

Normes utilisées actuellement au Maroc pour l'établissement des cartes de classement des sols en vue de la culture sous irrigation

Jean-Louis GEOFFROY

*Pédologue ORSTOM
Centre des Expérimentations
Route de Casablanca, P.K. 0750, Rabat, Maroc*

RÉSUMÉ

Le système de classification utilisé comporte 5 classes. La « classe maximale » que peut atteindre un sol est déterminée par la contrainte la plus pénalisante que présente le sol à l'aménagiste. Les contraintes sont normalisées en fonction des cultures, des modes d'irrigation et des aménagements fonciers couramment adoptés au Maroc. Les facteurs considérés sont :

- contraintes dues à la topographie : pente, érosion hydrique, micro-relief ;*
- contraintes dues au sol : profondeur, texture, pierrosité, perméabilité, salinité, alcalinité ;*
- contraintes dues à l'eau : inondations, drainage.*

Chaque sol est caractérisé par 2 fractions symboles (gravité - aspersion) et un cartouche.

Des cartes sont dressées à partir de ce classement.

ABSTRACT

This soil classification consists in 5 classes. The « highest class » that can be reached by a soil is fixed by its poorest characteristic. These constraints are normalized in regard of the cultures, the irrigation system and the soil reclamations, generally used in Morocco. The considered factors are :

- topography characteristics : slope, water erosions, micro topography ;*
- soil properties : depth, texture, stones, permeability, salinity, alkalinity ;*
- water influences : inundation, drainage.*

Each soil is characterised by 2 symbol fractions (one for surface irrigation, one for sprinkling irrigation) and a list of indexes. Maps are established on this classification.

PLAN

1. DÉFINITION DES CLASSES DE SOLS VIS À VIS DE L'IRRIGATION.
2. NOTION DE CONTRAINTES.
 - 2.1. Mode d'irrigation.
 - 2.2. Cultures prévues.
 - 2.3. Aménagements fonciers.
 - 2.3.1. Aménagements obligatoires.
 - 2.3.2. Aménagements facultatifs.
3. HIÉRARCHISATION DES CONTRAINTES : CLASSE « MAXIMALE »

4. CLASSEMENT PAR CONTRAINTES.

- 4.1. Contraintes dues à la topographie
- 4.2. Contraintes dues au sol.
 - 4.2.1. Contrainte de profondeur.
 - 4.2.2. Contrainte de texture.
 - 4.2.3. Contrainte de pierrosité.
 - 4.2.4. Contrainte de perméabilité.
 - 4.2.5. Contrainte de calcaire.
 - 4.2.6. Contrainte de salinité
 - 4.2.7. Contrainte d'alcalinité.
- 4.3. Contraintes dues à l'eau
 - 4.3.1. Contrainte d'inondations.
 - 4.3.2. Contrainte de drainage.

5. REPRÉSENTATION DU CLASSEMENT D'UN SOL

- 5.1. Sur la fiche de description du profil.
- 5.2. Dans le rapport.

6. CARTOGRAPHIE DU CLASSEMENT DES SOLS.

- 6.1. Types de classement.
- 6.2. Unités cartographiées.
- 6.3. Représentation graphique.
- 6.4. Légende.

CONCLUSION

INTRODUCTION

Le Maroc a décidé de mobiliser toutes ses ressources en eau pour irriguer le maximum de terres possibles. C'est ainsi qu'est né le plan dit « du million d'hectares » : objectif final de la Direction de l'Équipement Rural du Ministère de l'Agriculture. Pour réaliser ces équipements de nombreuses études sont nécessaires. Les techniciens marocains ayant été sensibilisés depuis très longtemps à la nécessité d'études pédologiques avant tout projet d'équipement, un Bureau de Pédologie existe donc, depuis 1960, au sein de la Direction de l'Équipement Rural. Mais, comme tous nos collègues travaillant pour des organismes de Mise en Valeur, nous nous sommes heurtés aux difficultés qu'ont les ingénieurs d'aménagement à utiliser directement les études pédologiques, car, comme l'écrit si justement G. Duclos « c'est sans doute parce que les études pédologiques classiques, aussi précises et aussi illustrées soient-elles, demeurent pour un non spécialiste d'un maniement difficile soit en raison de leur consistance ou de leur volume, soit du fait de leur terminologie ».

Il convenait donc de définir un schéma de classement des sols, en vue de leur mise en valeur optimum par l'irrigation, compréhensible par tout le monde. Dès 1963, P. Billaux, chef du Bureau de Pédologie de l'Office National des Irrigations, a établi une division des sols en 5 classes qui est depuis lors utilisée pour toutes les *cartes de classement de sols* qui accompagnent les cartes pédologiques, documents fondamentaux de base. Toutefois l'affectation d'un sol dans telle ou telle classe n'avait pas été normalisée. Cette étude a pour objet de proposer une telle normalisation (1).

(1) Une première définition de ces normes a été élaborée par la D.R.A. (A. Ghanem) et reprise par Riquier et Labrousse.

1. DÉFINITION DES CLASSES DE SOLS VIS-À-VIS DE L'IRRIGATION

On utilise au Maroc une classification adaptée aux sols de ce pays en vue de leur culture sous irrigation. Cette classification est la suivante :

Classe I

Sols cultivables sous irrigation, permettant toutes les cultures adaptées à la région (climat, qualité de l'eau) et en particulier les cultures arbustives intensives, avec bonne productivité et frais d'amélioration du sol nuls ou faibles.

Classe II

Sols cultivables sous irrigation, ayant un ou plusieurs facteurs limitants d'importance moyenne,

- soit améliorables à frais moyens et ayant alors les possibilités de la classe I,
- soit non ou partiellement améliorables et ayant alors une aptitude réduite pour certaines cultures exigeantes, ou une productivité générale moyenne.

Classe III

Sols cultivables sous irrigation ayant un ou plusieurs facteurs limitants importants,

- soit améliorables totalement à frais élevés et ayant les possibilités de la classe I,
- soit améliorables partiellement, à frais moyens ou à frais élevés et ayant alors des aptitudes et une productivité comparables à celle de la classe II,
- soit non ou peu améliorables et ayant alors une aptitude à porter seulement des plantes peu exigeantes, ou une productivité générale réduite.

Classe IV

Sols ayant des facteurs limitants non améliorables qui ne permettent l'irrigation que dans des conditions spéciales, par exemple : arboriculture rustique, fourrage, petites taches isolées de sol cultivable.

Classe V

Sols à écarter de l'irrigation.

Cette classification donne une description des classes des sols vis-à-vis de l'irrigation, mais elle ne définit

pas les normes pour parvenir à ce classement. Il convenait donc de définir les différents facteurs limitants et d'en apprécier l'intensité qui entraîne un déclassement du sol.

2. NOTIONS DE CONTRAINTES

Chaque sol présente des caractéristiques physiques, chimiques, topographiques et de drainage qui vont conditionner l'importance des travaux nécessaires à sa mise en valeur et sa rentabilité sous irrigation. Ces caractéristiques contraindront l'aménagiste à prévoir des travaux plus ou moins importants (donc des dépenses) en vue du but qu'il recherche. Ainsi chaque facteur limitant va entraîner une contrainte particulière en fonction du but poursuivi. L'intensité de cette contrainte sera différente selon le mode d'irrigation, les cultures prévues, les aménagements possibles.

2.1. Mode d'irrigation

Actuellement, au Maroc, deux modes de distribution d'eau sont utilisés à grande échelle : l'irrigation par gravité et l'irrigation par aspersion.

2.1.1. IRRIGATION PAR GRAVITÉ

Les normes pour utiliser ce mode d'irrigation sont les suivantes :

- une pente générale du terrain inférieure à 2 %. En effet, un nivellement est systématiquement effectué avant la mise en eau et une pente supérieure entraînerait des terrassements trop coûteux et un décapage des sols sur une épaisseur trop importante.
- une perméabilité comprise entre 1 et 20 cm/h.
- un microrelief inférieur à 800 m³/ha de terrassement.

Si l'une de ces caractéristiques est défavorable, l'irrigation par gravité est abandonnée et l'irrigation par aspersion choisie. *Par définition, un tel sol sera placé en classe IV lors du classement pour la gravité.*

2.1.2. IRRIGATION PAR ASPERSION

En dehors de considérations économiques (mise en valeur plus rapide) ou hydrauliques (économies d'eau),

l'aspersion ne peut être imposée par la nature des sols que lorsque la pente générale est trop forte (supérieure à 2 %) ou trop irrégulière, la perméabilité trop faible ou trop forte et le microrelief trop accentué. Dans ce cas, les facteurs limitants imposent d'autres contraintes que celles de la gravité et un nouveau classement des sols pour l'aspersion doit être effectué.

De ces définitions, il résulte que, lors d'une prospection à moyenne échelle (1/50 000 ou 1/20 000), deux classements doivent être effectués, un en gravité, un en aspersion.

2.2. Culture prévues

Actuellement, au Maroc et sous irrigation, tous les assolements sont basés sur les cultures suivantes :

- les céréales : blé, maïs.
- les fourrages : luzerne, trèfle d'Alexandrie (bersim), hybrides sorgho-soudan grass et maïs fourrage.
- cultures industrielles : betterave, coton, canne à sucre, tournesol.
- cultures maraîchères : tomate, piment doux.
- cultures arboricoles : olivier, amandier et agrumes.

De l'énumération de ces cultures, il ressort que :

La plupart d'entre elles sont peu sensibles à la teneur en sels, sauf les agrumes qui sont aussi sensibles au calcaire.

Or les agrumes ne sont prévus que dans des cas particuliers et sur une petite échelle (difficulté de commercialisation).

La profondeur et la texture jouent peu sur les rendements, si l'on est maître de l'eau (facteur essentiel en Afrique du Nord), mais conditionnent évidemment la conduite pratique de l'irrigation.

Les éléments fertilisants nécessaires peuvent être apportés par les engrais.

Il en résulte que des facteurs comme la teneur en calcaire ou la fertilité potentielle ne sont pas considérés comme des facteurs de déclassement du sol et ne sont donnés qu'à titre d'indication.

2.3. Aménagements fonciers

Lors de l'équipement des sols en vue de l'irrigation, des aménagements fonciers sont réalisés. En fonction

du mode d'irrigation, certains sont obligatoires, d'autres sont facultatifs :

2.3.1. AMÉNAGEMENTS OBLIGATOIRES

L'épierreage : si le sol est trop caillouteux, l'épierreage doit être effectué quels que soient le mode d'irrigation et la culture.

Sous-solage et épierreage : lorsque le sol présente une croûte calcaire à une profondeur inférieure à 60 cm, un sous-solage et un épierreage sont indispensables.

Le drainage : si une nappe est présente dans le sol, et selon son origine, les opérations de drainage seront nécessaires et déclasseront le sol.

2.3.2. AMÉNAGEMENTS FACULTATIFS

Le nivellement : pour l'irrigation par gravité, le nivellement est pratiquement obligatoire étant donnés les dispositifs adoptés au Maroc (raies ou calants de 80 à 120 m de long). Par contre, pour l'aspersion, le nivellement n'est pas nécessaire, sauf cas de micro-relief trop accentué.

Le défrichement : beaucoup de sols irrigables sont envahis de jujubiers. Ces arbustes peuvent être soit défrichés dans le cadre d'une opération intégrée, soit arrachés par les propriétaires. Ils ne constituent pas une contrainte mais sont indiqués sur les cartes pour que l'aménagiste puisse prévoir ou non les opérations de défrichement.

Les normes des contraintes qui seront définies par la suite sont établies en fonction des cultures, du mode d'irrigation et des aménagements couramment appliqués au Maroc. Il est bien évident que si l'un des facteurs se modifie, les définitions seraient à modifier, car, *les facteurs limitants n'ont pas de valeur intrinsèque mais imposent des contraintes déterminées vis à vis d'une mise en valeur déterminée.*

3. HIÉRARCHISATION DES CONTRAINTES

S'il est relativement facile de quantifier les contraintes en fonction des plantes ou des aménagements envisagés, il est, par contre, difficile de les hiérarchiser pour obtenir un classement global du sol vis-à-vis de la mise en valeur prévue.

Sys *et al.* ont quantifié chacune des propriétés des sols des zones arides vis-à-vis de l'irrigation, des cultures et des aménagements fonciers et, par multiplication de ces valeurs, ont obtenu trois coefficients :

Ci = coefficient d'aptitude du sol à l'irrigation,
Cs = coefficient des aptitudes culturales du sol,
Z = coefficient des besoins en aménagement fonciers, coefficients qu'ils combinent sous forme de fractions de la forme $\frac{Ci Cs}{Z}$, pour caractériser chaque série de sol.

G. Duclos a hiérarchisé les contraintes en : facteurs limitants (absolus et importants), et caractéristiques défavorables (majeures et mineures) auxquels il a attribué une note de 0 à 20 en plus ou en moins. Ces notes sont ensuite additionnées pour donner une valeur chiffrée au sol.

D'autres ont aussi défini des contraintes absolues, majeures et mineures, et les ont combinées par multiplication pour obtenir un classement du sol.

Pour notre part, nous avons préféré utiliser la notion de *classe maximale* que peut atteindre un sol en fonction des contraintes qu'il présente : chaque contrainte impose un classement au sol, et le *classement du sol sera celui de la contrainte la plus pénalisante*. Par exemple, un sol peut être profond, bien drainé, mais caillouteux : son classement sera imposé par la contrainte des cailloux.

Lorsque deux contraintes ont une intensité égale, nous avons pensé que les pénalisations ne devaient être ni additionnées ni multipliées, car l'aménagement imposé par une de ces deux contraintes va, soit complètement transformer le sol et amener un classement différent après aménagement, soit laisser subsister l'autre contrainte avec la même intensité.

Par exemple, si un sol est classé en III à cause des cailloux, et en III à cause de la salure, après épierreage, le sol restera classé en III pour la salure et nécessitera une opération de dessalage ou un choix de cultures résistantes aux sels.

Il est alors possible de définir le classement imposé au sol par chaque contrainte.

4. CLASSEMENT PAR CONTRAINTES

Les contraintes qui vont affecter un sol sont dues à la topographie, au sol lui même, et au drainage.

4.1. Contraintes dues à la topographie

4.1.1. CONTRAINTE DE PENTE

Le classement est établi en tenant compte des faits suivants :

— Il s'agit de la pente générale du terrain sur une longueur d'au moins 100 m.

— Au-delà de 2 % de pente, l'irrigation par gravité est abandonnée au profit de l'aspersion.

— Le nivellement est systématique pour la gravité et le déclassement sera fonction de la cubature de terrassement pour obtenir une pente de l'ordre de 1 %. Le classement est alors le suivant :

Symbole	Pente en pour cent	Classe maximale	
		Gravité	Aspersion
Pe 6	> 8		IV
Pe 5	4 à 8	V	III
Pe 4	2 à 4	IV	
Pe 3	1,5 à 2	III	
Pe 2	1 à 1,5	II	I
Pe 1	≤ 1	I	

4.1.2. CONTRAINTE D'ÉROSION HYDRIQUE

Le classement est le suivant :

Symbole	Erosion	Classe maximale
Eh 5	Généralisée et bad-lands	V
Eh 4	Forte, en rigoles et ravins	IV
Eh 3	Modérée, en rigoles et ravins	III
Eh 2	Faible, en rigoles et ravins	II
Eh 1	En nappe ou érosion nulle	I

4.1.3. CONTRAINTE DE MICRORELIEF

Lorsqu'il y a érosion en nappe, le sol est décapé sur les surfaces non protégées par la végétation pérenne (arbres ou arbustes, et en particulier les jujubiers). Au contraire, par l'érosion éolienne, les particules s'accumulent au pied de cette végétation. Les deux phénomènes concourent à créer des buttes qui peuvent atteindre 1 m et plus et qu'il faudra niveler lors du défrichement.

L'érosion en griffes conduit à des dénivelées qu'il faut combler.

Le classement dû au microrelief est établi en tenant compte des volumes de terres à déplacer et des hauteurs des buttes à niveler ou des ravines à combler.

Symbole	Dénivelées en cm	Moyenne des volumes de terre à déplacer en m ³ /ha	Classe maximale	
			gravité	aspersion
M1	0 - 15	0 - 200	I	I
M2	15 - 30	200 - 400	II	I
M3	30 - 60	400 - 800	III	II
M4	60 - 120	800 - 1 500	IV	III
M5	≥ 120	1 500	V	IV

4.2. Contraintes dues au sol

4.2.1. CONTRAINTE DE PROFONDEUR

Les classes de profondeur ont été déterminées par rapport aux outils de labour, à l'expérience acquise dans le domaine agronomique et à la nature de l'horizon limitant :

4.2.1.1. Classes de profondeur

Ce sont :

- P4 de 0 à 20 cm labour au croquer crop
- P3 de 20 à 40 cm labour profond
- P2 de 40 à 60 cm défoncement
- P1 de 60 à 80 cm sol profond
- P1' > à 80 cm sol très profond.

4.2.1.2. Expérience agronomique

De nombreuses observations ont montré que, au Maroc, lorsque l'on est *maître de l'eau*, la profondeur joue relativement peu. Nous ne citerons que quatre exemples :

— Dans les Doukkala, des cultures de betteraves fournissent 45 t de racines sur un sol de 30 cm d'épaisseur au-dessus d'une dalle calcaire peu épaisse.

— Sur toute la bordure atlantique, les cultures de tomates sont installées sur des sols légers de 25 à 40 cm reposant sur un grès dunaire.

— Dans le Tadla, une culture de luzerne fournit 120 t en vert sur un sol de 45 cm reposant sur une dalle calcaire peu épaisse.

— Dans le Haouz, le déchaussement hydraulique d'orangers (18 ans) et d'abricotiers a montré que leurs racines n'explorent qu'une tranche de 40 cm d'épaisseur, et celles d'un olivier centenaire qu'une tranche de 1,20 m au droit de l'arbre et qu'ensuite les racines remontent à 50 cm.

4.2.1.3. Nature de l'horizon limitant

Trois catégories d'horizons limitants sont considérés :

Z = Niveau de graviers et de galets, non consolidé, contenant plus de 75 % de matériel grossier et ayant une épaisseur supérieure ou égale à 30-40 cm.

S = Encroûtement calcaire plus ou moins friable ayant une épaisseur supérieure à 30 cm.

H = Croûte calcaire dure ou dalle rocheuse ayant une épaisseur supérieure à 10 cm.

Ces horizons limitants constituent un obstacle à la pénétration des racines. De plus, l'horizon *H*, étant généralement non fissuré, constitue une barrière pour l'eau : sous irrigation, il risque d'entraîner la formation d'un horizon engorgé qui réduira encore la pénétration des racines ; cet horizon est aussi indéfonçable pour un coût raisonnable.

Le cas des encroûtements gypseux n'a pas été envisagé. En effet, ces encroûtements sont très rares au Maroc. Dans les cas où ils existent, en plus des limitations de profondeur qu'ils peuvent créer, il faudra tenir compte des réactions de réduction des sulfates qui ont été constatées en Tunisie sous irrigation.

4.2.1.4. Classement

Compte tenu des remarques précédentes, la classe maximale que peut avoir un sol du fait de la contrainte de profondeur est :

Symbole	P4	P3	P2	P1	P1'
Profondeur	0 à 20 cm	20 - 40 cm	40 - 60 cm	60 - 80 cm	> 80 cm
Nature de l'horizon limitant	Z ou S	IV	III	II	I
	H	V	IV	III	II

4.2.2. CONTRAINTES DE TEXTURE

Le classement concernant la texture a été établi en remarquant que :

— Les plantes entrant dans les assolements sont relativement peu sensibles à la texture. Il est classique de dire que la betterave préfère les sols lourds ; pourtant des expérimentations de betteraves sur sable (90 % de sable) ont montré, dans le Souss-Massa, que l'on peut obtenir des rendements de plus de 100 t de racines avec une irrigation bien conduite et une fumure adaptée.

— Les conditions de travail du sol sont liées à la texture.

— La capacité d'échange des bases, la capacité de rétention, le point de flétrissement (donc la réserve en eau facilement utilisable, RFU), la perméabilité sont liés à la texture. Toutes ces propriétés sont particulièrement affectées par la présence d'éléments grossiers dans le profil. Toutefois nous distinguerons :

Les graviers et cailloux de 2 mm à 9 cm.

Les pierres et blocs dont une des dimensions est supérieure à 9 cm.

Les contraintes dues aux graviers et cailloux seront notées avec celles dues à la texture. Celles dues aux pierres et blocs seront classées dans le chapitre suivant (contrainte de pierrosité) car leur taille impose une opération d'épierrage.

— La stabilité de la structure est assez souvent fonction de la texture. En particulier les sols trop limoneux sont battants.

— Il existe assez souvent, au Maroc, des sols qui comportent des alternances texturales. En particulier, des épandages sableux ou sablo-limoneux peuvent recouvrir des sols de texture plus argileuse. Si, ces épandages ont une épaisseur supérieure à 40 cm, c'est leur nature texturale qui est notée. Si leur épaisseur est inférieure ou égale à 40 cm et que les natures texturales (sable sur argile), donc les perméabilités, sont trop différentes, nous avons introduits une notation particulière.

— C'est le triangle des textures de l'USDA qui sert de référence (donné par DUCHAUFOR).

4.2.2.1. Classement des sols ayant une nature texturale homogène sur 40 cm ou plus

Symbole	Nature texturale	Triangle	Classe maximale
T4	très grossière (S > 80 %)	S	IV
T3	grossière limoneuse équilibrée	S1	III
T2		Lfa - Lf - Ltf	II
T1		Las - As	I
T'2	lourde	Ls - L	II
		Laf - Al	
		La	
T'4	très lourde (A > 60 %)	A	IV
Tc2	caillouteux cailloux abondants	de 15 % à 30 %	II
Tc3		30 - 50 %	III
Tc4		50 - 75 %	IV

4.2.2.2. Alternance de sable sur argile

Si le sable a une épaisseur inférieure ou égale à 40 cm, l'eau percole très rapidement à travers le sable et s'arrête sur l'argile sous-jacente, créant une nappe perchée qui induit des phénomènes d'hydromorphie : beaucoup de sols de ce type sont d'ailleurs classés en sols hydromorphes à pseudo-gley de nappe perchée. Ces phénomènes ne peuvent qu'être renforcés par l'irrigation qui apportera 1 000 mm supplémentaires aux 300 à 600 qu'ils reçoivent naturellement.

Des expérimentations effectuées sur ce type de sols, dans les Doukkala, ont montré que, sous irrigation par aspersion, les plantes sont assez peu sensibles à cet engorgement. Par contre, sous irrigation par gravité, des problèmes d'asphyxie apparaissent lorsque le sable a une épaisseur comprise entre 25 et 40 cm. Ces mêmes expérimentations ont montré qu'un défoncement à la charrue-balance avec retournement complet du profil faisait disparaître la discontinuité hydrique et amenait une augmentation de 15 à 20 % des rendements.

Compte tenu de ces remarques, le classement de ce type de sol sera le suivant :

Symbole	Epaisseur du sable sur l'argile	Classe maximale	
		gravité	aspersion
T41 T'2	0 - 20 cm	II	II
T42 T'2	20 - 40 cm	IV	

4.2.3. CONTRAINTE DE PIERROSITÉ

Il peut exister des pierres en surface et des pierres dans le profil. Ces dernières peuvent soit être réparties d'une manière homogène, soit apparaître à partir d'une certaine profondeur.

4.2.3.1. Opérations d'épierrage

Il est admis au Maroc, que lorsque les pierres ont une de leurs dimensions supérieure à 9 cm une opération d'épierrage est nécessaire avant tout aménagement. Cette opération s'effectue de la manière suivante :

- un passage de niveleuse met en cordon les pierres libres de la surface qui sont ensuite chargées par chargeuse sur des camions et évacuées. Théoriquement, ces travaux devraient suffire à éliminer les pierres de surface.

- un passage de Rooter et un passage de Root-plow à 60 cm de profondeur ont pour but de remonter les pierres se trouvant dans le profil ; celles-ci sont ensuite chargées à la main sur des remorques et évacuées.

Toutefois des mesures de pierrosité faites dans le Haouz, avant et après de telles opérations, ont montré que :

- les pierres de surface ne sont jamais totalement libres, mais envahissent toujours les 20 premiers centimètres du profil.
- le va et vient des engins enterre beaucoup de pierres qui ne sont pas touchées par la lame de la niveleuse.
- le Root-plow, bien que travaillant à 60 cm, ne remonte à la surface que les pierres se trouvant dans les 20 premiers centimètres et laisse en place celles se trouvant plus en profondeur.

Il ressort de ces mesures que :

Lorsqu'il y a des pierres en surface, un simple passage de niveleuse ne suffit pas à éliminer ces pierres et que le passage du Root-plow suivi d'un épierrage à la main est indispensable pour supprimer la pierrosité des 20 premiers centimètres.

La pierrosité au-delà de 20 cm ne peut pas être éliminée.

4.2.3.2. Définition de la pierrosité

A la suite de ces remarques, nous avons divisé la pierrosité de la manière suivante :

Pierrosité de surface

C'est la quantité de pierres libres (> 9 cm) en surface ajoutée à la pierrosité des 20 premiers centimètres. Elle sera prise en considération pour définir le volume de pierres à enlever lors des opérations d'épierrage après défoncement.

Pierrosité de l'horizon 20-40 cm

N'étant pas améliorable par défoncement, elle peut constituer une contrainte lors de l'utilisation de charrues et elle sera prise en compte pour le classement.

Pierrosité des horizons inférieurs

Elle constitue un facteur favorable à la pénétration de l'air et de l'eau, et ne sera prise en considération que si elle est supérieure à 75 % (niveau Z intervenant en tant que contrainte de profondeur).

4.2.3.3. Classes de pierrosité

Les symboles suivants sont utilisés pour noter les classes de pierrosité: C_x^y (avec y = profondeur d'apparition des pierres, x = pourcentage en volume des pierres).

Pierrosité % en volume	de 0 à 20 cm	de 20 à 40 cm
Plus de 75 %	Z 4	Z 3
De 75 à 50 %	C 4	C 4
De 50 à 25 %	C 3	C 3
De 25 à 10 %	C 2	C 2
Moins de 10 %	C 1	C 1

4.2.3.4. Classement dû à la contrainte de pierrosité

La classe maximale atteinte par un sol sera fonction de la pierrosité de surface et de celle du niveau compris entre 20 et 40 cm.

Pierrosité de surface 0-20 cm \ Pierrosité de 20-40 cm	C^4_4	C^4_3	C^4_2	C^4_1
C^3_4	IV	IV	IV	IV
C^3_3	IV	IV	IV	III
C^3_2	IV	IV	III	II
C^3_1	IV	III	II	I

Compte tenu de ce tableau, la pierrosité globale d'un sol sera noté $C^4_3C^3_2$ (sol de la classe IV ayant 50 à 25 % de pierres de 0 à 20 cm et 25 à 10 % entre 20 et 40 cm). Cette notation pourra être simplifiée en supprimant les indices de profondeur et en affectant le symbole C d'un coefficient à deux chiffres dont le premier indique le volume de pierres de 0 à 20 cm et le deuxième le volume des pierres de 20 à 40 cm : l'exemple précédent sera noté C_{32} au lieu de $C^4_3C^3_2$.

Il est à remarquer que :

- si la somme de ces 2 chiffres est > 4 , sol de classe IV
- si la somme de ces 2 chiffres est $= 4$, sol de classe III
- si la somme de ces 2 chiffres est $= 3$, sol de classe II
- si la somme de ces 2 chiffres est $= 2$, sol de classe I.

4.2.4. CONTRAINTE DE PERMÉABILITÉ

Le classement vis-à-vis de cette contrainte a été établi en admettant que :

Lorsque la perméabilité (en fait, l'infiltrabilité), mesurée par la méthode Müntz ou par tout autre méthode sur échantillons non perturbés, est inférieure à 1 cm/h ou supérieure à 20 cm/h, la gravité est abandonnée au profit de l'aspersion.

En aspersion, lorsque la perméabilité est trop faible ($K \leq 0,5$ cm/h), les pluviométries seront très faibles et les pertes par évaporation très importantes.

Lorsque la perméabilité est trop forte, les pertes en profondeur seront très importantes.

Le tableau suivant donne la classe maximale que peut atteindre un sol à cause de cette contrainte :

Symbole	Perméabilité (cm/h)	Classe maximale	
		en gravité	en aspersion
K_5	$K \leq 0,5$	V	IV
K_4	$0,5 < K \leq 1$	IV	II
K_3	$1 < K \leq 2$	III	I
K_1	$2 < K \leq 10$	I	
K_2	$10 < K \leq 20$	II	II
K'_4	$20 < K$	IV	IV

4.2.5. CONTRAINTE DE CALCAIRE

Les limitations dues aux croûtes ou encroûtements, constituant un facteur limitant de la profondeur, seront classées avec cette contrainte (S ou H).

Les limitations concernant la teneur en calcaire actif ne constituent pas un facteur strictement limitant à l'irrigation en général et les indications concernant cette donnée se rapportent au choix des cultures et des plantations (en particulier agrumes). Toutefois, comme le signale G. Duclos, « On donne encore parfois beaucoup d'importance à cet indice ; il semble là aussi qu'il faille se satisfaire d'appréciations assez nuancées, car, même en milieu assez fortement calcaire, on peut quelquefois observer des végétations correctes de plantes réputées fragiles, et, d'autre part, les travaux de la recherche agronomique ont permis la création d'un assez large éventail de sujets de résistance variable permettant de limiter les risques ». Des observations identiques étant courantes au Maroc nous n'avons pas considéré ce facteur comme un *facteur de déclassement du sol*.

Toutefois, pour les unités de sols contenant du calcaire actif dans un des horizons du profil, les indications suivantes seront notées pour l'information des agronomes :

Ca1	moins de 7 %	de calcaire actif
Ca2	7 - 15 %	de calcaire actif
Ca3	15 - 25 %	de calcaire actif
Ca4	plus de 25 %	de calcaire actif.

4.2.6. CONTRAINTE DE SALINITÉ

L'échelle de Riverside, employée de façon relativement universelle a été reprise, la majeure partie des expérimentations sur la résistance des végétaux à la salure s'y référant. Le classement est le suivant; compte tenu du choix particulier de cultures résistantes au sel, ou des opérations de dessalage :

Symbole	Conductivité en millimhos de l'extrait de saturation	Classe maximale
R ₅	plus de 32	V
R ₄	16 - 32	IV
R ₃	8 - 16	III
R ₂	4 - 8	II
R ₁	< à 4	I

4.2.7. CONTRAINTE D'ALCALINITÉ

Lorsque le sol n'est pas sableux (c'est-à-dire $S < 80 \%$), nous appliquons les normes suivantes :

Symbole	$\frac{Na}{T} \times 100$	Classe maximale
A ₅	> à 30	V
A ₄	20 à 30	IV
A ₃	16 à 20	III
A ₂	10 à 16	II
A ₁	< à 10	I

4.3. Contraintes dues à l'eau

Les contraintes dues à l'eau sont celles des inondations et celles du drainage.

4.3.1. CONTRAINTES D'INONDATIONS

Les inondations sont dues à la position des sols étudiés dans un bassin versant. Les contraintes

qu'elles entraînent tiennent compte des ouvrages qu'il faudra édifier pour leur protection amont.

Le classement est le suivant :

Symbole	Risque d'inondation	Probabilité du risque	Classe maximale
I ₁	aucun	0	I
I ₂	léger	moins de 1 an sur 10	II
I ₃	modéré	entre 1 an sur 10 et 1 an sur 5	III
I ₄	important	entre 1 an sur 5 et 1 an sur 2	IV
I ₅	très important	1 an sur 2 et plus	V

4.3.2. CONTRAINTES DE DRAINAGE

Par le drainage externe, on entend les possibilités de l'écoulement superficiel. Le drainage interne comporte la perméabilité verticale (infiltrabilité) et la perméabilité latérale (oblique et horizontale). L'infiltrabilité ayant été prise en compte dans la normalisation des contraintes de perméabilité, nous appelons « drainage » l'écoulement superficiel et la perméabilité latérale. Le classement vis-à-vis de cette contrainte a été établi en tenant compte des faits suivants.

4.3.2.1. Conditions générales d'équipement

Actuellement, les projets d'équipement pour l'irrigation (aspersion ou gravité) prévoient toujours la construction d'un réseau d'assainissement chargé d'évacuer les eaux météoriques et les eaux excédentaires des collatures.

Ce réseau d'assainissement fait partie intégrante des opérations d'équipement et *il ne joue pas comme facteur de déclassement* car il est maintenant admis, au Maroc, qu'on ne met pas une goutte d'eau sur un sol sans en prévoir la sortie.

Nous l'appellerons *assainissement normal*.

4.3.2.2. Cas particuliers : présence d'une nappe

La nappe peut avoir trois origines :

- A la suite d'irrigations inconsidérées en amont, et du fait d'un réseau d'assainissement mal conçu, la nappe, qui était profonde à l'origine, peut remonter (parfois plus de 20 m) et noyer le sol.
- La nappe existe normalement, et elle est maintenue proche de la surface par un exutoire trop peu profond.

— La nappe n'existe pas, mais les excédents d'eau d'irrigation peuvent créer une nappe perchée.

Pour assainir les sols, on aura recours aux aménagements suivants, en fonction de la valeur de la *conductivité hydraulique* mesurée par la méthode Porchet ou la méthode Hollandaise.

— Si la conductivité hydraulique est *bonne*, un simple réseau de fossés à ciel ouvert avec un écartement assez grand suffit à rabattre la nappe à la profondeur nécessaire. Nous l'appellerons *assainissement important*.

— Si la conductivité hydraulique est *moyenne*, les fossés devront être très rapprochés. C'est un *assainissement très important*.

— Si la conductivité hydraulique est faible, il sera nécessaire de poser des drains enterrés à écartement moyen en plus des fossés rabatteurs. Ce sera un *drainage normal*.

— Si la conductivité hydraulique est très faible, les drains enterrés seront très rapprochés. Le drainage sera qualifié de *très important*.

4.3.2.3. Classement dû au drainage

Compte tenu des remarques précédentes, le classement des sols dû à cette contrainte est le suivant :

Symbole	Conductivité hydraulique (m/j)	Aménagement	Classe maximale
D ₁	K > 2	assainissement normal	I
D ₂	1 < K ≤ 2	assainissement important	II
D ₃	0,1 < K ≤ 1	assainissement très important	III
D ₄	0,05 < K ≤ 0,1	drainage normal	IV
D ₅	K ≤ 0,05	drainage très important	V

Ainsi, nous avons quantifié les contraintes que rencontrera l'aménagiste. Ces contraintes sont représentées par les symboles suivants :

Contraintes dues à la <i>topographie</i>	<i>t</i>
— Pente	Pe
— Erosion	Eh
— Microrelief	M
Contraintes dues au <i>sol</i>	<i>s</i>
— Profondeur	P
— Texture	T

— Pierrosité	C
— Perméabilité	K
— Calcaire	Ca
— Salinité	R
— Alcalinité	A

Contraintes dues à l' <i>eau</i>	<i>d</i>
— Inondation	I
— Drainage	D

Ces symboles sont affectés d'exposants qui, autant que faire se peut, donnent la classe maximale atteinte par le sol vis à vis de cette contrainte en irrigation gravitaire.

Exemple : P₄ sol peu profond de classe 4

5. REPRÉSENTATION DU CLASSEMENT D'UN SOL

5.1. Sur la fiche de description du profil

Chaque fiche de description du profil portera le classement du sol qui sera représenté par 2 fractions symboles (gravité et aspersion) et un cartouche à 6 compartiments.

5.1.1. FRACTIONS SYMBOLES

La fraction symbole comporte :

5.1.1.1. Au numérateur

La classe et la sous-classe dans le mode d'irrigation choisi.

— la classe est désignée par un chiffre romain (I, II, III, IV, ou V).

— la sous-classe est désignée par une ou plusieurs lettres minuscules indiquant le ou les facteurs qui ont entraîné le déclassement.

t pour la topographie
s pour le sol.
d pour le drainage

Exemples :

II_s Aspersion : sol de classe II déclassé par une contrainte due au sol en aspersion.

IV_{ts} gravité : sol de classe IV déclassé par une contrainte de topographie et une contrainte de sol en gravité - classé IV_s en aspersion.

Remarque : Ce système de notation sera utilisé lorsque beaucoup de facteurs de déclassement entrent en jeu : ce sera le cas pour des études au 1/50 000^e. Par contre, pour des études plus détaillées (1/20 000 et 1/5 000), il arrive que peu de facteurs de

déclassement soient en jeu : dans ce cas, on remplacera les symboles *t*, *s* et *d* par ceux de la ou des contraintes qui déclassent le sol.

Exemples :

II_s aspersion sera remplacé par II-*P* aspersion (déclassement dû à la profondeur).

IV_{ts} gravité par IV *Pe C* gravité : d'où l'on peut déduire immédiatement que ce sol devra être irrigué par aspersion et épierré.

5.1.1.2. AU DÉNOMINATEUR

Les indications supplémentaires :

— *utilisation actuelle*. Les symboles suivants sont utilisés.

V village

W surface inculte (parcours, daya, ruines...)

B terrain cultivé en sec (bour)

G terrain cultivé sous irrigation

O arboriculture (orangers, oliviers, palmiers...).

— *la végétation naturelle* :

F forêts (arganiers, eucalyptus...)

J jujubiers pour lesquels on indiquera la densité.

*J*₃ - jujubiers très denses (plus de 30 % de la surface).

*J*₂ - jujubiers denses de 20 à 30 %.

*J*₁ - jujubiers peu denses de 10 à 20 %.

*J*₀ - jujubiers inexistantes moins de 10 %.

N Nappe d'armoise ou d'alfa.

Ainsi la fraction symbole sera, par exemple :

$$\text{gravité} \quad \frac{\text{II } ts}{B J_2}$$

pour un sol de classe II déclassé par une contrainte de topographie et une contrainte de sol, cultivé en sec et recouvert de 20 à 30 % de jujubiers, pour la gravité.

5.1.2. CARTOUCHE : INDICATIONS FONDAMENTALES

Le cartouche à 6 compartiments explicite les contraintes externes (topographie, érosion, drainage), les contraintes physiques du sol (profondeur, perméabilité, texture, pierrosité) et les contraintes chimiques (calcaire, salinité, alcalinité). La représentation suivante sera utilisée :

Environnement			Caractéristiques du sol		
— pente — micro-relief — érosion			— profondeur — nature — horizon limitant		pierrosité
Pe ₂	M ₁	Eh ₁	P ₁ — S		
I ₁			T ₁ — K ₁		C ₂ C ₁
Inondation drainage			Texture Perméabilité		chimique — calcaire actif — salinité — alcalinité

Ce cartouche caractérise un sol de pente comprise entre 1 et 1,5 %, sans micro-relief, de 60 à 80 cm de profondeur sur un encroûtement calcaire défonçable, de texture équilibrée, ayant 10 à 25 % de cailloux en surface et moins de 10 % à 20-40 cm, perméable, ni salé, ni alcalisé, non calcaire, bien drainé et non inondable.

Ce sol sera classé en

$$\frac{\text{II } ts}{b J_2}$$

pour la gravité (déclassement dû à la pente et à la pierrosité de surface).

et en

$$\frac{\text{II } s}{B J_2}$$

pour l'aspersion (déclassement dû à la pierrosité de surface).

5.2. Dans le rapport

Tous les profils examinés sont rangés dans un tableau qui comporte des colonnes. Les colonnes contiennent les contraintes, le classement en gravité et le classement en aspersion, chaque profil occupant une ligne.

Ce système permet une élaboration très aisée des *cartes de classement* et des *cartes thématiques* en reportant sur un calque d'implantation des profils, le classement ou la contrainte qui intéresse l'utilisateur.

6. CARTOGRAPHIE DU CLASSEMENT DES SOLS

Actuellement, au Maroc, les cartes qui sont faites en vue de l'irrigation sont :

- des cartes de reconnaissance au 1/50 000^e
- des cartes de semi-détail au 1/20 000^e
- des cartes de détail au 1/5 000^e

Selon l'échelle de la carte, les représentations suivantes sont adoptées.

6.1. Types de classement

Pour le 1/50 000^e et pour le 1/20 000^e, on fait systématiquement une carte de classement des sols pour la gravité et une autre pour l'aspersion, la comparaison des 2 cartes permettant d'orienter le *choix du mode d'irrigation*.

Pour le 1/5 000^e, le choix du mode d'irrigation étant fait, une seule carte de classement des sols est dessinée.

6.2. Unités cartographiées

Suivant l'échelle de la carte :

- pour le 1/50 000^e les classes et les sous-classes sont représentées.
- pour le 1/20 000^e et le 1/5 000^e, les sous-classes sont explicitées par un cartouche.

En général, comme les zones cartographiées sont relativement homogènes, puisqu'elles ont été choisies à partir de la carte au 1/50 000^e, et que les facteurs de déclassement sont relativement peu nombreux, on peut remplacer directement la lettre symbole de la sous-classe par le symbole de la contrainte.

6.3. Représentation graphique

Les cartes de classement des sols sont colorées :

- en bleu foncé : classe I
- en bleu clair : classe II
- en jaune : classe III
- en vert : classe IV
- en blanc : classe V

Ces couleurs ont été choisies de manière à ne nécessiter que deux passages lors de l'impression (Dorel) en jouant sur des trames (bleu foncé = 80 %, bleu clair : 50 %) et des superpositions (vert = jaune sur bleu).

Les classes sont séparées par un trait plein, les sous-classes par des tirets. Les numéros de classes, sous-classes et les cartouches sont portés sur les surfaces correspondantes et imprimés en noir.

6.4. Légende

La légende explicite tous les symboles et les normes utilisés sous la forme suivante : (voir tableau pages 189-190).

CONCLUSION

Nous avons ainsi défini des normes qui permettent de classer un sol d'une manière objective. Cette méthode utilise des termes simples qui peuvent être compris par tout le monde.

Cette systématisation permet :

- soit d'avoir une idée globale sur une zone *avant aménagement*, et du fait d'établir deux classements, un en gravité, l'autre en aspersion, d'avoir des éléments pour le choix du mode d'irrigation ;
- soit de pouvoir élaborer très rapidement des *cartes thématiques* qui permettront de décider des aménagements fonciers souhaitables et de les localiser avec précision ;
- soit de pouvoir élaborer les cartes de classement des sols *après aménagement* en supprimant les contraintes qui ont été éliminées par les aménagements fonciers réalisés.

Il est bien évident que les normes ainsi définies sont fonction des principes et des méthodes d'équipement utilisés actuellement au Maroc. Si ces principes ou ces méthodes venaient à changer, il conviendrait de modifier ces normes, étant entendu que les contraintes que présente un sol à l'aménagiste sont déterminées par le but qu'il poursuit.

REMERCIEMENTS

Pour les remarques et suggestions qu'ils ont bien voulu nous faire, nous tenons à remercier : Monsieur G. Aubert, professeur de Pédologie de l'ORSTOM, Monsieur M. Baar, ingénieur pédologue du Bureau de Pédologie de la Direction de l'Équipement, Monsieur Plantey, ingénieur du Génie Rural, Office Régional de Mise en Valeur Agricole des Doukkala, Monsieur C. Mathieu, chef du Bureau de Pédologie de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole de la Basse Moulouya, Monsieur Vermé, ingénieur pédologue de Société centrale pour l'Équipement du Territoire, Monsieur S. Toujan, chef du Bureau de pédologie de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Gharb.

*Manuscrit reçu au Service des Publications de l'ORSTOM
le 20 novembre 1978.*

BIBLIOGRAPHIE

- BILLAUX (P.), 1963. — Essai de classification générale des sols du Maroc O.N.I.
- B.I.S., 1966. — Liste de références annotées sur la classification des terres en fonction de l'irrigation (critère pédologiques utilisées).
- BOULAIN (J.), 1971. — Cours de pédologie générale. Grignon
- CIMEGOTTO (D.), 1976. — Classement des sols en vue de l'irrigation gravitaire; méthodologie et normes. *Multigr.* ORM-VAH.
- DUCHAUFFOUR (P.), 1970. — Précis de pédologie. Masson, Paris.
- DUCLOS (G.), 1971. — Appréciation de l'aptitude à la mise en valeur des sols de Provence. *Bull. de l'A.F.E.S.* n° 6.
- ENIKEFF (M.), 1954. — Etude sur l'aptitude à l'irrigation de la région de Marrakech. *Bulletin économique et social du Maroc* n° 64. 4° trimestre 1954, vol. XVIII.
- F.A.O., 1953. — La prospection des sols en vue de la mise en valeur des terres. *Studies* n° 20, (61104-53).
- GAUCHER (G.), 1968. — Traité de pédologie agricole, le sol et ses caractéristiques agronomiques. Dunod, Paris.
- GEOFFROY (J.L.), 1974. — Normes pour l'établissement des cartes d'aptitude des sols à l'irrigation gravitaire. Rabat DMV, *multigr.*
- GHANEM (A.), 1972. — Etude agro-pédologique de la plaine du Souss. D.R.A., Maroc.
- Glossaire de pédologie : Description des horizons en vue du traitement informatique. ORSTOM, Paris, 1969.
- LABROUSSE (M.), 1973. — Compte rendu de mission, projet Souss.
- RIQUIER LABROUSSE. — Etude de factibilité, programme d'études pédologiques complémentaires, projet Souss II.
- Sys (C.) et VERHEYE (W.) and *Als*, 1972. — Principles of land classification in arid and semi-arid régions. International Training Centre for Post. Graduate soil Scientists, State University Ghent.
- U.S. DEPARTEMENT of AGRICULTURE, 1951. — Soil Survey Manual.

Symboles et Classement des Contraintes.

1. Contraintes dues à la Topographie t

TOPOGRAPHIE			
Symbole	PENTE %	CLASSE	
		GRAVITÉ	ASPERSION
Pe 6	> 8 %	V	IV
Pe 5	4 à 8		III
Pe 4	2 à 4		IV
Pe 3	1,5 à 2	III	I
Pe 2	1 à 1,5	II	
Pe 1	≤ 1 %	I	

EROSION HYDRIQUE		
SYMBOLES	EROSION	CLASSE
E h 5	GÉNÉRALISÉE ET EN BAD LANDS	V
E h 4	FORTE EN RIGOLLES ET RAVINS	IV
E h 3	MODÉRÉE EN RIGOLLES ET RAVINS	III
E h 2	FAIBLE EN RIGOLLES ET RAVINS	II
E h 1	EN MAPPE OU EROSION NULLE	I

MICRO-RELIEF				
SYMBOLES	MOYENNE DES Dérivées en cm	VOLUME DE TERRE à déplacer en m³/ha	CLASSE	
			GRAVITÉ	ASPERSION
M 1	0.15	0.200	I	I
M 2	15.30	200.400	II	
M 3	30.60	400.800	III	II
M 4	60.120	800.1500	IV	III
M 5	> 120	> 1500	V	IV

3. Contraintes dues à l'eau d

INONDATION			
Symbole	RISQUE D'INONDATION	PROBABILITÉ DU RISQUE	CLASSE
I 1	AUCUN	0	I
I 2	LEGER	MOINS DE 1 AN SUR 10	II
I 3	MODÉRÉ	ENTRE 1 AN SUR 10 ET 1 AN SUR 5	III
I 4	IMPORTANT	ENTRE 1 AN SUR 5 ET 1 AN SUR 2	IV
I 5	TRÈS IMPORTANT	1 AN SUR 2 et plus	V

DRAINAGE			
SYMBOLES	CONDUCTIVITÉ Hydraulique en m/s	AMÉNAGEMENT	CLASSE
D 1	$K > 2m/j$	Assainissement normal	I
D 2	$1 < K \leq 2$	Assainissement important	II
D 3	$0,1 < K \leq 1$	Assainissement très important	III
D 4	$0,05 < K \leq 0,1$	Drainage normal	IV
D 5	$K \leq 0,05$	Drainage intensif	V

Dess. EL HOUTA, Jul.78

LEGENDE

Classe	SOUS CLASSE		
	TOPOGRAPHIE	SOL	DRAINAGE

II	t	s	d
	B	J2	

UTILISATION ACTUELLE - VEGETATION NATURELLE

ENVIRONNEMENT CARACTERISTIQUES SOL		
PENTE	PROFONDEUR ET	
EROSION	NATURE DE L'	PIÉROSITÉ
MICRORELIEF	Horizon limitant	

Pe 2 - E h 1 - M 1	P 1 - S	C ₂ C ₁
I ₁ - D ₁	T ₁ - K ₁	C ₂₁ - R ₁ - A ₁

INONDATION	TEXTURE	CALCAIRE ACTIF
DRAINAGE	PERMEABILITÉ	SALINITE
		ALCALINITE

UTILISATION ACTUELLE
V - VILLAGE
W - SURFACE INCULTE
B - TERRAIN CULTIVÉ EN SEC (BOUR)
G - TERRAIN CULTIVÉ EN IRRIGUÉ
D - ARBORICULTURE (ORANGERS, OLIVIERS, PALMIERS, .)

VEGETATION NATURELLE
F - FORETS
J - JUJUBIERS
● J.3 très dense (plus de 30 %)
● J.2 dense (20 à 30 %)
● J.1 peu dense (10 à 20 %)
● J.0 NUL (0 à 10 %)
N - NAPPE D'ARMOISE OU ALFA

— LIMITE DE CLASSE
- - - LIMITE DE SOUS CLASSE

Bleu foncé	CLASSE	I
Bleu clair	CLASSE	II
Jaune	CLASSE	III
Vert	CLASSE	IV
Blanc	CLASSE	V

2. CONTRAINTES DUES AU SOL s

P R O F O N D E U R					
SYMBOLES		P ₄	P ₃	P ₂	P ₁ P ₁ '
PROFONDEUR		0-20	20-40	40-60	60-80 > 80
Nature de l'horizon limitant	Z = Niveau de graviers et de cailloux non consolidé comprenant plus de 75 % de matériel grossier.	IV	III	II	I
	S = Encroûtement de calcaire friable ayant une épaisseur supérieure à 30 cm. H = Croûte calcaire dure ou dalle rocheuse ayant une épaisseur supérieure à 10 cm.	V	IV	III	II I

T E X T U R E		
SYMBOLES	NATURE Texturale	CLASSE
T ₄	Très grossière S > 80 %	IV
T ₃	grossière	III
T ₂	limoneuse	II
T ₁	équilibrée	I
T ₂ '	lourde	II
T ₄ '	très lourde (A > 60 %)	IV
Tc ₂	CAILLOUTEUX	II
Tc ₃	CAILLOUX ABONDANTS	III
Tc ₄	CAILLOUX TRES ABONDANTS	IV

Sable (<40 cm) sur Argile			
SYMBOLES	Epaisseur S. sur Argile	CLASSE	
		Gravité	Asperision
T ₄₁ T ₂	0-20	II	II
T ₄₂ T ₂	20-40	IV	

CALCAIRE ACTIF			
Ca 1	< 7 % de calcaire actif		
Ca 2	7 à 15 %	"	"
Ca 3	15 à 25 %	"	"
Ca 4	plus de 25 %	"	"

S A L I N I T E		
SYMBOLES	Conductivité en milli mhos / cm de l'extrait de saturation	CLASSE
R ₅	PLUS de 32	IV
R ₄	16 à 32	IV
R ₃	8 à 16	III
R ₂	4 à 8	II
R ₁	INFERIEUR à 4	I

P I E R R O S I T E							
CLASSE DE PIERROSITE				CLASSEMENT			
Quantité en % du volume	Surface de 20 à 40 cm	de 20 à 40 cm	de 20 à 40 cm	C ₄ ⁴	C ₃ ⁴	C ₂ ⁴	C ₁ ⁴
> 75	Z			C ₄ ³	IV	IV	IV
75 à 50	C ₄ ⁴	C ₄ ³		C ₃ ³	IV	IV	III
50 à 25	C ₃ ⁴	C ₃ ³		C ₂ ³	IV	IV	III
25 à 10	C ₂ ⁴	C ₂ ³		C ₁ ³	IV	III	II
< 10	C ₁ ⁴	C ₁ ³		C ₁ ³	IV	III	I

P E R M E A B I L I T E			
SYMBOLES	PERMEABILITÉ EN cm / h	CLASSE	
		Gravité	Asperision
K ₅	K ≤ 0,5	V	IV
K ₄	0,5 < K ≤ 1	IV	II
K ₃	1 < K ≤ 2	III	I
K ₁	2 < K ≤ 10	I	
K ₂	10 < K ≤ 20	II	H
K ₄ ¹	20 < K	IV	IV

A L C A L I N I T E		
SYMBOLES	$\frac{Na}{T} \times 100$	CLASSE
A ₅	SUPERIEUR à 30	V
A ₄	20 à 30	IV
A ₃	15 à 20	III
A ₂	10 à 15	II
A ₁	INFERIEUR à 10	I