

ARCHIVES

50 P 48

PRÉSENCE DE SULFURE DANS LES
SOLS DE MARAIS DE MADAGASCAR
RICHIER (J.) 1959

AGRICULTURE

M.N.S. 54.22

In. Bouctey de Madagascar

pp. 431-435

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 37112

Cote : P

t. VIII - n° 156

Sur la côte Est les marais sont formés par l'accumulation d'eau et de matière organique derrière des dunes ou des cordons littoraux ou dans d'anciennes vallées fermées par des bourrelets alluviaux d'un fleuve principal. La matière organique fibreuse provient de la décomposition assez peu avancée de *Ravenala*, *Niha*, *Pandanus*, *Cypéracées* et *Fougères*. Le tout constitue une masse végétale semi-fluide où l'on reconnaît encore les racines de *Niha* et de *Ravenala*, de couleur rougeâtre, mais noircissant rapidement à l'air. Souvent, une couche d'alluvions fines ou de colluvions venant des collines déboisées ont recouvert et emprisonné cette masse végétale. Une nouvelle végétation s'est établie sur le limon boueux superficiel et l'enchevêtrement des racines donne une certaine cohésion à l'ensemble. Le riz a été cultivé sur ces sols. On peut alors parler de rizière flottante car la surface du sol flotte littéralement sur la boue organique du sous-sol. Les matières organiques emprisonnées à l'abri de l'air dans une masse d'eau non courante fermentent et subissent une putréfaction qui dégage l'hydrogène sulfuré H₂S. Il est facile de constater un dégagement abondant de bulles lorsque l'on marche dans le marais et une odeur d'ouïs pourris plus ou moins intense. Il semble d'ailleurs que les gaz cherchent une sortie à travers la couche flottante superficielle car le dégagement paraît plus abondant en certains endroits. Le soufre, contrairement au cas de Marovoay, paraît alors provenir uniquement du soufre organique des plantes et certaines plantes (*Pandanus* et *Niha*) paraissent en contenir beaucoup. Cependant il faut bien reconnaître que tous les sols à sulfure de Malaisie, Indochine, etc., sont presque au niveau de la mer, et que sur la côte Est un niveau marin relativement récent atteignait 10 mètres. Nous ne pensons pas que les formations géologiques continentales qui contiennent de la pyrite et de la marcassite soient à l'origine du soufre. Au contraire la pyrite a dû se former avec le temps à partir de sulfure dans d'anciens marais analogues à ceux que l'on voit maintenant (1).

Conséquences pour les rizières :

Une rizière, installée directement sur ces sols de marais, présente, surtout dans les endroits où l'eau stagne, des taches stériles. Il ne faudrait pas en conclure qu'il n'y a pas de sulfure dans les rizières des Hauts-Plateaux. Certains bas-fonds très mal drainés avec beaucoup de matière organique peuvent en contenir. Certains sols dans les environs d'Ambohitra seraient utilisés d'après le pasteur Vernier pour décolorer la soie. Un horizon sulfureux existe dans le parc de Tsimbazaza près du lac et sous *Pandanus*. Ce cas est assez fréquent sur la côte Est où l'eau circule peu : les autochtones creusent leur rizière jusqu'à la nappe phréatique ou profitent uniquement de la pluie, le système d'irrigation étant pratiquement inexistant. Le riz jaunit et meurt aussitôt après repiquage. Ces taches sont signalées :

- 1° Par un dépôt ferrugineux rouillé à rouge vif à la surface de l'eau ou sur le sol;
- 2° Un limon beige oxygéné de peu d'épaisseur;
- 3° Un horizon noir blenté à sulfure;

(1) Riquier, Sols d'Amhila-Lemaitso, *Mémoires de l'I.R.S.M.*, série D, tome III, fasc. 1.

4° Des argiles bleues ou des masses organiques semi-fluides. Il y a en général dégagement abondant de bulles d'H₂S lorsque l'on marche dans la boue de la rizière.

Nous avons personnellement dosé les sulfures sur place dans des sols de la plaine d'Ansisvelo et de la plaine de Vohipeno. La difficulté de ces études réside dans le fait que toutes les analyses doivent être faites sur place, car les sulfures et le fer ferreux s'oxydent rapidement, dès que la terre sèche, et le pH varie énormément dans les mêmes conditions. D'autre part les taches de stérilité se déplacent ou disparaissent sous l'action d'une inondation qui amène de l'eau plus ou moins oxygénée (cas constaté à Vohipeno en août 1958).

Nous avons constaté les taches de stérilité. Cependant les auteurs ne sont pas d'accord sur les raisons de la nocivité. H₂S et les sulfures seraient des inhibiteurs des enzymes de la respiration, mais de plus, pour le Japonais Milsui (1), H₂S, réduit l'assimilation des éléments nutritifs. D'après Ponnampetuma, Bradfield et Peech (2) les ions ferreux seraient déjà nocifs par eux-mêmes, enfin l'absence de nitrate (et la présence de nitrite) empêche toute végétation. Boulaïne (3) attribue aussi au processus réducteur et à la disparition des nitrates la maladie du Tien (Maroc). Cette maladie physiologique porte d'ailleurs des noms variés: elle peut être suivie ou non d'attaque parasitaire, c'est le *Straight head* des Américains, la Brusone des Italiens, le *Aki-ochi* des Japonais.

Un article récent affirme que le manque d'oxygène dans le sol n'affecte pas le riz (grâce à une aération par les vaisseaux internes des racines) ce qui est connu de tous, mais aussi qu'H₂S et les ions ferreux ne sont pas nocifs d'après des expériences de laboratoire. Il faut cependant constater des troubles dans la croissance du riz en conditions très réductrices. On peut alors admettre l'explication de Pearsall (4) les sulfures insolubles rendent inassimilables le fer et le manganèse et la plante subirait une espèce de chlorose. Par contre, les conditions réductrices, augmentent l'assimilabilité des éléments nutritifs tels que Ca et Mg par échange avec l'ion NH₄⁺, ces ions sont déplacés du complexe absorbant et lessivés, d'où il résulte un sol appauvri en bases.

Mais un deuxième stade encore plus nocif prend place lorsque les rizières sont mises à sec, car les sulfures se transforment en sulfates et acide sulfurique. Là encore la toxicité peut être attribuée à diverses causes :

1° Le sulfate d'alumine très soluble est toxique à la dose de 0,087 p. 1.000 et le ferro-sulfate à 0,1 p. 1.000. C'est le problème des terres alunées d'Indochine (5);

1) V^e Congrès international des sols de Léopoldville, vol. II, p. 361.

2) VI^e Congrès international des sols de Paris, vol. C, p. 503.

3) *Bulletin de l'A.F.E.S.*, t. IV, 1955, p. 15.

4) *Empire Journal of Experimental Agriculture*, oct. 1950, n^o 72, p. 289-293.

5) Henry, *Agr. Trop.* 3, p. 150-189, 1948.

2° La décomposition de certains sulfates de fer (visualisé par des traînées jaunes dans les sols de Marovoay) donne de l'acide sulfurique libre, donc une très grande acidité. Il a été trouvé des pH de 3,8 dans les marais d'Ambila-Manakara, de 3,5 dans la plaine de Marovoay et de 3,3 dans un sol de mangrove de la SOSUMAV après dessèchement des sols. Or des études en pots ont permis d'établir que des pH inférieurs à 4 sont toxiques pour le riz, entre 4 et 5 le tallage est réduit et le bout des feuilles sèches, au-dessus de cinq bons rendements;

3° Cette forte acidité libre des ions Al et Fe qui eux aussi sont nocifs aux doses respectives de 250 et 1.000 ppm (extraction par l'acétate d'ammonium à pH acide).

DETECTION DE CES TACHES STERILES

La présence de sulfure est facile à prouver : couleur noire de la boue superficielle disparaissant en séchant, odeur d'œufs pourris (H_2S), test des sulfures (terre + CaH_2 à chaud dans un tube à essai et papier filtre imbibé d'acétate de plomb) ou test du fer ferreux (test Hoffer au ferri-cyanure de potassium ou réactif de Comber + eau oxygénée).

La détection des sulfates est plus délicate étant donné les faibles quantités. La mesure du pH sur sol sec très facile permet cependant de prévoir la présence de SO_4^{2-} libre ($pH < 4,0$). Le sulfate d'alumine et l'ion aluminium toxiques sont difficiles à doser car les méthodes chimiques sont très sensibles aux interférences d'autres ions et l'extraction est controversée.

CONCLUSIONS

Nous ne voulons pas étudier dans cet article le cycle du soufre, mais nous pensons que le soufre provient soit de roches riches en soufre (roches volcaniques), dans ce cas il y a transport sous forme de sulfates et immobilisation dans les bas-fonds sous forme de sulfures (pyrite du bassin sédimentaire d'Antsirabe), soit de la réduction des sulfates de l'eau de mer (côte Ouest et Est de Madagascar) ou d'argile géologique gypseuse. La réduction peut être directe par la matière organique et les bactéries sulfato-réductrices (Marovoay) ou indirecte : passage à travers des plantes riches en soufre dont la décomposition anaérobie dégage ensuite H_2S (côte Est).

Le sulfure de fer produit des taches de stérilité de quelques mètres carrés, à une centaine de mètres carrés dans les sols marécageux, à eau stagnante et surtout dans les endroits où des matières organiques en putréfaction dégagent H_2S en sous-sol. Le riz bien que résistant aux conditions anaérobies et réductrices succombe.

Le sulfate d'alumine, l'acide sulfurique, ou simplement un pH très bas semblent causer quelques surprises dans des marais drainés rapidement.

Les sulfures s'oxydent sur place, des eaux sulfatées remontent par capillarité du sous-sol ou, s'accumulant dans des bas-fonds, provoquent ces taches de stérilité.

Mais, comme dans le cas de sol salé, les taches sont locales et peuvent se déplacer d'une année à l'autre suivant les conditions de drainage, de nivellement ou de facteurs inconnus (résurgence d'eau sulfatée acide, dégagement d'H₂S dans le cas de rizières flottantes) ce qui fait la difficulté de la lutte contre ce genre de stérilité.

Cependant différentes méthodes de lutte peuvent être prescrites :

1° Bon drainage et irrigation abondante pour oxyder les sulfures et lessiver les sulfates;

2° Neutralisation de l'acidité par la chaux en association naturellement avec d'autres engrais;

3° Utilisation de phosphates en grosses quantités; les phosphates, formant des composés insolubles avec l'aluminium de fer, bloquent les ions nocifs;

4° Eviter l'emploi de sulfate d'ammoniaque en milieu trop réducteur.

Nous avons voulu dans cet article attirer l'attention sur une cause d'infertilité que l'on rencontrera de plus en plus au fur et à mesure que des marais de plaines côtières, ou des mangroves, seront mises en valeur. Elle est souvent passée inaperçue parce que de bonnes façons culturales la font disparaître rapidement et les dégâts sont assez localisés et transitoires. En tant que culture irriguée le riz y est le plus soumis mais par contre le plus résistant. Certaines plantes mal irriguées sur sol légèrement salé ou gypseux y succomberaient rapidement (coton sur sol gypseux du Mangoky, cocotier dans les vases de mangrove, canne à sucre sur certains sols de la SOSUMAV en bordure de mer). Nous pensons avoir rendu service en proposant une explication valable de ce cas de stérilité constaté à Madagascar, mais qui n'explique évidemment pas tous les cas de stérilité constatés en sols organiques marécageux.

J. RIQUIER,

*Directeur de recherches de F.O.R.S.T.O.-M.
Pédologue à I.I.R.S.M.*