement diffusée après les travaux de Thaër et la " *théorie minérale* " qui n'est pas encore clairement exprimée, il faut citer les théories de Martin (1829). Cet auteur est remarquable et précurseur en bien des points. Il affirme clairement que la plante prend l'essentiel de ses substances carbonées dans l'air et l'eau. Mais il accorde un rôle majeur à l'Humus (dans la nutrition de la plante) en enrichissant les teneurs en gaz carbonique de l'atmosphère au cours de sa décomposition, et non en carbone soluble, selon la théorie de Hassenfratz. Ces problèmes de concentration de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère sont, est-il utile de l'écrire, particulièrement à l'ordre du jour actuellement. La conséquence pratique de cette " théorie de l'Humus " déjà " minérale " est que la gestion de la fertilité passe nécessairement aussi par des restitutions organiques au sol.

C'est en 1840, que Liebig confirme que la totalité de la matière sèche de la plante provient de composés minéraux : le carbone à partir du gaz carbonique, l'hydrogène à partir de l'eau, l'azote, le phosphore et les autres éléments minéraux, à partir des sels solubles dans les sols ou les eaux. La " Théorie de la nutrition minérale de la plante " permet d'expliquer brillamment le rôle fertilisant des apports minéraux au sol. Cette théorie sonna le glas de la " Théorie de l'Humus " et conduisit à l'ère de la fertilisation par les engrais chimiques. Les " minéralistes " ont remporté une victoire. Il est inutile de développer plus cette partie ici qui est largement documentée dans tous les traités historiques sur l'agronomie (Grandeau, 1879 ; Boulaine, 1989). Il faut tout de même signaler que, dès la parution des travaux de Liebig, si la majorité des agronomes s'accordaient sur les fondements théoriques de la nutrition minérale des plantes, un certain nombre s'interrogeaient sur les conséquences, en terme de gestion des sols, de l'emploi exclusif des engrais minéraux. Les propos de Grandeau (1878) sur les " exagérations " de Ville (1853, 1867), grand adepte de la fertilisation minérale, sont significatifs à cet égard : " *Pour ma part, je ne saurai trop m'élever contre les dangereuses assertions de M.G. Ville en ce qui concerne le fumier de ferme et la possibilité de s'en passer dans une exploitation normale* ". En effet, Grandeau, dans le mémoire cité, propose une théorie qui réconcilie " Théorie de l'Humus " et " Théorie minérale ", en attribuant un rôle essentiel à l'Humus comme facteur de solubilisation, et donc d'assimilabilité, des éléments minéraux naturellement peu disponibles pour la plante. C'est la création du concept de " biodisponibilité ". Il reçoit d'ailleurs, à ce sujet, une lettre d'accord et de félicitations de Liebig.

Il nous faut voir maintenant comment une oeuvre, celle de Thaër, bâtie sur des fondements théoriques faux, peut apparaître précurseur par ailleurs.

## LES BASES SCIENTIFIQUES DE LA " THÉORIE DE L'HUMUS " DE THAËR

La " Théorie de l'Humus " est basée sur les deux considérations scientifiques suivantes :

### Toute la matière sèche de la plante provient d'une partie de l'Humus du sol

Si Thaër semble connaître les travaux de De Saussure, il les interprète exagérément dans le sens qui lui convient (Thaër, T.2, p. 105). Et les fondements expérimentaux du rôle nutritif de l'humus sont à rechercher dans les travaux de Hassenfratz (op. Cité). L'Humus constitue donc une offre potentielle de " sucs nourriciers " pour la plante. Il s'agit de l'humus soluble à l'eau bouillante ou " matière extractive ". En conséquence, pour gérer la fertilité, il faut gérer le bilan d'Humus et compenser les exportations de matière organique par la plante par des restitutions organiques au sol.

### La demande de la plante en " sucs nourriciers " est sélective et varie selon les plantes cultivées

Les fondements expérimentaux de cette hypothèse sont à rechercher dans les travaux de Einhof (Thaër, T.1, p. 214). Einhof est un collaborateur de Thaër, mais les références de ses travaux ne sont pas données dans son ouvrage. En conséquence, le niveau de fertilité (du sol) va dépendre aussi de la succession des cultures.

Ces bases théoriques, impliquant à la fois le sol et la plante, permettent à Thaër d'élaborer un système quantifié complexe, mais total, d'évaluation et de prédiction de la fertilité.

## THAËR : UNE ÉCHELLE QUANTIFIÉE DE LA FERTILITÉ NATURELLE ET INDUITE PAR LES PRATIQUES ET SUCCESSIONS CULTURALES

Les grandes qualités de Thaër sont la précision dans les définitions et le souci de quantifier dans le but d'aboutir à une " agriculture raisonnée " comme l'indique le titre de l'ouvrage. Rappelons que de nos jours, encore, une des approches d'une agriculture moderne se réfère à celle d'" agriculture raisonnée " (cf. le titre de l'ouvrage de Paillot, 2000) même si le qualificatif " raisonnée " n'est pas utilisé dans ce cas là uniquement par une préoccupation de quantification, mais plutôt comme une approche globale associant les questions de production agricole et d'environnement. Thaër recueille donc un nombre très impor-

tant de données, soit à travers la bibliographie, soit par ses propres recherches et celles de ses collègues directs.

Sur le plan conceptuel, il faut insister sur le fait que la notion de fertilité selon Thaër (traduite indifféremment par "fertilité" ou "fécondité" dans l'édition en français) intègre à la fois le sol et la plante, et ce que l'on appellerait aujourd'hui les itinéraires techniques, dont et surtout, les successions culturales. Aussi, même si les fondements théoriques de Thaër peuvent être critiqués, son approche est tout à fait contemporaine dans le sens de Sebillotte (1982).

D'autre part, la durabilité du système est analysée non seulement en termes pédologique (épuisement du sol) et agronomique (productivités animale et végétale) mais aussi économique, avec la définition d'un étalon de productivité qui servira à la fois d'indicateur quantifié de la fertilité et de base de calcul économique.

La démarche est décrite ci-dessous.

### Choisir un indicateur quantifié de la fertilité

L'indicateur, qui servira aussi d'étalon de référence, est la productivité du seigle. L'unité de mesure est le "scheffel de seigle / journal" (sch/jl), soit environ 2 quintaux / ha.

Thaër pose *a priori* que tout sol capable de produire 2 sch/jl (soit environ 4 quintaux / ha) présente un degré de fertilité de 40. Cette valeur de 40 est donnée pour une "glaise sablonneuse, terrain à orge de 2<sup>ème</sup> classe" contenant 28 % d'argile, 70 % de sable, 2 % d'humus et pratiquement pas de calcaire. Rappelons que les rendements moyens en grains de céréales à l'époque étaient de 6,5 à 10 q / ha (Boulaïne et Feller, 1989; Boulaïne, 1992). Par ailleurs Thaër définit la "fécondité naturelle du sol". C'est le niveau de productivité du sol quand celui-ci est suffisamment épuisé pour que le bilan économique de la production soit nul ou négatif. Il ne faut surtout pas épuiser le sol au-delà de sa fécondité naturelle car "il faut d'autant plus de frais pour lui rendre la fécondité nécessaire" (T.1, p. 221). Un tableau (T.2 p. 136) récapitule la "valeur intrinsèque" (ou fécondité naturelle) du terrain sur une échelle de 1 à 100 pour 20 sortes de terre (tableau 1). La valeur de 100 est posée arbitrairement pour le terrain le plus fertile. Cette échelle, relativement empirique, met en relation la valeur intrinsèque avec la composition des sols en argile, sable, chaux et humus. Mais Thaër s'empresse bien de préciser les limites de cette échelle: celle-ci n'est valable que "pour les sols à humus doux... exempt d'acide... par conséquent soluble... car l'humus acide détruit la fécondité du sol" et pour des épaisseurs moyennes de terre végétale d'environ 6 pouces.

Dans ses commentaires, Thaër distingue, selon une qualité décroissante, principalement six classes de terrains: Riche terre à froment, Terre à froment, Riche terre à orge, Terre à orge, Terre à avoine, Terre à seigle.

On notera aussi que la "valeur intrinsèque" des terrains n'est pas uniquement reliée à la teneur en Humus du sol, mais tient compte des teneurs et en argile ou en sable et en chaux. Ainsi,

pour la classe des riches terres à froment correspondant à des sols argileux, la "Valeur intrinsèque" diminue de 1° pour chaque diminution de 1 % du taux d'argile. Pour les terrains dits "glaiseux" (lehm) ou sablonneux, la valeur intrinsèque diminue de 1° pour chaque augmentation de 1 % du taux de sable. Pour chaque classe, toutes choses égales par ailleurs, une augmentation ou une diminution du taux d'humus de 0,5 % conduit à une augmentation ou une diminution de 5° de la valeur intrinsèque<sup>(2)</sup>. Une augmentation de 10 % du taux de chaux s'accompagne d'une augmentation de 5 à 10° de la valeur du terrain.

La valeur du terrain sera aussi modulée par d'autres facteurs telle que l'épaisseur de la couche de terre végétale. Un tableau est donné (T.2 p. 141) pour réévaluer la première estimation: un pouce supplémentaire augmente de 4° la valeur du terrain et un pouce de moins peut le diminuer de 8°.

De très nombreux autres commentaires illustrent cette partie consacrée aux "Diverses espèces de terrains, leur valeur, leur emploi et leurs propriétés, dans leurs rapports avec les parties constituantes du sol". Thaër insiste sur la nécessité de "découvrir la composition (du sol), à l'aide de ses caractères extérieurs seulement" (T.2, p. 138). Ceci le conduit à nous tenir un vrai discours de prospection pédologique (T.2, pp. 164-166). En voici quelques extraits:

- "Après la couleur... les indices de la présence de l'humus... sont la légèreté du sol... et une certaine odeur de moisi qui lui est propre... L'argile indique sa présence, par sa tenacité et son onctuosité au toucher; le sable par son âpreté... ou encore en examinant avec une loupe... On s'assure de la présence de chaux par l'effervescence avec les acides",

- "Pour faire d'une étendue de terrain, une description exacte, fondée tant sur la composition que sur le mélange des parties constituantes dont le sol est composé, et qui puisse servir de guide, non-seulement dans l'estimation de la valeur du sol, mais encore dans sa culture et dans le choix de l'assolement, il est absolument nécessaire de suivre une marche régulière et bien ordonnée..." puis suit une description du quadrillage du terrain, une élaboration d'un plan avec "stations", etc.,

- "... l'agronome observe la nature du sol... Aussitôt qu'il aperçoit un changement... il fait marquer cette station sur le plan; alors il examine d'une manière plus particulière... il fait enlever quelques pelées de terre avec la bêche... et s'il lui semble utile il en fait mettre... environ une livre... dans un petit sac sur lequel il marque le numéro ou la lettre de la station... l'on n'omet pas d'indiquer si le changement a eu lieu de manière tranchante, ou... par nuances",

- sur le plan on peut porter aussi "les divers mélanges dont le sol est composé, par des couleurs lavées en indiquant les chan-

2: Cette justification des calculs pour l'effet de l'humus est difficilement compréhensible dans le texte de Thaër.

**Tableau 1** - Composition de quelques sols et échelle de " Valeurs des terrains " correspondants**Table 1** - Composition of some soils and their value's scale

| Les mélanges de terre dont nous allons faire l'énumération, sont dans les proportions suivantes, relativement à leur valeur intrinsèque |  |  |                         |                   |                   |                  |                 |
|---|--|--|-------------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| N°  | Dénomination systématique              | Dénomination usuelle                     | Combien ils contiennent |                   |                   |                  | Valeur p.r cent |
|   |  |  | d'argile p.r cent       | de sable p.r cent | de chaux p.r cent | d'humus p.r cent |                 |
| 1   | Argile fortement imprégnée d'humus     | Riche terrain à froment                  | 74                      | 10                | 4,5               | 11,5             | 100             |
| 2   | Terre très tenace et imprégnée d'humus | De même                                  | 81                      | 6                 | 4                 | 8,4              | 98              |
| 3   | De même                                | De même                                  | 79                      | 10                | 4                 | 6,5              | 96              |
| 4   | Riche terre marneuse                   | De même                                  | 40                      | 22                | 36                | 4                | 90              |
| 5   | Terrain léger imprégné d'humus         | Terrain de prairies                      | 14                      | 49                | 10                | 27               | ?               |
| 6   | Terrain sablonneux id.                 | Riche terrain à orge                     | 20                      | 67                | 3                 | 10               | 78              |
| 7   | Riche terrain argileux                 | Bom terrain à froment                    | 58                      | 36                | 2                 | 4                | 77              |
| 8   | Terrain marneux                        | Terrain à froment                        | 56                      | 30                | 12                | 2                | 75              |
| 9   | Terrain argileux                       | De même                                  | 60                      | 38                | (*)               | 2                | 70              |
| 10  | Terrain glaiseux                       | De même                                  | 48                      | 50                |                   | 2                | 65              |
| 11  | Glaise                                 | De même                                  | 68                      | 30                |                   | 2                | 60              |
| 12  | Terrain argileux                       | Terrain à orge de 1 <sup>re</sup> classe | 38                      | 60                |                   | 2                | 60              |
| 13  | De même                                | Terrain à orge de 2 <sup>e</sup> classe  | 33                      | 65                |                   | 2                | 50              |
| 14  | Glaise sablonneuse                     | De même ibid.                            | 28                      | 70                |                   | 2                | 40              |
| 15  | De même                                | Terrain à avoine                         | 23,5                    | 75                |                   | 1,5              | 30              |
| 16  | Sable argileux                         | De même                                  | 18,5                    | 80                |                   | 1,5              | 20              |
| 17  | De même                                | Terrain à seigle                         | 14                      | 85                |                   | 1                | 15              |
| 18  | Terrain sablonneux                     | De même                                  | 9                       | 90                |                   | 1                | 10              |
| 19  | De même                                | Terrain à seigle de 6 ans                | 4                       | 95                |                   | 0,75             | 5               |
| 20  | De même                                | Terrain à seigle de 9 ans                | 2                       | 97,5              |                   | 0,5              | 2               |

\* Ils ne contiennent qu'une quantité très insignifiante de chaux en sus de celle qui est restée insoluble ou en grains dans les espèces de terrains ci-dessus.

gements insensibles par des nuances... représenter les hauteurs et les enfoncements par des traits... caractériser la plus ou moins grande quantité d'humus par des points noirs... et toutes choses dignes de remarque... Si la couche inférieure du sol change... cela peut très bien être rendu sensible dans le profil du nivellement par des couleurs qui indiquent l'épaisseur des diverses couches... Il faut faire usage de la tarière ou sonde des terrains, et l'introduire aussi profondément et aussi souvent que cela est nécessaire ". Tout ceci "...indiquera bientôt quelles sont les espèces (de terrains) homogènes, et quelles sont celles dont la nature diffère, sans que le plus souvent, on soit réduit à avoir recours à l'analyse chimique ",

- et Thaër de conclure: " Pour l'agronome éclairé, peut-être nulle opération plus que celle-là, ne compensera par son utilité et ses agréments, la peine qu'elle aura donnée; cet agronome y trouvera la solution de divers phénomènes qu'auparavant il ne pouvait s'expliquer à lui-même, et ainsi il pourra porter un remède efficace à divers inconvénients auxquels il était exposé dans la culture de son fonds ".

## Quantifier la demande en " sucres nourriciers " par la plante (et donc l'appauvrissement du sol)

Ce sont les travaux de Einhof qui sont utilisés avec l'élaboration d'une échelle comparative d'exigence en " sucres nourriciers " pour les différentes grandes cultures. Par " sucres nourriciers " il faut entendre " le principe glutineux, l'amidon et le mucilage sucré ". Selon les analyses de Einhof, les " sucres nourriciers " sont, dans les proportions suivantes: " blé-froment 78 %, blé-seigle 70 %, orge 65 à 70 % selon espèce et sa bonté, avoine 58 %, lentilles 74 % ".

Ainsi, si le seigle exige 10 degrés de fertilité en sucres nourriciers pour une récolte de 2 sch/jl, soit un appauvrissement du sol de 10°, alors, pour un même niveau de productivité, le blé-froment appauvrira le sol de 13° (culture plus exigeante), l'orge de 7°, l'avoine (culture moins exigeante) de 5° (T.1, p. 215).

## Quantifier l'amélioration de la fertilité selon les pratiques et successions culturales

" L'épuisement occasionné par les récoltes de grains est réparé de trois manières... par l'apport de fumier, par la transformation du champ en pâturage, par une jachère morte d'été ".

Thaër estime les améliorations:

■ pour le fumier, à 10° de fertilité par charriot de 2000 livres de fumier bien fermenté ordinaire provenant de pailles et d'excréments de bêtes à cornes, de chevaux ou de cochons. L'effet serait plus grand pour le fumier des bêtes à laine et surtout pour le parage,

■ pour les prairies, à 4 à 14° selon le niveau de productivité végétale de la prairie en vue de nourrir le bétail puisque celui-ci va conditionner les restitutions de fumier. La quantification peut s'effectuer de deux manières, à partir, soit de la surface nécessaire pour la nourriture complète d'une vache, soit " d'après l'état de fécondité dans lequel le sol se trouve lorsqu'il est laissé en herbage ":

■ d'après la superficie.

Ainsi, si seulement 4 journaux sont nécessaires pour nourrir une vache, l'amélioration sera jugée égale à 6°, alors que pour une superficie 2 fois moindre (2 journaux) l'amélioration sera égale à 14°. Pour le calcul avec d'autres animaux, un tableau de correspondance que l'on pourrait nommer " équivalent-vache " est donné au T.3, p. 278; à titre d'exemple, si 3 journaux sont nécessaires pour une vache de 450 livres (poids vivant), il faut 4,5 pour un cheval, 1,5 pour une chèvre et 0,5 pour un cochon. Ceci étant en plus modulé par la qualité (poids) du bétail;

■ d'après la fécondité dans lequel le sol se trouve lorsqu'il est laissé en herbage

De la nature du précédent et du niveau de fertilité, vont dépendre la productivité de l'herbage: si une terre à 40° de fécondité gagne 10°, dans les mêmes conditions celle à 90° en gagnera 15 (tableaux T.1, p. 219). Concernant le trèfle semé, le même type de calcul est appliqué: amélioration de 10° pour un terrain à

60° de fécondité et de 16° pour un terrain à 90° de fécondité. Toutes ces valeurs sont modulées par d'autres facteurs tels que: " le nombre de récoltes céréales que le terrain a produit depuis qu'il a été fumé la dernière fois ", le nombre d'années (2 à 5) depuis la mise en pâturage, " la disposition du sol à produire des herbages, bonne ou médiocre " (tableau T.3, p. 281).

■ pour la " jachère morte ", à 10° de fertilité pour un terrain à 40° de fécondité, à 12° pour 60° etc.

Si nous avons quelque peu détaillé cette partie (et bien peu par rapport à l'ouvrage!), c'est bien pour illustrer le niveau d'élaboration du système de quantification qui prend bien en compte les interactions multiples qui s'exercent au sein d'un système de culture et qui conditionnent les transferts de fertilité. Il n'est pas évident que notre réflexion actuelle sur ces transferts soit plus élaborée que celle développée par Thaër.

## THAËR : APPLICATION À LA DURABILITÉ DE DIVERS SYSTÈMES DE CULTURE COMPLEXES

### Evaluation des variations pluriannuelles de fertilité de divers systèmes de culture théoriques

Nous donnons comme exemples de calculs dans le tableau 2 les cas théoriques de 2 systèmes de culture:

■ Assolement triennal de 9 ans avec jachère morte,

■ Assolement alterne perfectionné de 7 ans avec nourriture du bétail à l'étable.

Ces tableaux sont reproduits (avec légères modifications) du Tome 1 (pp. 226 et 230).

Dans le cas de l'assolement triennal classique, il y a perte de fécondité de 17° alors que pour l'assolement alterne perfectionné, il y a gain de 30°. Le commentaire de Thaër pour l'assolement triennal est le suivant: " La fécondité... de ce sol a perdu... 17,24. Résultat qu'aura toujours une culture, qui, après un amendement de 5 chariots de fumier par journal, prendra 6 récoltes de grains. Pour que l'épuisement du sol n'épuisât pas, la rotation eût déjà dû être interrompue après la cinquième récolte; cependant au moyen d'un parage, la sixième récolte eût encore pu avoir lieu... sans fumer de nouveau (p. 226) ". Puis il fait une comparaison entre les 2 systèmes: " Pour l'assolement triennal... il faudra absolument se procurer ailleurs un supplément d'engrais<sup>(3)</sup> ou bien n'exiger qu'une récolte en trois années, afin de donner dans l'intervalle à la terre une année de repos et une jachère complète. Quant à l'assolement alterne perfectionné, l'on sera obligé de le

3: Rappelons que si l'«engrais» est bien le principe nutritif de la plante, ce sont, ce que nous appelons aujourd'hui, les amendements organiques qui sont à cette époque considérés comme des «engrais».



**Tableau 2** - Exemple de calculs selon Thaër pour évaluer les variations de fertilité selon 2 systèmes de culture théoriques**Table 2** - Some calculations Thaër used for the evaluation of fertility under 2 theoretical cropping systems

| Cours des récoltes (Année 1 à i)   | Produit de la récolte (scheffels) | Sucs absorbés (degrés) | Fécondité ajoutée (degrés)      | Fécondité restante (degrés) |
|--|-----------------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| <b>Assolement triennal de 9 ans avec jachère morte</b>                               |                                   |                        |                                 |                             |
|  |                                   |                        | <b>Fécondité naturelle = 40</b> | <b>40</b>                   |
|  |                                   |                        | Fumier 5 charriots = 50         | 90                          |
| jachère  | -                                 | -                      | 10                              | 100                         |
| seigle   | 6                                 | 30                     | -                               | 70                          |
| orge   | 5                                 | 17,5                   | -                               | 52,5                        |
| jachère  | -                                 | -                      | 11                              | 63,5                        |
| seigle   | 3,81                              | 19,05                  | -                               | 44,45                       |
| avoine   | 4,44                              | 11,11                  | -                               | 33,34                       |
| jachère  | -                                 | -                      | 10                              | 43,34                       |
| seigle   | 2,6                               | 13,0                   | -                               | 30,34                       |
| avoine   | 3,03                              | 7,58                   | -                               | 22,76                       |
|  |                                   |                        | <b>Perte de fécondité</b>       | <b>-17,24</b>               |
| <b>Assolement alterne perfectionné de 7 ans avec nourriture du bétail à l'étable</b> |                                   |                        |                                 |                             |
|  |                                   |                        | <b>Fécondité naturelle = 40</b> | <b>40</b>                   |
|  |                                   |                        | Fumier 4 charriots = 50         | 90                          |
| pommes de terre  | 80                                | 30                     | 10                              | 100                         |
| orge   | 7                                 | 25                     | -                               | 75                          |
| trèfle   | -                                 | -                      | 13                              |                             |
|  | 88                                |                        |                                 |                             |
| trèfle   | -                                 | -                      | 13                              | 101                         |
| seigle   | 6,06                              | 30,03                  | -                               | 70,7                        |
| pois + 4 fumiers   | -                                 | 20                     | 50                              | 100,7                       |
| seigle   | 6,04                              | 30,21                  | -                               | 70,49                       |
|  |                                   |                        | <b>gain de fécondité</b>        | <b>+30,49</b>               |

modifier, en substituant à une partie des plantes à fourrage des végétaux destinés à la vente, qui en absorbant sa surabondance d'engrais, l'élève ainsi au plus haut produit auquel il puisse atteindre". Voilà un magnifique discours sur la durabilité!

La démarche est appliquée à 8 modèles de systèmes. Le tableau 3 résume les résultats (T.1, p. 230).

### Evaluation des variations pluriannuelles de fertilité de divers systèmes de culture réels

Une comparaison avec 9 exploitations réelles plus ou moins représentatives de ces systèmes est ensuite faite (T.1, pp. 232-

237). Il s'agit de :

- N° 1. Assolement triennal de 9 ans avec jachère morte,
- N° 2. Nouvel assolement de Westphalie (assolement triennal perfectionné),
- N° 3, 4 et 5. Divers assolements alternes avec pâturage du Mecklembourg,
- N° 6. Assolement alterne avec pâturage du Holstein,
- N° 7. Assolement alterne avec pâturage du bétail à l'étable la nuit,
- N° 8. Assolement alterne avec pâturage du gros bétail à l'étable,
- N° 9. Système avec gros bétail à l'étable et bêtes à laine.

**Tableau 3** - Variations de la fertilité pour 8 systèmes de culture théoriques**Table 3** - Variations of fertility for 8 theoretical cropping systems

| Assolements   | Augmentation | Diminution |
|---|--------------|------------|
| Assolement triennal avec jachère morte et 5 chariots fumiers en 9 ans |              | 17,24      |
| Le même... avec pois sur première jachère                             |              | 22,67      |
| Le même... avec pommes de terre                                       |              | 23,47      |
| Assolement triennal de 7 ans, avec pâturage                           | 17,67        |            |
| Celui de 9 ans, idem  | -            | 0,34       |
| Celui de 11 ans, idem   | 6,75         |            |
| Assolement alterne de 4 ans, avec nourriture à l'étable               | 53,76        |            |
| Celui de 7 ans, idem  | 43,55        |            |

Les systèmes 1 à 6 correspondent aux systèmes dominants de l'Allemagne de cette époque, les systèmes 7, 8 et 9 seraient plutôt des propositions améliorantes impliquant des investissements, en particulier en fourniture de fumiers.

Les variations de fertilité en degrés entre le début et la fin de l'assolement sont les suivantes :

- variations de -2 à +2,5° pour N<sup>os</sup> 1 et 2,
- gains de 15 à 30° correspondant aux assolements avec pâturages N<sup>os</sup> 3 à 7,
- perte de 4° pour l'assolement N° 8 avec nourriture à l'étable mais pour une exploitation avec faibles apports de fumiers,
- gain de 39° pour l'assolement N° 9 avec nourriture à l'étable.

Globalement, les grandes tendances observées avec les cas théoriques se retrouvent avec les exploitations réelles à l'exception de l'assolement N° 8. Mais, cette situation est difficilement comparable aux modèles théoriques équivalents traités ci-dessus.

### Evaluation économique de divers systèmes de culture réels

Thaër étudie les mêmes systèmes de culture que précédemment. Il en fait une évaluation économique extrêmement précise, basée sur les bilans d'Humus et les coûts de production. Pour ce faire, il établit les relations entre apports organiques et productions végétales et animales et quantifie les entrées et les sorties d'Humus au niveau de la parcelle et de l'exploitation. Il en déduit les quantités de fumier nécessaires pour atteindre une productivité donnée en céréales, et la surface indispensable en prairies pour maintenir un cheptel suffisant aux besoins de fertilisation. Il mesure, saison par saison, tous les temps de travaux, leur coût, ainsi que celui de l'entretien et la surveillance du bétail et de l'exploitation en général. Les données économiques sont exprimées en scheffels de seigle.

Ceci est présenté en 9 très gros tableaux et 1 tableau récapitulatif aux dernières pages du dernier volume (T. 4). Ce dernier est reproduit ici au *tableau 4*.

Cette dernière rubrique est la synthèse de l'ensemble sur l'intérêt économique de ces 9 systèmes de culture. On peut distinguer 3 groupes de systèmes qui couvrent une large gamme de produit net :

- le N° 1 avec un produit net de seulement 1514 scheffels de seigle,
- les N° 2 à 5 avec des valeurs variant de 2200 à 3030 scheffels de seigle,
- les N° 6 à 9 avec des valeurs variant de 4320 à 5940 scheffels de seigle.

Nous donnons ici un résumé et quelques extraits des commentaires de Thaër (T.2, pp. 5-7):

- Système N° 1. C'est l' " *Assolement triennal (système des jachères) dans toute sa pureté* ". Thaër met l'accent sur l'absence des prairies, le faible niveau de production de fumier et sa faible qualité : " *le fumier ne peut-être que pailleux et maigre, par conséquent beaucoup moins actif* ". Et peut-être même que le rendement affiché est surestimé.

- Système N° 2. C'est l' " *Assolement triennal perfectionné... qui est aujourd'hui fort usité, on le trouve établi dans la plus grande partie du royaume actuel de Westphalie, pays favorisé par la nature, et que l'on pourrait appeler Nouvel assolement de Westphalie* ". Ce système implique une jachère recevant 6 chariots de fumier. Il est considéré comme satisfaisant car évite un trop important travail du sol sur des terrains marneux. " *D'ailleurs les circonstances locales ne permettent pas qu'il soit échangé contre un meilleur* ".

- Systèmes N° 3, 4, 5. Ce "... *sont des assolements alternes de divers genres avec pâturages tels qu'on les rencontre dans le Mecklembourg* ". Au-delà de leur productivité, leur intérêt réside dans le fait que " *ce sont ceux qui exigent le moins de travaux et frais d'exploitation... ce qui les rend particulièrement recommandables dans un pays qui manque de bras et de capitaux* ".

- Systèmes N° 6, 7, 8, 9. Ces systèmes correspondent tous à des " *assolements alternes avec pâturages* " et améliorations de la gestion du bétail à l'étable. Ils impliquent une intensification des

**Tableau 4** - Évaluation économique des 9 systèmes de culture**Table 4** - Economical evaluation of 9 cropping systems

| N° | PARALLÈLE entre les neuf Systèmes de Culture ci-devant |  |          |  |   |   |  |
|----|--|--|----------|--|---|---|--|
|    | PRODUIT en paille                                      | PRODUIT en fourrages, réduit en quintaux de foin | ENGRAIS  | FRAIS de culture, réduits en scheffels de seigle | PRODUIT DU BÉTAIL, réduits en scheffels de seigle | PRODUIT DES GRAINS, réduit en scheffels de seigle | PRODUIT NET, réduit en scheffels de seigle |
|    | Quintaux   | Quintaux   | Quintaux | Scheffels  | Scheffels   | Scheffels   | Scheffels                                  |
| 1  | 5794   | 1800   | 15188    | 1451   | 558   | 2387  | 1514                                       |
| 2  | 9748   | 4020   | 27536    | 1853   | 1003  | 3755  | 2885                                       |
| 3  | 5961   | 4194   | 20310    | 1530   | 1417  | 2785  | 2670                                       |
| 4  | 6244   | 5480   | 19448    | 1520   | 1280  | 2786  | 2545                                       |
| 5  | 6002   | 5200   | 18404    | 1546   | 1039  | 2706  | 2199                                       |
| 6  | 6464   | 4650   | 22228    | 1582   | 1651  | 2958  | 3028                                       |
| 7  | 9895   | 11400  | 56590    | 2412   | 3037  | 3698  | 4323                                       |
| 8  | 13717  | 14850  | 51154    | 2803   | 3331  | 5414  | 5942                                       |
| 9  | 10973  | 12315  | 41791    | 2514   | 3178  | 4323  | 5188                                       |

pratiques de culture et d'élevage. Dans le système 6 (dit de Holstein) l'amélioration consiste en " *une bonne préparation du sol, ce en quoi l'on péchait ci-devant dans le Holstein*". Dans le système 7, " *on y a joint la méthode de retirer le bétail dans les étables pendant la nuit, et de lui donner à manger là le matin avant de le mettre au pacage... Le haut produit de bétail y est dû à l'abondance des fourrages unie au pâturage*". Le système 8 " *est un assolement alterne appliqué à nourriture du gros bétail à l'étable, et calculé sur ce genre d'économie. La grande quantité d'engrais qu'il procure autorise à en attendre au moins ce produit en grains. C'est ici que les travaux et les frais s'élèvent le plus haut; cependant, c'est également ici que le produit net est le plus considérable*". Quant au système 9, " *il réunit à la nourriture du gros bétail à l'étable, l'entretien d'un troupeau de bêtes à laine. On conçoit qu'il ne s'agisse ici que de moutons de races perfectionnées... aussi cette exploitation doit-elle nécessairement parvenir à un état remarquable de prospérité*".

Et Thaër de conclure: " *chacun de mes lecteurs pourra facilement calculer le produit proportionnel que chacune de ces exploitations tire du journal de son terrain*".

On appréciera le jugement d'ensemble par rapport aux contraintes locales, mais aussi les variantes que l'on est susceptible de rencontrer et les perspectives dans certains cas.

## CONCLUSIONS

Thaër est un savant-agronome exceptionnel par bien des aspects (cf. aussi l'Annexe de cet article pour en savoir un peu plus). Ses contemporains d'ailleurs ne s'y sont pas trompés, il a joui

d'un très grand prestige, et ses écrits ont marqué fortement toute la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. C'est ainsi que Royer (1847, *comm. pers. J.P. Legros*), dans son ouvrage sur l'agriculture allemande, écrit: " *fondateur (à qui) nous avons voué, depuis 20 ans, une sorte de culte*". Mais aussi, dans leurs " *portraits des hommes utiles*", publiés entre 1833 et 1840, Montyon et Franklin, font figurer Thaër en bonne place, entre Humphry Davy (l'inventeur anglais de la lampe de sûreté pour les mineurs) et Guttemberg (l'homme de l'imprimerie).

Sa grande erreur, qui en fera peut-être un personnage un peu secondaire pour la postérité, c'est d'avoir fait un travail remarquable de collecte de données et de réflexion sur la gestion des systèmes de culture, mais basé sur une hypothèse fautive, à savoir que le principal nutriment carboné de la plante est l'humus du sol. Si au lieu de bilans organiques, il avait appliqué la même démarche aux bilans minéraux, il serait considéré comme l'un des plus grands agronomes de tous les temps. L'époque n'était probablement pas très favorable à cette approche, car toute la fertilisation était basée sur des restitutions organiques. Ce point mis à part, cet agronome est d'une actualité étonnante, et son ouvrage se lit comme un traité contemporain d'agronomie. C'est aussi un " *pédologue*" avant l'heure comme nous l'avons un peu évoqué. Sa démarche est globale, traitant de la fertilité dans toutes ses composantes (offre du sol, demande de la plante, itinéraires techniques), et constamment quantifiée, tentant de n'ignorer aucune des interactions complexes qui commandent le fonctionnement des systèmes de culture. Les questions auxquelles il s'attelle, et en se donnant les moyens d'y répondre, sont singulièrement d'actualité puisqu'il s'agit de la recherche d'indicateurs quantifiés et robustes de la fertilité du milieu et de l'évalua-

tion de la durabilité bio-physique et économique des systèmes de culture, voire des exploitations. Enfin, il adopte déjà une démarche de modélisateur en confrontant des résultats de systèmes plutôt théoriques à des systèmes réels.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement M. Emmanuel Frossard, professeur à l'Ecole Polytechnique de Zurich, pour les éléments biographiques sur E.V.B. Crud, MM. Jean Paul Legros (INRA/ENSAM, Montpellier, France) et Jérôme Balesdent pour leurs suggestions et compléments bibliographiques, ainsi que M<sup>me</sup> Marie-Christine Larre-Larrouy et M. Uwe Herpin pour leur aide sur le résumé en anglais.

## BIBLIOGRAPHIE

- Boulaïne J., 1989 - Histoire des pédologues et de la science des sols. Inra Editions, Paris, 285 p.
- Boulaïne J., 1992 - Histoire de l'agronomie en France. Lavoisier Ed., Paris, 392 p.
- Boulaïne J., Feller C. -1989 - Etablissement du premier record de France de productivité du blé par le sieur Charlemagne - Bobigny, 8 août 1766. C.R. Acad. Agric. Fr., 75 (4) : pp. 31-38.
- Bourde A., 1967 - Agronomies et agronomes en France au XVIII<sup>e</sup> siècle. S.E.V.P.E.N. Ed., 3 vol., Paris, 1740 p.
- Chaptal Cte de., 1823 - Chimie appliquée à l'agriculture (T.1, p. 43). Huzard Ed., Paris.
- Diderot, d'Alembert, 1765 - Encyclopédie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers. T. 8., chez Briasson, David l'Ainé, Le Breton, Durand, Libr., Paris.
- Duchauffour Ph., 1970 - Article Humus. In: " l'Encyclopédie Universalis " Ed., Vol. 8, p. 610, Paris.
- Duhamel du Monceau, 1750-1756. Traité de la culture des terres suivant les principes de M. Tull, Anglais. 6 vol., Paris. (Réf. tirée de Bourde, 1967).
- Fabroni, 1880 - Réflexions sur l'état actuel de l'agriculture ou exposition du véritable plan pour cultiver ses terres avec le plus grand avantage et pour se procurer des engrais. Paris. (Réf. tirée de Bourde, 1967).
- Feller C., 1987 et 1989 - Bernard Palissy a-t-il manié la tarière? Lettres de l'AFES, 11 : 2-3 et 14 : 8.
- Feller C., 1997a - The concept of soil humus in the past three centuries. *Advances in GeoEcology*, 29, pp. 15-46.
- Feller C., 1997b - La matière organique des sols: aspects historiques et état des conceptions actuelles. C.R. Acad. Agric. Fr., 83 (6) : 85-98.
- Feller C., 1998 - Petites histoires d'Humus. Une histoire d'eau... bien salée, de Bernard Palissy. Lettre de l'AFES, 46, pp. 6-7.
- Feller C., Boulaïne J. 1987 - La réapparition du mot Humus au XVII<sup>e</sup> siècle et sa signification agronomique. *Revue Forestière Française* 29 (6), pp. 487-495.
- Grandeau L., 1878 - Recherches expérimentales sur le rôle des matières organiques du sol dans la nutrition des plantes. pp. 225-352, In " Annales Station Agronomique de l'Est ". Berger-Levrault et Cie Ed., Nancy.
- Grandeau L., 1879 - Chimie et physiologie appliquée à l'agriculture et à la sylviculture. 1. La nutrition de la plante. Berger-Levrault et Cie Ed., Paris, 624 p.
- Hassenfratz J.U., 1792 - Sur la nutrition des végétaux. *Ann. Chim.* 13, 178-192 et 318-330, et 14, 55-64.
- Ingen-Housz J., 1780 - Expériences sur les végétaux. Paris. (Réf. tirée de Bourde, 1967).
- La Salle de l'Etang, 1764 - Manuel d'agriculture pour le laboureur, pour le propriétaire et pour le gouvernement avec la réfutation de la nouvelle méthode de M. Thull. Paris. (Réf. tirée de Bourde, 1967).
- Liebig J., 1840 - Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. Vieweg u.S., Braunschweig.
- Martin A.E., 1829 - Traité théorique et pratique des amendements et des engrais. Rousselon Libr. Ed., Paris, 576 p.
- Montyon et Franklin, 1836 - Portraits et histoire des hommes utiles, hommes et femmes de tous pays et de toutes conditions, tome 1833-1836, Société Montyon et Franklin, Paris, Imprimerie Paul Renouard, non paginé, 400 p. environ. (com. pers. J.-P. Legros)
- Paillotin G., 2000 - L'agriculture raisonnée. Rapport remis au Ministre de l'Agriculture et de la pêche, le 23/02/2000.  
*Site Internet* [www.agriculture.gouv.fr/medi/etude/welcome.html](http://www.agriculture.gouv.fr/medi/etude/welcome.html)
- Palissy B., 1580 - Oeuvres complètes. P. Charavay Ed., Paris, 499 p.
- Patrin, 1803 - Article: Humus, terre végétale ou terreau. In: " Nouveau dictionnaire d'histoire naturelle appliquée aux arts, principalement à l'agriculture et à l'économie rurale et domestique ", T. 11, pp. 445-447, Crapelet Ed., Paris.
- Pattullo H., 1759. Essai sur l'amélioration des terres. Durand Libr., Paris, 285 p.
- Priestley J., 1777 - Expérience et observations sur différentes espèces d'air. Traduit de l'anglais par Gibbelin, 5 vol., Nyon Ed., Paris.
- Royer, 1847 - L'agriculture allemande, ses écoles, son organisation, ses mœurs. Paris imprimerie Royale, 541 p. (com. pers. J.-P. Legros).
- Rozier l'Abbé, 1781-1805 - Cours complet d'agriculture théorique, pratique, économique et de médecine rurale et vétérinaire. 12 t., Rue et Hôtel Serpente, Paris.
- Saussure Th.de, 1804 - Recherches chimiques sur la végétation. Nyon Ed., Paris (Fac simile, Gauthiers-Villars Ed., Paris, 1957), 327 p.
- Sebillotte M., 1982 - Pratiques des agriculteurs et évolution de la fertilité du milieu. Éléments pour un jugement des systèmes de culture. N° spécial " Fertilité du milieu et Agriculture ", B.T.I. N° 370-372: 425-436.
- Senebier, 1782 - Mémoires physico-chimiques sur l'influence de la lumière solaire pour modifier les êtres des trois règnes de la nature et surtout ceux du règne végétal. 3 vol. (Réf. tirée de Bourde, 1967).
- Thaër A., 1811-1816 - Principes raisonnés d'agriculture. Trad. De l'allemand par E.V.B. Crud, J.-J. Prechoud Ed. 4 t., Paris, 372-266-504-473 p.
- Tull J., 1733. Horse-hoeing husbandry or an essay on the principles of tillage and vegetation. London. (Réf. tirée de Bourde, 1967).
- Ville G., 1853 - Recherches expérimentales sur la végétation. Librairie Masson, Paris, 130 p.
- Ville G., 1867 - Les engrais chimiques. Entretien agricoles. Librairie Agricole, 3 t., Paris, 388-405-402 p.
- Virey, 1803 - Article: Alimens. In: " Nouveau dictionnaire d'histoire naturelle appliquée aux arts, principalement à l'agriculture et à l'économie rurale et domestique ", T. 1, pp. 555-572, Crapelet Ed., Paris.
- Wallerius J.-G., 1753 - Minéralogie ou description générale des substances du règne minéral. Durand et Pissot Ed. Paris, t. 1, 111 p.

## ANNEXE

## Quelques éléments biographiques de A.D. Thaër et de son traducteur E.V.B. CRUD

### ALBRECHT DANIEL THAËR (1752-1828)

Le texte ci-dessous est emprunté au livre de Boulaïne et Legros (1998, pp. 303-304).

Cet agronome allemand est le fondateur de l'École d'Agriculture de Moëglin. Il est né à Zell le 12 mai 1752 et mort dans la même localité le 26 octobre 1828. Il était membre correspondant de l'Académie des Sciences française et fut nommé membre étranger de la Société d'Agriculture le 12 février 1804.

Médecin, il pratiqua quelques années, puis il décida de se vouer à la promotion de l'agriculture. Praticien d'abord, il se fit le propagateur de la pomme de terre. Il adopta un assolement avec trèfle et plantes à racines et supprima de ce fait la jachère tout en améliorant considérablement l'alimentation du bétail dans des terres légères et sèches où les prairies ne réussissaient pas. Il vulgarisa, créa et fabriqua du matériel agricole. Sa carrière scientifique commença avec son " Introduction à l'agriculture anglaise " écrite à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. Puis il édita de 1790 à 1804 les " Annales de l'agriculture de la Basse-Saxe " et publie en 1809 les " Principes raisonnés d'agriculture " dont il a été question ici et qui ont été traduits en français (1811-1816) par l'agronome suisse E.V.B. Crud (cf. biographie ci-dessous). Les ouvrages de Thaër eurent un très grand succès.

Thaër fonda à Zell une première école d'agriculture. En 1806, il acheta, en Prusse, 960 hectares dont 408 de terres labourables. En 1819, avec l'aide du gouvernement, il y constitua l'Institut Royal d'Agriculture, celui de Moëglin, le premier d'Allemagne et un des tout premiers d'Europe avec le Georgicon hongrois. Il fut très soutenu politiquement et financièrement par les autorités de Prusse. Cet Institut de Moëglin servit de modèle à de nombreux établissements d'enseignement agronomique en Europe, notamment Grignon en France. Il fut aussi imité en Europe centrale. Mais selon le témoignage en 1844 de Royer, inspecteur de l'agriculture, l'école de Moëglin avait mal survécu à son fondateur.

L'influence de Thaër fut considérable sur l'agriculture prussienne. Il démontra les progrès que l'on pouvait obtenir sur des terres sableuses de ce pays, développa la culture des betteraves et des pommes de terre et se consacra à l'élevage des moutons et à la production de laine. Appelé au gouvernement de son pays, il obtint la privatisation des terres collectives et leur mise en valeur. Par ses publications et jusqu'à sa mort, il a contribué à

codifier et à répandre les meilleures techniques agronomiques de son temps.

Outre les titres que Thaër avait reçus des Académies de France, il était aussi : seigneur héréditaire de Moëglin, Conseiller d'État de S.M. le Roi de Prusse, membre de l'Académie Royale des Sciences de Berlin, de l'Académie Royale de Goettinguen, de l'Institut d'Amsterdam, du Département d'Agriculture de la Grande Bretagne, de la Société des Amis de l'Histoire Naturelle de Berlin et de plusieurs sociétés économiques.

### ELIE-VICTOR-BENJAMIN CRUD

La lecture des 4 volumes en français du livre de Thaër montre que le traducteur est un homme remarquable en terme de pratique agricole, de réflexion agronomique et de connaissance des travaux de l'époque. Crud, au cours de sa traduction a vérifié tous les calculs de Thaër, et donne des valeurs corrigées lorsque nécessaire, ce qui arrive régulièrement. Il n'hésite pas non plus à donner son point de vue, concordant ou critique, sur de nombreuses questions et parfois à mieux préciser les champ d'application des hypothèses de Thaër. Mais il prend bien la précaution de ne pas mélanger ses observations à celle du texte de Thaër, en les incluant systématiquement en notes de bas de page. Dans sa préface, il écrit : " *lorsque j'ai eu à faire quelque observation ou quelque modification qui fussent une suite de la différence de notre sol et de notre climat, ou des opinions que j'ai contractées, tant par la méditation que l'expérience, j'ai dû les joindre dans des notes, et nullement les intercaler dans le texte* ". Et il ajoute plus loin : " *je ne me suis permis aucun retranchement* ". C'est louable et à signaler car peu dans l'habitude de l'époque (comm. pers. J.-P. Legros). Si pour Royer, la qualité de la traduction de Crud " *laisse à désirer* ", elle est considérée comme " *excellente* " par Montyon et Franklin (comm. pers. J.-P. Legros).

Tout ceci nous a donné envie d'en savoir plus sur ce personnage. Un article en allemand de sept pages lui a été consacré par Martini (1964) et nous en rapportons ici un résumé succinct.

Elie-Victor-Benjamin Crud est né à Lausanne le 24 février 1772 et décédé le 15 mai 1845 dans la même ville.

Fils de notaire, il fait des études classiques et s'installe lui-même comme notaire de 1796 à 1801 à Lausanne. Il occupe

aussi diverses fonctions administratives et politiques telles que Président de la Chambre Administrative du Canton Léman et membre du Grand Conseil. En 1805, il est le Représentant de la Suisse à Chambéry pour accueillir l'empereur Napoléon comme roi d'Italie. Il est chargé en 1808-1809 de faire un rapport sur les établissements agricoles de Gutes Hofwyl dirigés par l'agronome E.v. Fellenberg (1771-1844), ce qui conduira à l'existence de relations fortes entre ces deux savants. De 1812 à 1836 il est installé en Italie à Massa Lombarda (Ravenne) où il a acquis une propriété. En 1838, il revient à Lausanne où il occupe diverses fonctions: membre du Conseil Municipal jusqu'à sa mort, vice-président du tribunal municipal, président de l'Institut des Aveugles.

Sur un plan scientifique il est considéré comme un promoteur de l'agriculture en France, en Italie et en Suisse. En France, d'une part, par sa traduction de l'ouvrage de Thaër, " Principes raisonnés d'agriculture " qui eut un grand succès, d'autre part par l'édition de son propre ouvrage, " Economie d'agriculture " (Paris, 1820 et 2<sup>e</sup> édition en 1839). Pour cet ouvrage, il recevra en 1833 la Médaille d'Or de la Société Royale d'Agriculture de France. De son activité agricole à Massa Lombarda, il tire un ouvrage intitulé " Economia teorica e pratica dell'agricoltura " (Venezia, 1842, 1844, 1845). En Suisse, ses rapports sur les établissements agricoles de E.v. Fellenberg à Hofwyl eurent un grand retentissement sur l'état de l'agriculture Suisse (Genève 1808 et 1816, Zurich 1808, Bâle 1809), et son " Mémoire sur l'assainissement de Villeneuve et de la plaine du Rhône " (Lausanne 1840) montre combien était grande la notoriété de Crud en matière d'aménagement et de gestion des terres.

## BIBLIOGRAPHIE

- Boulaine J., Legros J.-P., 1998 - D'Olivier de Serres à René Dumont. Portraits d'agronomes. TECDOC Ed., Paris, 317 p.
- Martini S., 1964 - E.V.B. Crud (1772-1845) ein Schweizer Agronom und Förderer der Landwirtschaft in Frankreich, Italien und in der Schweiz. Schweizerische Landwirtschaftliche Monatshefte, 42. Jahrgang: 283-291.