

Recherches agronomiques récentes dans le domaine des carences des sols et leur intérêt géographique

par Marcel GAUTIER

Le géographe a besoin de se tenir au courant de la recherche agronomique dans la mesure où il entend pleinement comprendre les vicissitudes de la vie rurale. Mais aux notions de pH, de teneur des sols en macro-éléments, par exemple en potassium, en acide phosphorique et en chaux, d'humus, d'horizons pédologiques, notions qui conservent toute leur valeur, il conviendrait d'ajouter celles qui concernent les carences du sol en certains oligo-éléments, notamment en manganèse et en cuivre. Elles éclairent l'échec de certaines tentatives de défrichement de landes dans des régions telles que la Bretagne, et certains mécomptes locaux dans des cultures spéculatives de plein champ, telles que celle du petit pois de conserve, mécomptes qui se traduisent sur la carte des cultures. Nous voudrions donc signaler l'état actuel de la recherche en la matière (1).

I. — LA « MALADIE DU DEFRICHEMENT » ET LES SEQUELLES DU CHAULAGE.

L'expérience paysanne avait constaté depuis longtemps que sur les défrichements de landes, les céréales souffraient de certaines carences. C'est ainsi que sur les sols acides de Bretagne, des tentatives de mise en culture avaient échoué. Par exemple, celles qui avaient été faites dans les landes granitiques de Phanton en Plémy (Côtes-du-Nord), au SW du Mené Bel-Air. Un précurseur en matière d'agriculture bretonne, COGNET DES CORREC, puis des Anglais avaient dû successivement abandonner là leurs entreprises aux XVIII^e et XIX^e siècles. La xéno-

(1) Je remercie très vivement ici mon ami M. COPPENET, Directeur de la Station d'Agronomie de Quimper (I.N.R.A.) qui a bien voulu me communiquer une documentation dans laquelle ses propres travaux tiennent une place essentielle, documentation à laquelle la présente note doit la majeure partie de son contenu. Je remercie également bien cordialement M. LE GAC, Instituteur itinérant agricole à Saint-Thurien, Finistère, qui m'a confié le texte d'un article inédit de vulgarisation rédigé par lui-même sur « la légende de la Bretagne pauvre par manque de chaux » et qui m'a fait visiter ses champs d'expériences sur sols carencés en cuivre dans la région granitique entre Scaër et Le Faouët. La présente communication a été présentée au Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences qui s'est tenu à Rennes, du 1^{er} au 6 juillet 1963.

phobie, en ce qui concerne les seconds, n'était pas seule en cause dans cet insuccès. En effet, vers 1938, une troisième tentative fut amorcée par un Loudéacien dans les landes de Phanton, défoncées au tracteur ; et d'emblée, le seigle réussit bien sur le défrichement aux terres grisâtres. Mais il apparut rapidement que l'on devrait s'en tenir là, comme sur bien d'autres terres récemment conquises, aux cultures traditionnelles de la Bretagne « réputée pauvre » : le seigle, le sarrasin, la pomme de terre de consommation courante. L'on pouvait donc classer cette troisième tentative de défrichement d'une lande rebelle avec celles qui avaient connu le même insuccès ailleurs, sur des terres acides, dérivées d'un sous-sol granitique ou granulitique.

Or, aux alentours de 1925, J. HUDIG découvrait, aux Pays-Bas, que le sulfate de cuivre, à raison de 50 à 100 kg à l'ha, guérissait les céréales atteintes de la « maladie du défrichement » qui se manifeste d'abord, sur des terres récemment mises en cultures, par une sorte de chlorose du blé, de l'orge ou de l'avoine, début d'une évolution pathologique dont le terme peut être la disparition de la plante ou le défaut d'épiaison. Déjà, en 1917, FLOYD avait trouvé que le sulfate de cuivre était efficace dans le traitement du « dieback » des agrumes, une maladie qui provoque le noircissement de l'extrémité des pousses de l'année, la mort du bourgeon terminal et le développement des bourgeons axillaires situés au-dessous. Et l'on avait, aussi bien aux Etats-Unis qu'en Australie, identifié la même maladie causée par une carence cuprique chez l'olivier, le poirier, le pêcher, l'abricotier et le pommier. Dans tous les cas, donc, il s'agissait de cultures arbustives. Mais J. HUDIG étendait le domaine d'action du sulfate de cuivre à la céréaliculture.

En 1933, les travaux de BRANDENBURG ouvraient encore plus largement la voie à l'étude de la carence cuprique et, en 1938, E.G. MULDER démontrait d'une façon convaincante la relation qui existe entre la « maladie du défrichement » et la carence en cuivre des sols. Au même moment, A.L. SOMMER trouvait expérimentalement que le cuivre est indispensable à la croissance des végétaux supérieurs.

C'est, en général, dans les sols riches en matières organiques et récemment défrichés que l'on a noté la déficience en cuivre, aussi bien en Europe — Hollande, Danemark, Allemagne du Nord, Scandinavie, U.R.S.S. — que dans l'Est des Etats-Unis. Mais elle existe également sur sols sableux et graveleux, en Australie et en Afrique du Sud. Dans l'Est du Massif armoricain, la carence en cuivre a été notée sur les grès armoricains des Avaloirs (Silurien), non loin de Pré-en-Pail ⁽²⁾. Phénomène observé, donc, dans des régions climatiquement diverses, mais sur sols le plus souvent riches en silice.

Le cuivre n'est d'ailleurs pas le seul élément du sol qui, à faible dose, joue un rôle dans la vie des plantes cultivées. La carence en cobalt est souvent associée à la carence en cuivre. Selon les études de l'Allemand RIEHM, cette carence en cobalt entraîne, chez les animaux nourris sur les terres atteintes, un état d'anémie, un affaiblissement général qui aboutit souvent à la mort des jeunes sujets, et des troubles de la reproduction. L'excès de molybdène, fréquent sur les sols dérivés des marnes du Lias et constaté, par exemple, dans le Bassigny (Haute-Marne), détermine également chez les animaux nourris sur ces terres une

(2) Observations de M. DUVAL, de la Station d'Agronomie de Quimper.

carence en cuivre, en chassant cet élément. Et l'agriculteur sait que les sels de fer sont efficaces dans le traitement de la chlorose des arbres fruitiers, que le zinc donne de bons résultats dans la lutte contre le dépérissement de ceux-ci et que le bore est le préventif de la maladie du cœur de la betterave. Mais le rôle du manganèse est, dans bien des régions, ignoré du cultivateur.

Or, l'intoxication de la pomme de terre par excès de manganèse en sol acide (pH infér. à 5) était connue dès 1947 aux Etats-Unis par les travaux de BERGER et de GERLOFF (*American potato Journal*, 24, 5, pp. 156-162). Même effet nocif de l'excès de manganèse sur l'arachide, selon M. FERRAND, dans la vallée du Niari, alors que le palmier à huile, sur sols de pH analogues, admet un seuil de toxicité plus élevé. Et M. FERRAND de signaler qu'une plante riche en silice — comme c'est le cas du palmier à huile — résiste beaucoup mieux à l'excès de manganèse qu'une plante pauvre en silice ou qui en absorbe peu. Dans le cas de l'arachide de la vallée du Niari, un apport de 3 t de chaux à l'ha bloqua suffisamment le manganèse pour que disparaisse la maladie par excès (3).

Par contre, c'est non un excès, mais une carence de certains sols finistériens en manganèse que constatait, en 1948, M. Y. COIC, alors directeur de la station agronomique de Quimper, en étudiant des jaunissements de céréales, suivis d'importantes baisses de rendement. Depuis, les prospections faites par la station d'agronomie de Quimper, sous l'impulsion de M. COPPENET, ont montré la fréquence de cette maladie de carence sur des sols ayant reçu des amendements calcaires qui ont élevé leur pH et qui, d'autre part, sont riches en matières organiques (60 à 80 pour mille, pour 2,5 à 4 pour mille d'azote total). L'excès de manganèse aux Etats-Unis s'accompagnait de l'acidité du sol ; dans le Massif armoricain, la carence est en rapport avec des pH relevés artificiellement. Le manganèse est là en quantité non moins abondante que dans les sols normaux, mais il est devenu moins assimilable sous l'influence de l'élévation du pH par un phénomène d'oxydation microbienne et chimique dont le mécanisme est mal connu, en dépit des recherches nombreuses effectuées à cet égard dans le monde entier.

Ainsi, le chaulage des terres acides n'est pas allé sans inconvénients. Dès la fin du XIX^e siècle, le bruit se répandait dans tout l'Ouest de la France que « la chaux enrichit le père et ruine les enfants ». L'on s'en prenait ainsi aux excès du chaulage qui provoquent le piétin-échaudage du blé, et qui bloquent certains principes fertilisants du sol, entravant notamment la mise en solution du manganèse et du bore.

Si, en l'état actuel de la recherche, le rôle du climat dans le comportement des plantes à l'égard du manganèse et du cuivre est mal défini, celui de la nature du sol paraît plus clair en ce qui concerne le cuivre. Il semble qu'au cours de l'évolution géosynclinale, le granite d'anatexie élimine le cuivre en provoquant sa migration vers des zones moins profondes, suivant le chemin qu'empruntent les éléments ferro-magnésiens et ferro-calciques. Le pyroxène et l'amphibole, qui sont des silicates, sont des constituants des roches riches en cuivre. L'eau de mer, qui contient plus de 200 microgrammes de cuivre par litre, est également riche à cet égard. L'on conçoit ainsi que les roches sédimentaires soient d'ordinaire mieux pourvues en cuivre que

(3) Cf. Bibliographie, N° 5.

la plupart des roches éruptives. De fait, à l'intérieur même du Massif armoricain, les teneurs moyennes en cuivre des échantillons analysés par la station d'agronomie de Quimper ont été les suivantes : grès quartzeux : 1,50 ; granites : 3,75 ; granulites : 5,48 ; micaschistes et schistes micacés (métamorphisme de contact) : 17,83 ; serpentines : 22,12 ; schistes primaires divers : 22,72 ; amphibolites : 88,50 (4). L'exemple du Massif armoricain illustrera d'ailleurs à la fois l'importance agricole de ces carences, les facteurs de leur répartition géographique et le rôle joué, dans leur étude, par la station d'agronomie de Quimper.

II. — L'EXEMPLE DU MASSIF ARMORICAIN.

Les cultivateurs bretons des régions granitiques et granulitiques avaient dû constater maintes fois, à leur corps défendant, l'échec de certaines cultures sur des terres défrichées depuis moins de 50 ans. Le seigle, le sarrasin, la pomme de terre et le chou fourrager, réussissaient seuls sur ces terres : cultures traditionnelles de la « pauvre Bretagne » dont le souvenir ne se conserve plus guère que dans les manuels attardés. Mais les autres céréales — le blé, l'orge et l'avoine — ne donnaient là que des récoltes dérisoires. Le trèfle violet réussissait mal. Les pois formaient de grosses gousses, en apparence prometteuses. En fait, l'on devait s'apercevoir à la récolte qu'elles étaient soufflées et pratiquement vides, ne renfermant que des grains minuscules. Echecs qui, d'une part, entretenaient la réputation de pauvreté des régions granitiques, s'accompagnaient d'un retard dans l'évolution rurale, ou menaient à l'abandon des productions de caractère commercial. L'on avait, dans les régions granitiques, tendance à s'abstenir de nouveaux défrichements, puisque c'est sur ceux-ci que le mal était le plus grave, et à s'en tenir à la production du seigle, du sarrasin, de la pomme de terre de consommation courante ; l'on y conservait aussi de vieilles variétés locales de céréales, variétés adaptées aux déficiences du sol, mais peu productives et délaissées ailleurs, telles que l'avoine « Kerc'h pilhou ». Au total, la carence du sol en cuivre contribuait au maintien d'un paysage rural où la lande gardait une place excessive, et d'une économie agricole archaïsante.

L'on avait cependant remarqué, sans en tirer d'autre conclusion que celle d'une possible action du courant électrique sur les cultures, qu'au-dessous des lignes de transport de force traversant des champs carencés de blé, d'orge, d'avoine ou de trèfle violet, une bande large d'1,50 m à 2 m, légèrement déportée dans le sens des vents dominants (SW), accompagnait la ligne en n'offrant nul symptôme de carence. Les plantes avaient là une croissance sensiblement normale. Disons tout de suite que les déficiences constatées ailleurs avaient pour origine une carence en cuivre du sol, et que, selon l'explication fournie par M. COPPENET, l'eau de pluie, chargée de gaz carbonique dissous, agressive à l'égard des métaux, se charge de quelques microgrammes de cuivre en solution au contact des fils électriques avant de choir, le vent aidant, en une pulvérisation très diluée sur les cultures sous-jacentes. Les conducteurs anciens sont recouverts d'une pellicule d'oxydes dont de menus fragments se détachent ; ces chutes, dans un délai moyen de 2 ans, comblent la déficience du sol.

(4) Bibliographie, Nos 2 et 3.

L'on avait aussi remarqué, ici et là, que le blé réussissait mieux s'il été précédé, dans la rotation des cultures, par la pomme de terre au lieu de l'être par la betterave, contrairement à l'opinion couramment admise. Mais le rapport de cause à effet échappait. Or, dans tous les cas constatés, les pommes de terre avaient été traitées contre le mildiou avec un fongicide cuprique dont l'action avait amélioré le teneur en cuivre du sol. Si bien que, vers 1952, la Direction des Services agricoles du Morbihan attirait l'attention de la station d'agronomie de Quimper sur les déficiences inexplicables de certaines cultures dans la région du Faouët. Très vite, le laboratoire décelait là les effets d'une carence en cuivre. Les recherches alors entreprises firent apparaître l'extension des sols carencés et les conséquences des carences. Nous avons cité les cultures sensibles à la carence cuprique ; le sont peu, celles que nous avons mentionnées comme telles, et le trèfle incarnat. Selon des expériences effectuées à Querrien, au Nord de Quimperlé, le blé d'hiver, sur sol carencé, ne donne que 8 quintaux à l'hectare au lieu de 20, l'escourgeon 6 quintaux à l'hectare au lieu de 25, l'orge de printemps 5 quintaux à l'hectare au lieu de 27, l'avoine de printemps 15 quintaux à l'hectare au lieu de 25. A Plogastel-Saint-Germain, dans le pays Nord-Bigouden, l'apport de sulfate de cuivre dans un sol carencé a fait passer le rendement en grain d'une orge de printemps de 9,6 à 30 quintaux à l'hectare ; sur un défrichement de landes à Kermenguy en Kerfeunteun (7 km N de Quimper), le rendement en grains d'un blé est passé, dans les mêmes conditions, de zéro à 15,6 quintaux à l'hectare. Ces quelques données suffisent à préciser l'importance des carences cupriques.

En outre, les effets du manque de cuivre se répercutent sur le bétail nourri sur les sols fortement carencés. Les bovins, notamment, peuvent alors présenter des désordres graves ; le phénomène, étudié en Hollande, en Ecosse et en Nouvelle-Zélande, a été constaté chez des vaches de race bretonne pie-noire dans une ferme de Plonéis (Finistère), aux terres particulièrement déficientes (5).

La carence en cuivre se manifeste toujours sur les parcelles qui offrent simultanément les conditions suivantes : sous-sol granitique ou granulitique — et c'est là condition essentielle ; mise en culture depuis moins de 50 ans ; absence de traitements antiparasitaires cupriques ; ce qui n'exclut nullement d'importants apports d'engrais chimiques et d'amendements calcaires. La teneur en cuivre des sols de landes où de champs carencés sur granulite est en moyenne plus de 2 fois plus faible que celle des champs non carencés sur même sol (4,04 contre 8,88 de cuivre total en p.p.m. de terre fine et sèche) et plus de 6 fois moins forte que la teneur moyenne des terres cultivées non carencées sur schistes ou roches non granitiques. La carte ci-jointe donne l'extension des sols carencés en cuivre dans les régions du Massif armoricain qui ont fait l'objet de recherches à cet égard. A noter que les granites sont, d'autre part, pauvres en cobalt.

Chronologiquement, c'est la carence de certains sols en manganèse qui attira d'abord l'attention de la station d'agronomie de Quimper. Nous avons vu en effet que, dès 1948, M. Y. Coic, alors directeur de la station, se préoccupait de rechercher les

causes de mauvais rendements des cultures de céréales dans certaines régions du Sud-Finistère. L'on découvrit qu'il s'agissait d'une carence en manganèse et qu'elle affectait les parcelles dont le pH était égal ou supérieur à 6,5, parcelles ayant reçu suffisamment d'amendements calcaires, et de sol riche en matières organiques. L'on constate que la réacidification naturelle des sols carencés, qui devrait amener une atténuation de la maladie, s'effectue difficilement là où l'amendement calcaire a été constitué par du maërl, dont les fragments assez gros de carbonate de chaux se dissolvent très lentement. Des mesures effectuées en pareil cas ont montré qu'en cinq ans, un pH de 6,5-6,6 ne diminuait pas. De là la nécessité de n'apporter aucun amendement calcaire dans les terres carencées pendant au moins dix ans.

Le pH critique se situe à 6,5 et le seuil de carence paraît devoir être fixé le plus souvent autour d'un mg par kilogramme de terre fine ; ou bien autour de 20 mg par kilogramme de matière sèche des organes verts, soit de 20 p.p.m. Mais ce seuil varie selon les espèces végétales, le stade de végétation, le type de sol. Carence inégale selon les lieux, à l'intérieur même d'une parcelle. Le plus souvent, il existe des zones plus atteintes que d'autres ; ce sont des plages du sol dont le pH est légèrement plus élevé qu'ailleurs (de 0,2 à 0,3 unité), conséquence de l'irrégularité des épandages d'amendements calcaires sur une couche arable d'épaisseur uniforme, ou bien des variations d'épaisseur de cette couche dont l'amincissement provoque, pour une même dose de calcaire que dans le reste du champ, une élévation locale du pH. Parfois, cependant, la carence affecte la totalité du champ ; tantôt elle apparaît tard et n'influence pas beaucoup



1 : Lieux où la carence en cuivre a été étudiée sur sous-sol granitique par la Station agronomique de Quimper. 2 : Lieux où elle a été étudiée sur du grès. 3 : Lieux où elle a été signalée. 4 : Lieux où la Station a étudié des carences en manganèse. En pointillé : régions granitiques ou granitiques.

les rendements, tantôt elle est précoce et peut entraîner la mort de la plante ou la quasi-nullité de la récolte. Sont surtout sensibles l'avoine de printemps, puis le blé, l'orge et le seigle (6). Mais en sol très acide, le manganèse peut devenir toxique. Et c'est ainsi qu'à Plœuc, dans les Côtes-du-Nord, sur une terre de pH 4.8 sur schistes briovériens, une parcelle cultivée en pommes de terre de sélection, variété B F 15, fut atteinte d'intoxication manganique en 1958. La variété en cause s'avéra d'ailleurs plus sensible à l'excès de manganèse que les trois autres variétés cultivées à Plœuc. Et le remède est ici facile, puisqu'il suffit de chauler pour élever le pH au voisinage de 6.

Les conditions d'apparition de la carence en manganèse font que les régions atteintes ne sont plus, comme lorsqu'il s'agit du cuivre, celles où règnent les grès, le granite ou la granulite. Les zones schisteuses peuvent être atteintes, des schistes X aux schistes carbonifériens. Les sols des régions granitiques sont sans doute moins bien pourvus que les autres en manganèse total. Mais toutes les terres de Bretagne ayant reçu de fortes doses d'amendements calcaires (chaux, maërl, trez, etc...) sont susceptibles d'être touchées si elles contiennent suffisamment d'humus. Il en va ainsi d'une bonne partie du Finistère, des Côtes-du-Nord et du Morbihan, où des carences graves ont été observées des environs de Brest et de Lesneven jusqu'aux abords de Morlaix, de même qu'au SW de Saint-Brieuc, au Nord ; de la région de Pont-l'Abbé et de celle de Douarnenez jusqu'aux environs du Faouët et de Quimperlé, au Sud ; dans le bassin de Châteaulin et dans la presqu'île de Crozon, au centre. Mais ces indications ne concernent que les zones où cette carence a été décelée par la station d'agronomie de Quimper, constatations limitées dans l'espace et qui ne préjugent en rien de l'extension du mal. En l'état actuel de la recherche, et sauf découvertes contraires, il semble qu'échappent à la carence les limons de la zone légumière de Saint-Pol-de-Léon et ceux d'Ille-et-Vilaine. Et les sols bretons les plus carencés en manganèse sont des sols très perméables et par suite très aérés.

Tout conspire donc pour défavoriser encore, à cet égard, les sols dérivés du granite et de la granulite. La légèreté des sols filtrants, dérivés des arènes, sols pauvres en argile, mais très riches en matières organiques, acides et pourtant très pauvres en acide phosphorique, est un facteur prédisposant à la carence manganique, comme il l'est à la carence cuprique. Des carences en cuivre ont été décelées sur les sols sableux des Landes de Gascogne ou sur des grès. D'une façon générale, c'est ce type de sols, siliceux et légers, qui risque d'être atteint de carence cuprique, comme il est sensible à la carence manganique.

CONCLUSION

Nous n'aborderons pas le problème des remèdes, qui échappe au domaine de la géographie. Il est exposé dans les travaux que nous avons consultés et qui sont cités dans la bibliographie jointe à la présente note. Disons seulement qu'en ce qui concerne la carence en cuivre, ils sont faciles, durables et peu coûteux (7).

(6) Parmi les cultures légumières : l'épinard.

(7) L'incorporation au sol de 25 à 30 kg de sulfate de cuivre ($\text{SO}_4 \text{ Cu } 5 \text{ H}_2\text{O}$) par hectare, dose représentant 5 à 7,5 kg de cuivre et suffisante pour guérir les carences les plus graves pour 10 ans, dans les sols bretons, n'exige, en 1962, qu'une dépense d'environ 50 F (5.000 AF) par ha.

Mais ce qui, par contre, est intéressant pour le géographe, c'est l'évolution de l'économie rurale que provoque l'application de ces remèdes. Des cultures que le paysan délaissait parce qu'elles échouaient, parce que telle parcelle était réputée impropre à les permettre, deviennent possibles et rentables. La carte de la répartition du parcellaire par nature de cultures se modifie donc. Et le bétail profite lui-même, dans certains cas, de la disparition des carences ou des excès en ce qui concerne certains oligo-éléments.

Et c'est sur ces constatations qu'il faut conclure. Il n'est pas question, pour le géographe, de se substituer à l'agronome, c'est-à-dire au spécialiste, et d'encombrer davantage encore une géographie qui, déjà, prolifère dangereusement. Mais il s'agit, ce qui reste dans le cadre d'une discipline de synthèse, d'utiliser les résultats obtenus par d'autres disciplines dans la mesure où ils peuvent éclairer nos propres objets d'étude. A ce titre, les recherches sur les carences des sols, pratiquées par les agronomes, peuvent fournir dans certains cas au géographe un élément précieux d'explication du paysage agricole et de son évolution.

BIBLIOGRAPHIE

- M. COPPENET : « En Bretagne, deux oligo-éléments d'importance » (Bull. technique d'Information des Ingénieurs agricoles, N° 108, mars 1956).
- M. COPPENET et Mme J. CALVEZ : « Sur l'origine des carences en cuivre » (VI^e Congrès international de la Science du sol, Paris, 1956 ; C.R., 11, 13, pp. 493-497).
- M. COPPENET : « La carence en cuivre des sols granitiques de Bretagne » (Rev. de Pathologie générale et de Physiologie clinique, N° 688, mai 1957, pp. 821 à 828).
- Y. COIC et M. COPPENET : « Sur la carence en manganèse des céréales dans les sols humifères de Bretagne » (Ann. agronomiques. Physiologie végétale. Suppl. II, 1958, pp. 111-138) ; Donne, *in fine*, une bibliographie de 9 numéros : articles sur la question parus en langue française et en langue anglaise entre 1937 et 1952.
- M. COPPENET et Mme J. CALVEZ : « Observation d'un cas d'intoxication manganique de la pomme de terre sur sol très acide » (Acad. d'Agriculture de Fr., séance du 29 juin 1960, pp. 728 à 734).
- M. COPPENET : « La carence en cuivre des sols : l'exemple breton » (La Rev. de l'Elevage, 1962, N°s 8 et 9, pp. 791-799).