

SOLUMS SALSODIQUES

SALISOLS ET SODISOLS

J.Y. Loyer

Caractères généraux

Les caractères des solums affectés par les sels imposent de les retenir au plus haut niveau du Référentiel. En effet, la nature chimique de leurs constituants, leurs caractères morphologiques et d'organisation et surtout leurs comportements physico-chimique et hydrique particuliers et à dynamique parfois rapide, entraînent la formation de paysages typiques, une occupation végétale spécialisée ou totalement absente, et des problèmes spécifiques de mise en valeur.

L'appellation de « sols salés », même prise dans un sens très général, n'a pas été retenue car elle s'applique de façon trop restrictive aux sels solubles et au chlorure de sodium en particulier. De même celles de « sols Halomorphes » ou de « Selsols » qui ne prennent pas non plus en compte les cations adsorbés. L'appellation de « solums Salsodiques », même si elle rend essentiellement compte du rôle du sodium et pas de celui joué par le magnésium, paraît néanmoins aujourd'hui la plus satisfaisante.

Ils correspondent aux « Solontchaks », « Solonetz » et « Solods » regroupés des auteurs soviétiques.

Les climats arides et semi-arides, qui contribuent au maintien des sels dans les couvertures pédologiques et les paysages, sont les plus favorables au développement de ces caractéristiques salines ou alcalines reconnues aussi sous climats tempérés, dans des situations particulières (estuariennes, endoréiques, etc.).

L'origine des sels responsables de cette salinité-sodicité est diverse :

- marine actuelle ou ancienne ;
- pétrographique due aux ions libérés par l'altération de certaines roches ;
- volcanique ou hydrothermale ;
- éolienne par des embruns ;
- mais aussi anthropique induite par la mise en valeur agricole et autres aménagements (eaux d'irrigation, engrais, barrages, serres, effluents agricoles ou urbains...).

Les matériaux affectés sont le plus souvent alluviaux, fluvio-marins, parfois colluviaux ou régosoliques, de compositions texturales variables, souvent hétérogènes car polygéniques, et situés en position topographique basse. La présence d'une nappe phréatique est fréquente. En régime naturel, les conditions bioclimatiques (précipitations pluviales, évaporation, évapotranspiration) différencient des dynamiques verticales descendantes, ascendantes ou complexes qui caractérisent les profils de ces sols du point de vue des sels solubles ou du sodium échangeable. En systèmes irrigués les profils verticaux peuvent être plus complexes, en relation avec les régimes hydriques imposés.

La végétation naturelle subissant soit une pression osmotique trop élevée dans la solution du sol, soit une toxicité ionique spécifique, soit encore des caractéristiques physiques et une ambiance hydrique défavorables, se spécialise sur ces milieux occupés par des espèces tolérantes dites halophytes ou xérophytes ; ceux-ci peuvent aussi être totalement dépourvus de végétation à partir d'un niveau de salinité élevé (*chotts, lagunas, sebkhas, salares, sansouires, tannes vifs*).

Horizons de référence

Deux horizons de référence, salique et sodique, caractérisent ce GER. Ils peuvent exister soit séparément, soit conjointement et superposés dans un même solum (un horizon salique reposant sur un horizon sodique ou inversement) en raison d'une évolution naturelle ou souvent anthropique induite par l'irrigation. Ces deux horizons de référence sont essentiellement caractérisés :

- soit par la présence d'une certaine quantité de sels solubles dans la solution du sol ou précipités dans l'horizon lui-même (horizon salique) ;
- soit par la présence, sur le complexe échangeable de l'horizon, d'une quantité de sodium relativement importante par rapport aux autres cations adsorbés (horizon sodique).

Horizon salique

Horizon caractérisé par une accumulation marquée de sels plus solubles que le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dont le produit de solubilité $\log K_s$ à 25 °C = -4,85. Il peut donc s'agir de sels chlorurés, sulfatés, bicarbonatés, carbonatés ou nitrates : sels simples KCl , NaCl , MgCl_2 , CaCl_2 , Na_2SO_4 , MgSO_4 , NaHCO_3 , Na_2CO_3 , NaNO_3 ,..., ou sels complexes plus ou moins hydratés. Le cation le plus fréquent est le sodium.

Outre ce critère de solubilité, le type anionique de salure et la conductivité électrique de la solution du sol sont pris en considération :

- enrichi en chlorures et/ou en sulfates ou nitrates (sels de la série neutre), avec un pH de l'extrait de pâte saturée inférieur à 8,5, il est défini comme Salique si, à un moment de l'année, la conductivité électrique de cet extrait de pâte saturée atteint 15 dSiemens par mètre à 25 °C ;

- enrichi en bicarbonates et carbonates (sels de la série alcaline), avec un pH de l'extrait de pâte saturée supérieur à 8,5, il est défini comme Salique si, pendant une période de l'année, la conductivité électrique de cet extrait de pâte saturée atteint 8dS. m⁻¹ à 25 °C.

Notations : SaA, SaS, SaC, SaY, éventuellement SaBT, SaH, SaK, etc.

Remarque : La teneur de cet horizon en sodium et/ou en magnésium échangeable peut être élevée relativement au calcium, et elle l'est d'autant plus que la salinité est forte, mais la structure n'est pas dégradée.

Horizon sodique

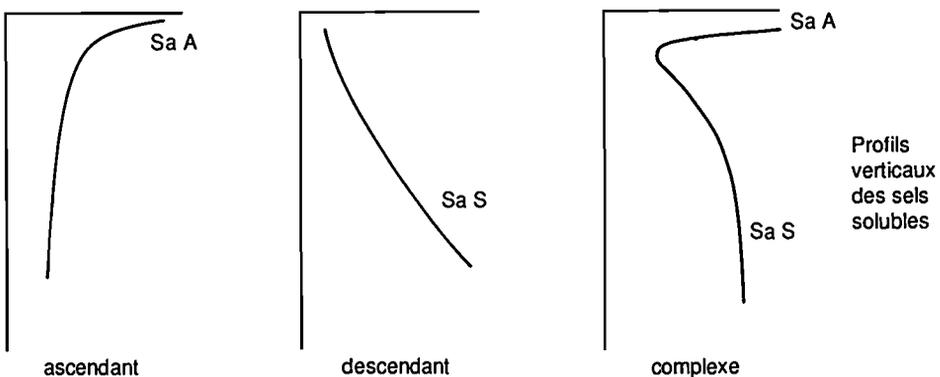
Horizon caractérisé par une forte proportion de sodium échangeable. Il est affecté également par une structure dégradée et compacte, soit totalement continue soit grossièrement polyédrique, prismatique ou en colonnes. Cette évolution structurale est en relation avec des conditions pédoclimatiques de plus en plus humides provoquant la mobilisation du sodium au sein des solums ou latéralement. La porosité intra-agrégats de cet horizon est toujours faible, non seulement en saison humide mais aussi en saison sèche.

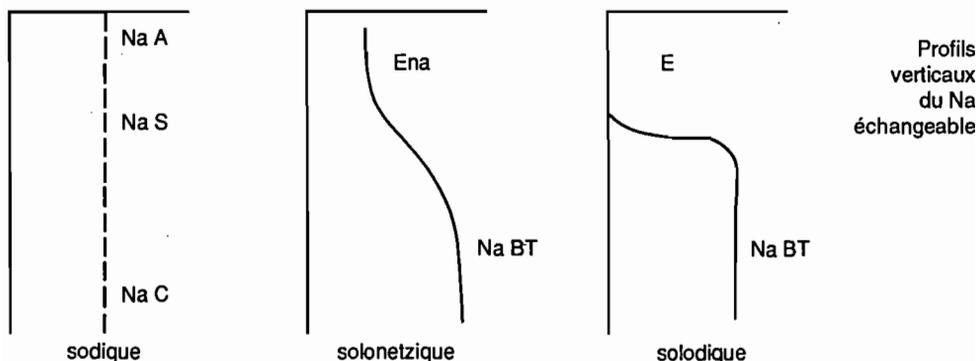
Cette dégradation de la structure est provoquée par une teneur en sodium échangeable et hydrolysable plus ou moins élevée, mais représentant au moins 15 % de la somme des cations échangeables alcalins et alcalino-terreux. Cette teneur peut être inférieure lorsque le sodium manquant est compensé par une teneur élevée en magnésium échangeable et surtout déséquilibrée par rapport à celle du calcium. Selon la nature minéralogique des argiles présentes, une teneur en sodium inférieure à 15 % peut aussi causer des dégradations structurales.

La teneur en sels solubles de cet horizon est nulle ou très faible.

Notation : NaA, NaS, NaC, NaBT.

GER des solums salsodiques





Principales organisations des solums sal sodiques (suite)

7 Références

Sept Références sont distinguées : SALISOLS (2 Références), SODISOLS (3 Références), SODISALISOLS (1 Référence) et SALISODISOLS (1 Référence).

SALISOLS

Ils sont caractérisés par la présence d'un « horizon salique », apparaissant à moins de 60 cm de profondeur. La présence de sels solubles en quantité suffisante entraîne obligatoirement dans ce même horizon un transfert de sodium sur le complexe d'échange mais la structure n'est pas dégradée. Selon le type anionique de salure, on distingue deux Références :

- les SALISOLS CHLORURO-SULFATÉS affectés par une salure neutre ou faiblement acide (pH inférieur à 8,5) et riches en sels neutres de sodium, magnésium ou calcium (milieux souvent marins mais pas exclusivement, sols sulfatés sodiques continentaux du nord Mexique, par exemple) ;
- les SALISOLS CARBONATÉS dont la salure est dominée par des sels alcalins (pH supérieur à 8,5 ; milieux continentaux).

Remarque : des SALISOLS nitrates et borates reconnus ponctuellement en Asie centrale, Antarctique, Bolivie... pourraient constituer des Références supplémentaires.

En relation avec une dynamique ascendante ou descendante de leur profil salin, ces solums peuvent ou non présenter des états de surface bien différenciés et caractéristiques (croûte saline ou gypso-saline, efflorescences, structure poudreuse, salant hygroscopique ou structure superficielle friable à agrégats conservés).

SODISOLS

Ils sont caractérisés par la présence d'un horizon sodique apparaissant à moins de 60 cm de profondeur, et par l'absence quasi-totale de sels solubles en présence desquels la structure se maintiendrait stable. Selon la garniture cationique du complexe d'échange, on peut différencier des SODISOLS « sodiques » et des SODISOLS « magnésiens ». Au plus haut niveau, seul le degré d'évolution verticale du couple argile-sodium (fonction des conditions hydroclimatiques) est pris en considération pour distinguer trois Références :

- les SODISOLS INDIFFÉRENCIÉS (sodiques), dans lesquels la dispersion de l'argile sodique provoque seulement une dégradation de la structure qui devient très massive ; la porosité intra-agrégats est faible ; il n'y a pas de migration verticale, ni d'ions ni d'argile. Le pH est généralement supérieur à 8,7 (alcalinisation). Solum NaA/NaS/NaC ;

- les SODISOLS SOLONETZIQUES (lessivés), dans lesquels une certaine désaturation en sodium du complexe échangeable puis une éluviation d'argile se manifestent dans les horizons supérieurs et dont le pH s'abaisse devenant proche de la neutralité. Les horizons inférieurs, enrichis en sodium et en argile, ont une structure prismatique ou en colonnes avec une porosité intra-agrégats très faible. Solum Ena/NaBT ;

- les SODISOLS SOLODISÉS (dégradés), dans lesquels une désaturation complète du complexe adsorbant dans les horizons supérieurs provoque un abaissement du pH jusqu'à des valeurs comprises entre 4 et 5. L'action conjointe de l'acidité libérée et des phénomènes d'oxydo-réduction provoque une dégradation des minéraux argileux qui se manifeste sous forme d'un blanchiment de l'horizon E et du sommet des colonnettes de l'horizon NaBT ; cet horizon inférieur enrichi en sodium présente un pH élevé, alcalinisé (9 à 10).

Solum : Ea/NaBT.

Certains sols Salsodiques présentent à la fois un horizon salique et un horizon sodique superposés. Selon l'ordre de superposition de ces deux horizons de référence, on distingue deux Références :

- les SODISALISOLS qui, du fait d'une évolution saline verticale descendante, naturelle ou anthropique d'un sol salique originel, présentent un horizon de surface dessalé mais sodique, à forte compacité intra-agrégats à l'état sec ou à structure continue à l'état humide. Cet horizon est plus ou moins épais et différencié, selon la mobilité des sels solubles initialement présents. On passe en profondeur à un horizon salique et la configuration du solum est NaA/SaS ;

- les SALISODISOLS qui, du fait d'une longue évolution saline ascendante, présentent un horizon superficiel salique (chloruro-sulfaté, ou carbonaté) passant en profondeur à un horizon sodique dessalé. Cette configuration se reconnaît en présence d'une nappe alcalisante, à SAR (*Sodium Adsorption Ratio*) élevé, dont les battements affectent les horizons inférieurs des sols, les soumettant à une alcalinisation remontante (horizon sodique). Sous les climats à fort pouvoir évaporant, les sels solubles présents et suffisamment mobiles

(essentiellement chlorures et sulfates) se concentrent à la partie supérieure des solums, différenciant un horizon salique.

Solum : SaA / NaS.

Remarque : pour chacune de ces deux dernières Références, des précisions complémentaires peuvent être apportées selon la nature anionique des sels solubles présents (qualificatifs chloruro-sulfatés, sulfatés, ou bicarbonatés).

Qualificatifs utiles

- salique** qualifie un solum (autre que SALISOL) dans lequel un horizon salique est reconnu à plus de 60 cm de profondeur (et à moins de 125 cm).
- sodique** qualifie un solum (autre que SODISOL) dans lequel un horizon sodique apparaît à plus de 60 cm de profondeur (et à moins de 125 cm).
- magnésien** qualifie un SODISOL où le magnésium est nettement dominant par rapport au sodium et surtout au calcium sur le complexe adsorbant.
- salin** qualifie un solum ou un horizon dans lequel est reconnue une certaine abondance de sels plus solubles que le gypse, mais dont la conductivité électrique est en deçà des normes de définition de l'horizon salique.
- sodisé** qualifie un solum ou un horizon dans lequel est reconnue une certaine abondance de sodium sur le complexe adsorbant mais en deçà des normes de définition de l'horizon sodique.
- chloruro-sulfaté, sulfaté, bicarbonaté** : précisent la nature anionique des sels solubles présents (cas des SODISALISOLS et SALISODISOLS).
- jarositique** qualifie un solum dans lequel un horizon à jarosite apparaît à plus de 60 cm de profondeur (et à moins de 125 cm).
- vertique, réductique, rédoxique, carbonaté, calcaire, etc.**

Relations avec d'autres GER

Les solums dont la texture trop grossière ne permet pas la confection d'une pâte saturée, ne sont pas rattachés aux solums salsodiques mais aux ARÉNOSOLS saliques.

Les solums Salsodiques sont souvent affectés par des engorgements temporaires ou permanents plus ou moins intenses. Un solum présentant un horizon salique ou sodique ne sera rattaché à une référence de RÉDUCTISOL ou de RÉDOXISOL que s'il présente un horizon G ou g à moins de 50 cm de profondeur. Si les caractères liés à l'engorgement sont plus profonds, on utilisera les qualificatifs « réductique », « rédoxique », « à horizon réductique de profondeur » ou « à horizon rédoxique de profondeur ».

Les solums Salsodiques peuvent présenter des caractères vertiques, gyp-siques, calcimagnésiques ou steppiques, de même que certains VERTISOLS, ou solums calcimagnésiques des manifestations salsodiques.

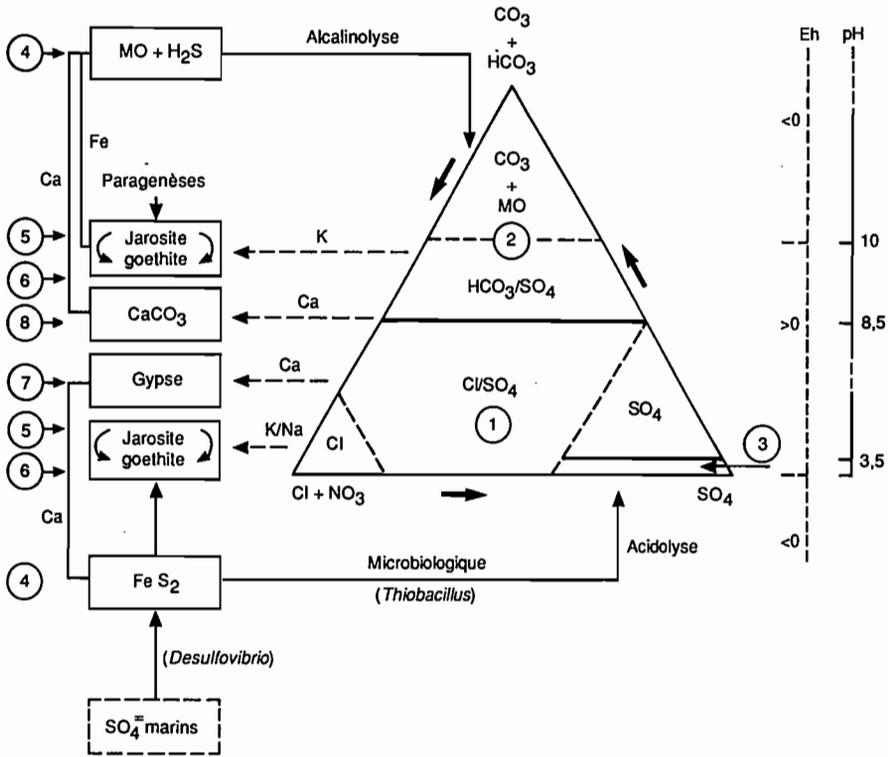
Des solums qui présentent des caractéristiques de THIOSOLS ou surtout de SULFATOSOLS peuvent aussi correspondre à la définition des SALISOLS. Dans un tel cas les solums seront désignés comme SULFATOSOLS saliques.

Mise en valeur et conservation

L'utilisation agricole de ces sols est délicate. En pluvial, seuls les sols des pays suffisamment humides sont utilisables, parfois après dessalement saisonnier (riz, pâturage, espèces forestières ou fourragères tolérantes...). Partout ailleurs, notamment en régions sèches, il faut recourir à une mise en valeur irriguée qui nécessite des précautions particulières et surtout un lessivage et un drainage pour éliminer l'excès de sels et contrôler les remontées de nappe. On a aussi recours à l'emploi d'amendements minéraux ou organiques, et même à des solutions acides qui, améliorant la structure, facilitent le lessivage des sels. Un autre risque est de développer par ces pratiques hydro-agricoles, sur des sols initialement sains, une dégradation saline secondaire induite, même par l'utilisation d'eaux d'assez bonne qualité mais en quantité insuffisante pour assurer un lessivage, et sans drainage efficace.

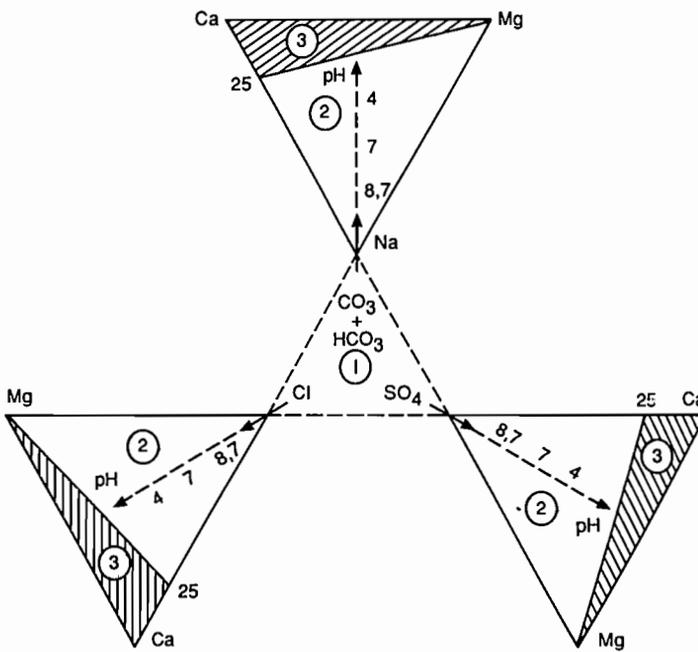
Dans tous les cas, un diagnostic préalable suffisamment précis s'avère indispensable avant toute intervention.

Les problèmes liés à la conservation, à la dégradation chimique et à la régénération des sols affectés, sont aujourd'hui d'une importance primordiale dans ces milieux irrigués, en raison de l'ampleur des interventions humaines en cours de développement. Une orientation récente consiste à rechercher des variétés de plantes tolérantes pour maintenir la meilleure production possible en repoussant les seuils de mortalité des espèces cultivées, grâce à une sélection génétique.



- △ Domaine de solubilité supérieure à celle du gypse □ Domaine de solubilité égale ou inférieure à celle du gypse
- | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|-----------------|
| 1. SALISOLS chloruro-sulfatés neutres | 4. THIOSOLS | 7. GYPSOSOLS |
| 2. SALISOLS carbonatés alcalins | 5. SULFATOSOLS à jarosite | 8. CALCARIOSOLS |
| 3. SULFATOSOLS aluniques | 6. SULFATOSOLS rubriques | |

Principales références des SALISOLS et filiation avec d'autres références



- ① Solution du sol enrichie en sels plus solubles que le gypse = SALISOLS (et SULFATOSOLS aloniques)
- ② Complexe échangeable du sol enrichi en sodium et/ou en magnésium = SODISOLS. Evolution possible du pH : SODISOLS INDIFFÉRENCIÉS, SOLONETZIQUES et SOLODISÉS
- ③ Complexe échangeable du sol saturé en calcium et magnésium = autres types de sols non sodiques

Schéma des filiations entre SALISOLS et SODISOLS

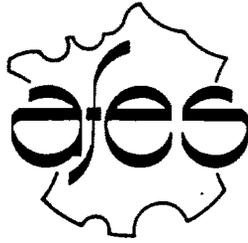
référentiel pédologique



1995

TECHNIQUES ET PRATIQUES

 **INRA**
EDITIONS



référentiel pédologique

1995

TECHNIQUES ET PRATIQUES

Ouvrages parus dans la même collection :

**Guide des analyses courantes
en pédologie**

D. BAIZE
1988, 172 p. (épuisé)

Techniques for the brucellosis laboratory

G.G. ALTON, L.M. JONES, R.D. ANGUS,
J.M. VERGER
1988, 192 p.

Maladies de la tomate

Observer, identifier, lutter

D. BLANCARD
1988, 232 p.

**Espèces exotiques utilisables pour la
reconstitution du couvert végétal en
région méditerranéenne**

Bilan des arboretums forestiers
d'élimination
P. ALLEMAND
1989, 150 p.

Le cerf et son élevage

Alimentation, techniques et pathologie

Co-édition INRA-Le Point Vétérinaire
A. BRELURUT, A. PINGARD, M. THERIEZ
1990, 144 p.

Le contrôle anti-dopage chez le cheval

D. COURTOT, PH. JAUSSAUD
1990, 156 p.

L'alimentation des chevaux

W. MARTIN-ROSSET
1990, 232 p.

Maladies des Cucurbitacées

Observer, identifier, lutter

D. BLANCARD, H. LECOQ, M. PITRAT
1991, 320 p.

Weeds of the Lesser Antilles

Mauvaises Herbes des Petites Antilles

J. FOURNET, J.L. HAMMERTON
1991, 214 p.

**Illustrated key to West-Palaearctic
genera of Pteromalidae**

Z. BOUČEK, J.Y. RASPLUS
1991, 140 p.

**Maladies de conservation des fruits
à pépins : pommes et poires**

P. BONDOUX
Co-édition INRA-PHM Revue horticole
1992, 228 p.

Techniques de cytogénétique végétale

J. JAHIER
1992, 196 p.

**Pratique des statistiques non
paramétriques**

P. SPRENT
Traduction française : J.P. LEY
1992, 302 p.

Référentiel Pédologique

Principaux sols d'Europe - 1992
1992, 222 p.

**Immuno-analyses pour l'agriculture
et l'alimentation**

A. PARAF, G. PELTRE. Traduction
française : E. RERAT et A. BOUROCHE
1992, 356 p.

Graines des feuillus forestiers

De la récolte au semis

B. SUSZKA, C. MULLER,
M. BONNET-MASIMBERT
1994, 318 p.

Guide pour la description des sols

D. BAIZE et B. JABIOL
1995, 388 p.

Flore des champs cultivés

P. JAUZEIN
1995, 898 p.

© INRA, Paris, 1995

ISBN : 2-7380-0633-7

ISSN : 1150-3912

Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 3, rue Hautefeuille, Paris 6^e.