

**LE FER INDICATEUR DE L'HYDROMORPHIE
ÉTUDE DE SA DYNAMIQUE DANS LES SOLS
SUBISSANT UN EXCÈS D'EAU**

J.F. VIZIER

Antenne ORSTOM auprès du CEA
c/o DB-SRA Caradache
13108 Saint Paul lez Durance

Communication invitée lors des journées du G.F.H.N.
les 17 et 18 novembre 1987, à Bordeaux.

Mots clés :

Sols hydromorphes, caractérisation, dynamique du fer.

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 25.762 ex1

Cote : B M

19 DEC. 1988

RÉSUMÉ :

La difficulté du choix d'un bon indicateur de l'hydromorphie vient du fait que, dans les sols subissant un excès d'eau, on observe des transformations de l'organisation et de la nature de leurs constituants qui sont interdépendantes. Parmi ces transformations cependant, la redistribution du fer, résultant d'une mobilité différentielle des constituants des sols saturés d'eau différente de celle des sols non-saturés, apparaît caractéristique des milieux subissant un excès d'eau; elle constitue le plus souvent la manifestation la plus visible de l'hydromorphie. L'étude de la dynamique du fer, *in situ* dans les sols subissant un excès d'eau, ou au laboratoire sur des modèles expérimentaux, permet de mieux comprendre les modalités de cette redistribution.

ABSTRACT :

Iron redistribution, criteria of hydromorphic soil formation. Study of iron dynamics in waterlogged soils.

The difficulty to have good criteria characterizing hydromorphic soil formation is due to interrelations existing between the transformations of the organization and the nature of soils' components in waterlogged soils. Iron redistribution resulting from the differential mobility of components in water-saturated soils, appears to be typical of waterlogged soils ; it is the most visible expression of hydromorphic phenomena.

Iron dynamics study permits a better understanding of iron redistribution conditions. This redistribution is due to oxido-reduction processes and the better mobility of ferrous iron in the soil. But, ferrous iron mobility is variable in soils according to mechanisms interventions such as : precipitation-dissolution, adsorption-desorption. Iron dynamics study must be based on *in situ*-measures, giving value and variations of different parameters about hydric and oxidoreduction status of the soils. The study can be completed by laboratory experiments with experimental conditions as near as the natural ones.

I - INTRODUCTION - PARTICULARITÉS DES MILIEUX SATURÉS - PROBLÈME POSÉS

L'*hydromorphie* est un mode très particulier d'évolution des sols, dû à l'excès d'eau. Les milieux saturés d'eau présentent des particularités de fonctionnement qui se manifestent au niveau des transferts et des réactions à différentes *interfaces*. A l'interface *sol-atmosphère*, la limitation des échanges gazeux due à l'occupation de tout l'espace poral par l'eau, entraîne souvent un déficit d'oxygène dans le sol. Ce déficit est responsable d'une évolution anaérobie de la fraction organique du sol et de fortes concentrations de substances réduites plus ou moins solubilisables. Ces substances peuvent migrer dans la phase liquide ou inter-agir avec la surface de la phase solide, à l'interface *sol-solution du sol*, par des phénomènes de "sorption". A l'interface *sol-plante*, l'absorption de l'eau, l'absorption minérale, peuvent être perturbées par l'excès d'eau et le déficit en oxygène ; il en résulte une absence et un dépérissement ou au contraire une adaptation métabolique et morphogénétique de la plante.

Ces particularités de fonctionnement ont des répercussions sur :

- la formation, l'évolution des sols, avec apparition de caractères propres à ces milieux saturés d'eau ;
- l'utilisation des sols, qui est fonction de l'excès d'eau, de son origine, de sa localisation et des caractères propres à ces milieux.

L'utilisation de ces sols, fait généralement suite à la réalisation d'aménagements modifiant le régime hydrique et contrôlant l'excès d'eau. L'opportunité d'effectuer de tels aménagements nécessite au préalable, de faire une bonne *évaluation de l'hydromorphie*. Cette évaluation peut être recherchée à travers des *critères* se référant aux caractères particuliers de ces sols.

II - LES TRANSFORMATIONS DE L'ORGANISATION OU DE LA NATURE DES CONSTITUANTS DES SOLS DUES A L'EXCÈS D'EAU. CHOIX DE CRITÈRES INDICATEURS DE L'HYDROMORPHIE.

1. Généralités sur les transformations enregistrées dans les sols subissant un excès d'eau.

Des transformations de l'organisation et de la nature des constituants des sols, apparaissent comme étant des conséquences de l'occupation de tout l'espace poral par l'eau. L'occupation de tout l'espace poral accessible par l'eau, ou saturation, peut être temporaire ou permanente et intéresser une partie ou la totalité du sol.

Sur des sols de régions tropicales où alternent saison humide et saison sèche, on a observé des transformations qui ont été reliées à la saturation du sol par l'eau (VIZIER, 1974, 1978 a, 1978 b). Il s'agit par exemple des variations de l'espace poral, de la composition de la fraction organique et de la redistribution du Fer.

- variations de l'espace poral

Les variations de l'espace poral sont suivies *in situ* par des mesures du volume massique apparent v_a . Dans des horizons suffisamment argileux, l'humectation du sol, en début de saison humide, s'accompagne d'un gonflement. Lorsque le sol est saturé, on observe une lente diminution de v_a correspondant à une consolidation (TERZAGHI et FRÖHLICH, 1939) avec disparition de toute structure apparente et prise en masse de l'horizon. Le dessèchement du sol, en début de saison sèche, provoque une légère augmentation puis une diminution de v_a ou retrait et la réapparition d'une structure grossière (VIZIER, 1971). Ces variations saisonnières de la porosité semblent aboutir, cycle après cycle, à une lente mais durable diminution de l'espace poral et à la compacité observée dans les horizons concernés par une saturation longue et continue (VIZIER, 1974).

- composition de la fraction organique

La comparaison des fractions organiques de sols subissant de façon plus ou moins durable un excès d'eau, met en évidence l'incidence d'une saturation sur les quantités et qualité de matières organiques présentes dans le sol. L'humidité, l'aération du sol n'étant pas les seuls paramètres intervenant sur la composition de la fraction organique, on compare des sols proches par la végétation qui les couvre, le pH, le climat sous lequel ils évoluent, mais différents par leur régime hydrique : ces sols sont constamment, temporairement ou jamais saturés. Quantitativement, on observe que les teneurs augmentent quand la durée de saturation croît : il y a par exemple, 2 à 4 fois plus de matière organique dans des sols irrigués et saturés 5 mois par an par un aménagement hydroagricole datant de 10 ans, que dans un sol témoin non aménagé et jamais saturé (VIZIER, 1978 b). Qualitativement, on note que les substances peu polymérisées dominent dans la fraction humidifiée des sols temporairement ou toujours saturés et que, dans ces derniers, la fraction organique est peu évoluée ($C/N > 18$) et présente un faible taux d'humidification (<10%). Les différences observées résultent d'une évolution en anaérobiose plus ou moins prolongée de la fraction organique et qui a pour conséquence : une diminution de la minéralisation, une forte production de substances peu polymérisées à pouvoir réducteur et complexant élevé et une diminution de la biodégradation des substances complexantes. (PONNAMPERUMA, 1972 ; BERTHELIN, 1982).

- redistribution du fer,

L'observation, à différentes périodes de l'année, de sols subissant un excès d'eau, permet de constater une ségrégation du fer. Cette ségrégation est diffuse ou nette ; elle se manifeste par des tâches, nodules, concrétions de couleur jaune-rouge à brun-rouge qui sont fugaces ou permanents suivant l'état hydrique du sol (saturation ou non saturation). Elle correspond soit à des immobilisations de fer au contact de vides (pores, faces d'éléments structuraux), visibles en période de non saturation mais disparaissant lorsque le sol est saturé (gley), soit à des accumulations de fer à l'intérieur des agrégats, visibles quel que soit l'état hydrique du sol (pseudogley). On observe donc deux types de morphologie se distinguant par

la localisation, la permanence ou la fugacité de traits pédologiques se rapportant à la répartition du fer dans les sols. Cette redistribution est due au développement de processus de réduction, de mobilisation du fer ferreux quand le sol est saturé d'eau et d'oxydation, d'immobilisation du fer quand l'état de saturation cesse (VIZIER, 1983).

2 - Choix d'un indicateur de l'hydromorphie

La saturation du sol par l'eau est donc à l'origine de certaines transformations de l'organisation des constituants des sols : variations saisonnières ou durables de la porosité, augmentation des teneurs en matière organique et du rapport fraction organique sur fraction minérale, ségrégation fugace ou permanente du fer. Elle est aussi responsable de transformations de la nature des constituants des sols : composés organiques peu polymérisés, production de substances réduites. Les variations de l'espace poral, la composition particulière de la fraction organique, la redistribution du fer sont donc autant de transformations attribuables à l'excès d'eau, pouvant être considérées comme des indicateurs de l'hydromorphie. L'intérêt d'un indicateur d'un type d'évolution des sols, dépend de sa stabilité et de sa spécificité (tableau 1).

Au niveau de la stabilité, les trois transformations envisagées présentent des inconvénients : variations cycliques de l'espace poral dépendant de l'état hydrique du sol ; rapidité de l'évolution de la composition de la fraction organique à la suite de changement de régime hydrique ; fugacité de certaines immobilisations de fer ou au contraire, conservation d'une ségrégation au-delà du maintien des conditions hydriques dans lesquelles elle s'est formée (caractère relique).

Au niveau de la spécificité par contre, la redistribution du fer apparaît comme étant la transformation la plus intéressante à considérer. En effet, la compacité d'un sol, l'accumulation de matière organique, la formation de substances humidifiées peu polymérisées, peuvent être dues à de nombreuses causes indépendantes de l'excès d'eau. (tableau I)

La redistribution du fer est donc la transformation enregistrée dans les sols subissant un excès d'eau qui est susceptible de présenter le plus d'intérêt comme indicateur de l'hydromorphie.

III - LA REDISTRIBUTION PARTICULIÈRE DU FER DANS LES SOLS SUBISSANT UN EXCÈS D'EAU : UN INDICATEUR DE L'HYDROMORPHIE

1 - Facteurs et processus intervenant sur la redistribution du fer.

La redistribution du fer dans les sols subissant un excès d'eau, dépend du développement de processus d'oxydo-réduction, de mobilisation et d'immobilisation du fer. De nombreux paramètres interviennent simultanément sur le développement de ces processus. (VIZIER, 1983).

La *réduction* du fer dépend de l'importance du déficit en oxygène dans le sol, donc de la durée, de la continuité de la saturation et la vitesse de renouvellement de l'eau saturant la terre (milieux "ouverts" ou "fermés"). S'agissant d'un processus dont le développement est surtout lié à l'activité micro-organismes, la réduction est influencée par la température, les teneurs en matières organiques et leur composition. La réduction est également favorisée par un pH acide et la présence de formes de fer peu cristallisées.

Les *migrations* dues à la plus grande mobilité du fer ferreux, sont liées au mouvement de l'eau saturant la terre ou au gradients chimiques existant dans les sols saturés. Les migrations dépendent de l'importance de la réduction, de la formation de complexes organo-ferreux susceptibles de se maintenir en "solution", de la circulation de l'eau et de l'hétérogénéité de la répartition des constituants du sol, génératrice de gradients.

La *réoxydation* du fer réduit peut être due à une modification de "l'ambiance physico-chimique" (Eh, pH) dans le sol saturé, mais elle résulte surtout de la pénétration de l'oxygène dans le sol, quand l'état de saturation cesse (drainage, évaporation et dessèchement du sol).

L'*immobilisation* du fer et sa localisation dépendent de la rapidité du dessèchement du sol.

Le tableau II présente schématiquement les facteurs et processus intervenant sur la redistribution du fer.

	Variations de l'espace poral		Composition de la fraction organique	Redistribution du fer	
	gonflement consolidation retrait	augmentation de la compacité		ségrégation du fer	
transformation de l'organisation ou de la nature des constituants du sol			accumulation de matières organiques production de substances humifiées peu polymérisées		
stabilité des transformations	<i>cycliques</i> liées à humectation saturation dessèchement du sol	lente mais durable	variations <i>rapides</i> (quelques années) quand le régime hydrique est modifié	immobilisation fugace gley	accumulation durable pseudogley parfois caractère relique
spécificité des transformations	compacité <i>non spécifique</i> de la saturation convergences : illuviation ultradessiccation ...		composition <i>non spécifique</i> de la saturation convergences : pédoclimat froid, acidité ...	spécifique de la saturation du sol par l'eau	

Tableau I : Valeur diagnostique des transformations enregistrées dans les sols subissant un excès d'eau

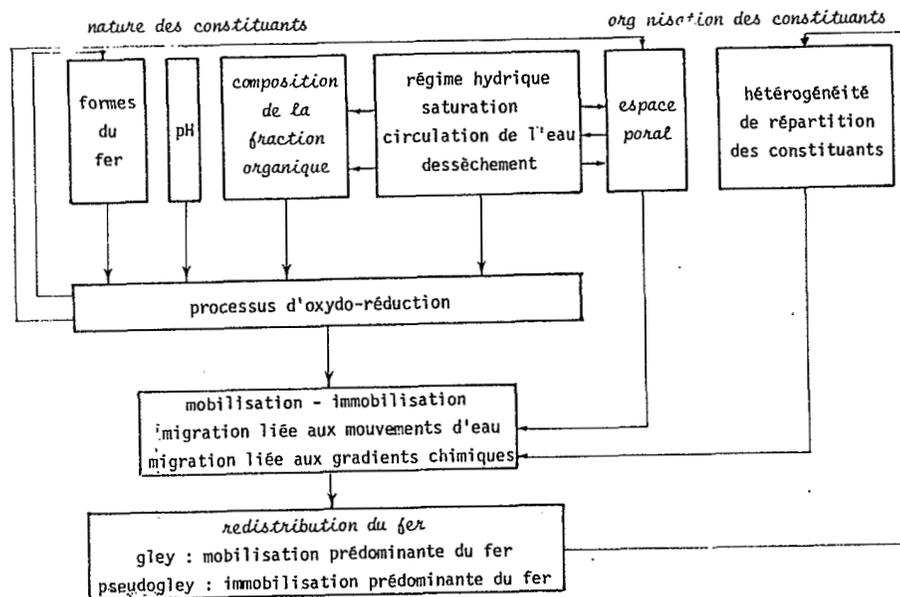


Tableau II : Facteurs et processus intervenant sur la redistribution du fer. Interrelations existant entre les transformations enregistrées dans les sols subissant un excès d'eau.

On remarque que les transformations de l'organisation ou de la nature des constituants des sols subissant un excès d'eau sont liées entre elles. La redistribution du fer est liée à la composition de la fraction organique : la réduction du fer est fonction des quantités et de la qualité de matières organiques et sa migration est favorisée par la formation de complexes organo-ferreux. La redistribution du fer est liée aux variations de l'espace poral : la réduction du fer et sa migration dépendent du renouvellement de l'eau saturant la terre et de sa circulation.

La redistribution du fer résulte de l'intervention de nombreux facteurs qui interviennent simultanément et interfèrent entre eux. Il s'en suit qu'il est plus facile de relier un type de morphologie au développement de tel ou tel processus intervenant sur cette redistribution (oxydo-réduction, prédominance de la mobilisation ou de l'immobilisation du fer), qu'à un seul paramètre, la durée de saturation, par exemple, influençant le développement de ces processus. C'est ainsi que le gley reflète la prédominance de processus de mobilisation et de forte réduction du fer, tandis que le pseudogley traduit la prédominance de processus d'immobilisation et d'accumulation du fer associés à des phénomènes de réduction moins intenses.

2. Intérêt et limite de la redistribution du fer comme indicateur de l'hydromorphie.

La dernière remarque faite sur le tableau II, limite apparemment l'intérêt que présente la redistribution particulière du fer comme indicateur de l'hydromorphie.

Concernant les sols subissant un excès d'eau, l'attention de l'agronome est attirée par l'existence d'un excès d'eau prolongé gênant le développement végétatif des plantes et le bon déroulement des façons culturales. Ces conditions hydriques, souvent contraignantes pour une bonne utilisation des sols et qui peuvent ou ne pas s'accompagner de "processus d'hydromorphie", sont généralement améliorées par la réalisation d'un système de drainage. (FAVROT et LESAFFRE, 1983). Dans ce cas, l'excès d'eau intéressant l'agronome peut être évalué par une durée de saturation, un délai de ressuyage.

Sur ces mêmes sols, l'attention du pédologue se porte sur la présence de caractères, de propriétés du sol attribuables à l'excès d'eau. Pour qu'il y ait hydromorphie, la saturation du sol par l'eau est évidemment nécessaire, mais elle n'est pas suffisante. Il faut que ces conditions hydriques particulières se traduisent par des transformations de l'organisation ou de la nature des constituants du sol.

Cette dernière approche, basée sur les conséquences du fonctionnement particulier des sols subissant un excès d'eau, est plus intéressante car elle est susceptible de mieux rendre compte du comportement possible de ces milieux. Même d'un point de vue agronomique, cette approche est intéressante si l'on considère par exemple, la réaction des plantes à une saturation du sol par l'eau. Dans des régions tropicales en effet, on a observé qu'une même variété de plante (canne à sucre, riz pluvial) réagit différemment et plus ou moins rapidement à un excès d'eau, suivant les sols. Il est clair que, dans ce cas, l'importance de ces conditions hydriques particulières sur le comportement du sol, ne peut pas être

simplement évaluée par une durée de saturation ; elle l'est beaucoup mieux par le suivi de processus liés par exemple au déficit en oxygène qui va gêner le développement de la plante ou par les manifestations de ces processus dans le sol donnant des caractères spécifiques.

Par conséquent, le fait qu'il apparaît plus aisé de relier des caractères spécifiques des sols subissant un excès d'eau à des processus qu'à une durée de saturation, ne limite pas l'intérêt que présentent ces caractères comme indicateur de l'hydromorphie. Mais pour que ces caractères puissent être utilisés pour bien évaluer l'hydromorphie, il faut une bonne connaissance de la dynamique qui aboutit à leur présence dans les sols.

IV - ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE DU FER DANS LES SOLS SUBISSANT UN EXCÈS D'EAU

1 - Aspect méthodologique

L'étude de la dynamique du fer dans les sols subissant un excès d'eau, doit viser à mieux connaître les *processus* qui interviennent sur la redistribution du fer, les *facteurs* qui influencent le développement de ces *processus* et les *mécanismes* biologiques ou physico-chimiques susceptibles d'en expliquer l'importance.

Le développement des processus d'oxydo-réduction du sol est étudié *in situ* ou en laboratoire. Des mesures de l'état d'oxydo-réduction du sol (Eh, concentrations en fer ferreux) peuvent en effet être réalisées soit dans un sol dans des conditions hydriques variées que l'on détermine simultanément (humidité, densité apparente), soit sur un modèle expérimental, dans lequel l'état hydrique est contrôlé et par conséquent connu. Le développement des *processus de mobilisation et d'immobilisation du fer* est suivi grâce à l'étude des *migrations du fer*. Cette étude est difficile à réaliser *in situ*, mais s'effectue aisément sur des modèles en laboratoire. La comparaison de l'état d'oxydo-réduction de sols qui diffèrent par certains de leurs caractères (fraction organique, pH, formes du fer) ou leur régime hydrique et mieux encore, le suivi des variations de l'état d'oxydoréduction et des migrations de fer sur des modèles expérimentaux, permettent de déterminer les *facteurs* influençant le développement de ces processus. Il faut noter que l'expérimentation est bien adaptée à l'étude de ces milieux saturés, la rapidité et l'importance des transformations sont telles qu'elles ne nécessitent pas d'appliquer aux modèles des conditions expérimentales trop éloignées des conditions naturelles. Il est même souhaitable de se rapprocher le plus possible de conditions naturelles qui permettent d'obtenir des résultats significatifs dans des délais très courts, de l'ordre de quelques semaines. Une connaissance suffisante des conditions naturelles constitue donc un préalable obligatoire aux études expérimentales. Les données obtenues *in situ* fournissent la gamme des valeurs dans laquelle doivent se situer les déterminations correspondantes faites sur les modèles.

Enfin, si l'étude du développement des processus peut être abordée *in situ* ou en laboratoire sur des modèles utilisant des sols non ou faiblement remaniés, dans des

conditions naturelles ou proches de celles-ci, l'étude des mécanismes intervenant dans ces processus est réalisée sur des modèles expérimentaux simplifiés dans lesquels on ne fait jouer qu'un nombre restreint de facteurs.

2 - Quelques aspects particulier du développement des processus intervenant dans la dynamique du fer des sols subissant un excès d'eau.

Les processus intervenant dans la redistribution du fer, les facteurs influençant leur développement, ont été présentés succinctement dans un paragraphe précédent. Le suivi du développement de ces processus réalisé in situ et surtout sur des modèles expérimentaux, met en évidence quelques particularités qui soulignent la complexité de la dynamique du fer dans les milieux saturés (VIZIER, 1983).

Des expériences sur colonnes dont les protocoles expérimentaux sont décrits par VIZIER (1974 ; 1978 a) simulent :

- un milieu saturé "ouvert", avec recueil périodique d'une partie de l'eau saturant la terre
- un milieu "fermé", sans renouvellement de l'eau saturant la terre et recueil de toute l'eau percolant à travers la colonne après un temps de saturation donné.

Des mesures faites dans les colonnes de terre saturée, des dosages effectués sur les solutions recueillies au bas des colonnes, il ressort que lorsque la durée de saturation augmente :

- le potentiel d'oxydo-réduction diminue puis se stabilise, les teneurs en fer réduit dans la terre augmentent rapidement puis se stabilisent ou croissent encore très progressivement suivant qu'il y a ou pas renouvellement de l'eau saturant la terre. Simultanément, dans les sols acides étudiés, les valeurs de pH augmentent et se stabilisent au voisinage de la neutralité (Fig. 1 a).
- les quantités de fer ferreux susceptibles de se trouver dans la phase liquide augmentent et, après un certain temps de saturation, diminuent (Fig. 1 b).

On observe donc une diminution des quantités de fer ferreux présentes dans la phase liquide après un certain temps de saturation; celle-ci, intervenant malgré une stabilisation des valeurs Eh, pH et des teneurs en fer ferreux dans le sol, voire une légère augmentation de ces dernières, correspond à une immobilisation progressive partielle du fer réduit.

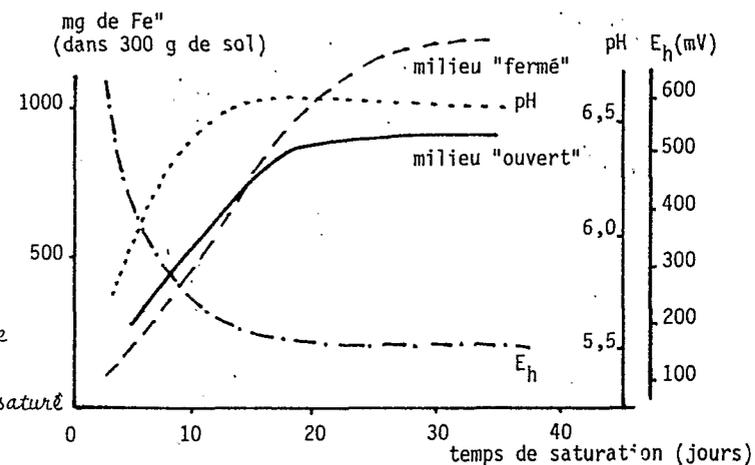


Fig. 1a
Variations de
 E_h , pH, Fe^{II}
dans le sol saturé

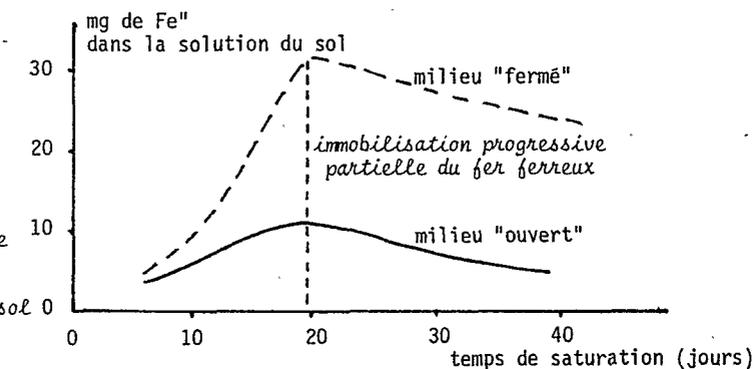


Fig. 1b
Variations de
 Fe^{II} dans la
solution du sol

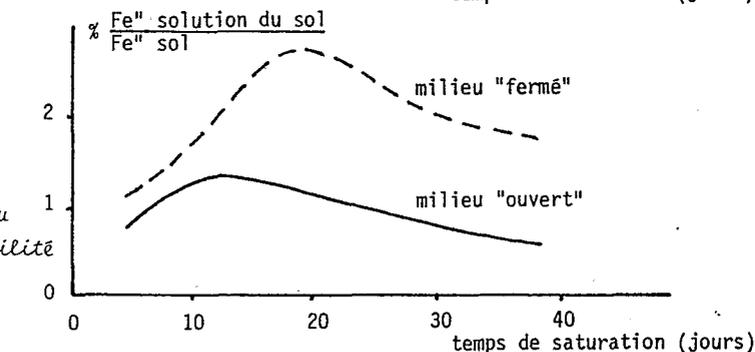


Fig. 1c
Variations du
degré de mobilité
de Fe^{II}

Figure 1 - Développement des processus de réduction et de mobilisation du fer

Si on calcule le rapport de la quantité de fer ferreux présente dans la solution du sol, à celle dosée dans le sol saturé, on constate qu'il varie en fonction de la durée de saturation (Fig. 1c). Ces variations montrent qu'il n'y a pas de relation simple entre la réduction du fer et sa mobilité résultant de la présence de fer ferreux dans la solution du sol. Les variations du degré de mobilité du fer sont dues à des mécanismes qu'il convient d'étudier car ils modulent les possibilités de redistribution du fer dans les sols saturés d'eau.

3 - Études actuelles des mécanismes intervenant dans la dynamique du fer, dans les sols saturés d'eau.

Concernant les processus d'oxydo-réduction, les études actuelles se focalisent sur des mécanismes de nature biologique. L'action spécifique de certains micro-organismes dans la réduction du fer est mise en évidence dans des expérimentations présentant des conditions très simplifiées par rapport aux milieux naturels : souches pures isolées dans des sols engorgés, inoculées sur des milieux stériles, par exemple. Les micro-organismes interviennent :

- soit indirectement par la production de métabolites à caractère réducteur ou par l'accumulation d'électron dans leur milieu de croissance en l'absence d'oxygène :
- soit surtout directement, au contact des composés ferriques, par des réactions enzymatiques (MUNCH et OTTOW, 1983)

Concernant les processus de mobilisation et d'immobilisation du fer, les études actuelles mettent l'accent sur des mécanismes de nature physico-chimiques. Les variations du degré de mobilité du fer ferreux peuvent être expliquées par des mécanismes de dissolution-précipitation ou d'adsorption-désorption.

L'étude des mécanismes de dissolution-précipitation se base surtout sur les possibilités d'existence de différentes formes du fer, en fonction de "l'ambiance physico-chimique" du milieu (Eh, pH). C'est ainsi que l'immobilisation progressive du fer ferreux observée de façon très générale dans les sols, après un certain temps de saturation, peut s'exprimer en partie par la formation d'un hydroxyde ferroso-ferrique présentant une solubilité assez faible. Ce type d'approche se heurte à des difficultés d'identification de formes de fer souvent fugaces et métastables, existant dans les sols saturés d'eau (PONNAMPERUMA et al, 1967)

L'étude des mécanismes d'adsorption-désorption peut être réalisée par des cinétiques d'adsorption ou de désorption du fer ferreux, effectuées sur des modèles expérimentaux simplifiés pour limiter au maximum les risques de précipitation par utilisation de forme simple et soluble du fer - $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ par exemple. La différence de comportement de divers échantillons de sols étudiés, montre que, dans des conditions données, l'adsorption du fer ferreux est plus ou moins rapide et importante et plus ou moins rapidement irréversible suivant les teneurs et la nature des constituants du sol et des argiles en particulier (VIZIER, 1987).

En fait, les variations du degré de mobilité du fer sont globalement liées aux phénomènes de "sorption" comprenant à la fois précipitation et adsorption. Des études récentes cherchent à distinguer l'adsorption de la précipitation en envisageant une approche de ces mécanismes à l'échelle moléculaire par spectroscopie des surfaces (SPOSITO, 1986).

Approche comportementale visant à expliquer des mécanismes se situant à l'échelle moléculaire ou approche à l'échelle moléculaire susceptible de comprendre le comportement des milieux, constituent deux voies de recherche opposées mais complémentaires pour l'étude des mécanismes intervenant sur la mobilisation et l'immobilisation du fer.

V - CONCLUSIONS

Les sols subissant un excès d'eau présentent d'importantes et rapides transformations de l'organisation ou de la nature de leurs constituants. La difficulté du choix d'un bon indicateur de l'hydromorphie, vient du fait que ces transformations cycliques, fugaces ou durables et plus ou moins spécifiques des milieux saturés d'eau, sont liées entre elles. La redistribution du fer est une des transformations enregistrées ; elle apparaît comme étant la plus spécifique de ces sols et constitue souvent la manifestation la plus visible de l'hydromorphie.

L'étude de la dynamique du fer dans les sols subissant un excès d'eau, permet de mieux comprendre les modalités de cette redistribution. Elle contribue :

- à préciser le rôle à attribuer au fer comme indicateur de l'existence d'une évolution des sols dominée par les conséquences d'un excès d'eau ;
- à mieux évaluer l'hydromorphie, non pas en terme de durée de saturation, mais en intensité et prédominance de processus déterminés par l'excès d'eau et en particulier ceux liés au déficit en oxygène.
- à connaître quelques aspects importants du fonctionnement des sols saturés, concernant plus spécialement la composition de la solution du sol et le transfert des "solutés" dans ces milieux ;
- en outre, les méthodes expérimentales employées présentent l'intérêt de pouvoir être utilisées pour prévoir l'évolution de sols devant subir un aménagement modifiant leur régime hydrique, avec par exemple apparition ou disparition d'une saturation par l'eau suite à une irrigation ou un drainage.

Si le fer constitue un bon indicateur de l'hydromorphie, l'étude de sa dynamique, en permettant de préciser les modalités de sa redistribution particulière, contribue à améliorer la caractérisation de ces sols par la connaissance de leur fonctionnement.

BIBLIOGRAPHIE

- BERTHELIN J., 1982 - Processus microbiens intervenant dans les sols hydromorphes en régions tempérées. *Pédologie*, XXXII, 3 : 313-328.
- FAVROT J.C., LESAFFRE B., 1983 - L'expérimentation au champ pour une meilleure connaissance du fonctionnement du drainage agricole. *CEMAGREF, Bl. n°310* : 1-23.
- MUNCH J.C., OTTOW J.C.G., 1983 - Réduction bactérienne des oxydes ferriques amorphes et cristallisés. *Science du Sol*, 3/4 : 205/215.
- PONNAMPERUMA F.N., TIANCO E.M., LOY T., 1967 - Redox equilibria in flooded soils. 1.- The iron hydroxide systems. *Soil Sci.* 103, 6 : 374 - 382.
- PONNAMPERUMA F.N., 1972 - The chemistry of submerged soils. *Adv. in agronomy*, vol. 4 : 29-96.
- SPOSITO G., 1986 - Distinguishing adsorption from surface precipitation *ACS Symposium, serie 323, Washington D.C.* : 217-228.
- TERZAGHI K.V., FRÖHLICH O.K., 1939 - Théorie du tassement des couches argileuses. Introduction à la mécanique analytique des argiles. *Dunod, Paris*, 266 p.
- VIZIER J.F., 1971 - Etude des variations du volume spécifique apparent dans des sols hydromorphes au Tchad. Allure des phénomènes. *Cah. ORSTOM, Pédol.*, 2 : 133 - 145.
- VIZIER J.F., 1974 - Contribution à l'étude des phénomènes d'hydromorphie. Recherche de relations morphogénétiques existant dans un type de séquence de sols hydromorphes peu humifères au Tchad. *Cah. ORSTOM, Pédol*, XII, 2 : 171-206 & 3 : 211-266.
- VIZIER J.F., 1978 a - Etude de la dynamique du fer dans des sols évoluant sous l'effet d'un excès d'eau. Etude expérimentale sur des sols de rizières de Madagascar. *Cah. ORSTOM, Pédo. WVI*, 1 : 23-41.
- VIZIER J.F., 1978 b - Conséquences des aménagements hydroagricoles sur l'évolution des sols de certains bas-fonds à Madagascar. *Cah. ORSTOM, Pédol*, XVI, 2 : 111-129.
- VIZIER J.F., 1983 - Etude des phénomènes d'hydromorphie dans les sols des régions tropicales à saisons contrastées. Dynamique du fer et différenciation des profils. *Trav. et Doc. ORSTOM, n° 165*, 294 p.
- VIZIER J.F., 1987 - Analyse des mécanismes d'adsorption et de désorption du fer ferreux dans les milieux saturés. à paraître dans *cah. ORSTOM, Pédol.* 3.