

**CARTOGRAPHIE, CARACTÉRISATION ET INTERPRÉTATION
DES DONNÉES PÉDOLOGIQUES EN VUE DU DRAINAGE AGRICOLE**

**CARTOGRAFÍA, CARACTERIZACIÓN E INTERPRETACIÓN
DE LOS DATOS PEDOLÓGICOS CON OBJETO DEL DRENAJE AGRÍCOLA**

J. C. FAVROT

RÉSUMÉ

En matière de drainage agricole, la connaissance des sols apportée par une cartographie à grande échelle, garantit l'efficacité et l'optimisation économique de cet aménagement, en apportant le moyen de bien adapter les modalités techniques (matériel, matériaux, type de dimensionnement des réseaux) aux conditions édaphiques et agronomiques.

Cette cartographie doit mettre l'accent sur les lois de distribution des sols dans le paysage, sur le diagnostic du fonctionnement hydrique des sols engorgés et sur la prévision de la dynamique porale des matériaux remaniés au-dessus des drains (tranchée ou saignée de drainage). L'interprétation des données pédologiques en termes de recommandations techniques concrètes implique nécessairement un "calage" sur le mode de réponse des sols au drainage, information obtenue par la voie d'enquêtes (profils sur drains) et d'expérimentations.

En France, le drainage est abordé à l'échelle des petites régions naturelles (entités géo-pédo-agronomiques) grâce à la méthode des secteurs de référence.

RESUMEN

En lo tocante al drenaje agrícola, el conocimiento de los suelos a través de una cartografía en gran escala garantiza la eficacia y la optimización económica de esa ordenación, permitiendo adaptar perfectamente las modalidades técnicas (material, materiales, tipo y dimensiones de las redes) a las condiciones edáficas y agronómicas.

Esa cartografía debe hacer hincapié en las leyes de distribución de los suelos en el paisaje, en el diagnóstico del funcionamiento hídrico de los suelos impregnados de agua y en la previsión de la dinámica poral de los materiales re TRABAJADOS por encima de los drenes (trinchera o sangradura de drenaje). La interpretación de los datos pedológicos en forma de recomendaciones técnicas concretas implica necesariamente que se ajuste al modo de repuesta de los suelos al drenaje lo que es una información obtenida mediante encuestas (perfiles sobre drenes) y experimentaciones.

En Francia, se trata del drenaje en las pequeñas regiones naturales (entidades geo-pedo-agronómicas) mediante el método de los sectores de referencia.

INTRODUCTION

Destiné à élargir et améliorer la production agricole dans les sols affectés d'un excès d'eau - et/ou de sels - , le drainage agricole(*) vise, pour cela, à la fois l'obtention de meilleures conditions de pénétration dans les champs - pour réaliser les façons culturales en temps opportun - et la suppression des contraintes hydriques contrariant le développement végétatif des plantes. Le drainage revêt donc un double aspect, hydraulique et agronomique.

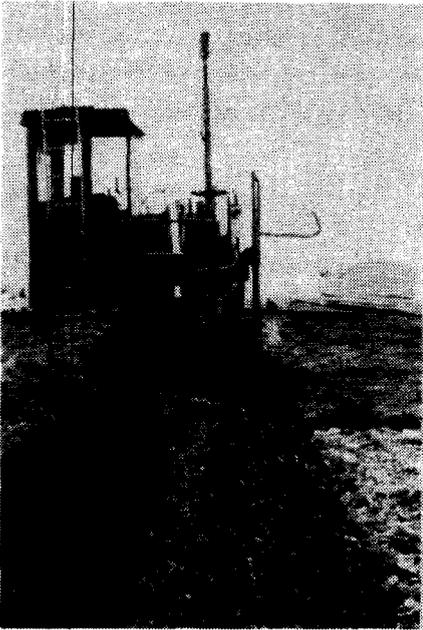


Fig. 1 : Draineuse tranchante
Fig. 1 : Zanjadora cortadora



Fig. 2 : Draineuse sous-soleuse
Fig. 2 : Zanjadora de subsuelo

(*) En France on distingue :

- l'**assainissement agricole**, ensemble de moyens (généralement des fossés) assurant le transport des eaux regroupées naturellement ou à la suite du drainage jusqu'au réseau hydrographique naturel,
- et le **drainage agricole**, ensemble des dispositions techniques permettant d'éliminer les eaux (et le sel) en excès dans un sol à l'échelle d'une parcelle (eaux souterraines et eaux superficielles).

Les techniques de drainage sont maintenant très variées : drainage souterrain (drain PVC annelé ou tuyau poterie, nu ou enrobé) réalisé à la draineuse-trancheuse ou à la draineuse sous-soleuse (fig. 1 et 2), associé ou non à des techniques aratoires profondes (drainage-taupe ou sous-solage); drainage par modelé de surface, par fossés ou-verts, par rigoles; captage de mouillères et sources, etc...

Au plan agronomique, face aux conditions climatiques régionales, le degré de ressuyage des terres attendu du drainage va dépendre des exigences physiologiques des cultures (peu ou très sensibles à l'excès d'eau) et des itinéraires techniques plus ou moins exigeants en "jours disponibles" pour les façons culturales et pour les traitements phytosanitaires (DUPRAT 1984) : les cultures maraîchères et fruitières sont plus exigeantes que les céréales, elles-mêmes l'étant davantage que les prairies.

S'il est mal conçu, un réseau de drainage peut être sur- ou sous-dimensionné, fonctionner imparfaitement voire pas du tout (colmatage des tuyaux, imperméabilisation de la tranchée de drainage. Pour être efficace et durable, le drainage doit donc être en outre adapté aux sols à aménager. Il faut en effet mettre en oeuvre une technique qui s'attaque effectivement à la cause de l'excès d'eau, qui libère les horizons réellement ennoyés et qui ne sera pas affectée par l'évolution ultérieure du sol.

Pour concilier ces divers impératifs, c'est-à-dire rechercher la meilleure adéquation possible, à un coût économiquement supportable (*), entre les comportements du sol, les exigences des cultures et les performances des différentes techniques, il est souhaitable de réaliser des études préalables aux aménagements (DEVILLERS et al 1979). L'approche pédologique (FAVROT 1978) en constitue la clé de voûte, mais des études doivent conduire aussi à l'acquisition de connaissances d'ordres hydro-géologique, hydro-dynamique, agronomique et socio-économique.

(*) Le coût moyen en 1984 du drainage enterré en France est de l'ordre de 6.000 FF/ha (hors taxe)

Pour un périmètre donné, la cartographie des sols devra apporter au concepteur du programme (***) ou du projet (***) d'assainissement-drainage, un ensemble de recommandations très concrètes, relatives à l'importance et à la répartition dans l'espace des besoins en drainage, au mode de drainage souhaitable (enterré, par fossés,..), à l'engin de pose, au calendrier de pose, aux précautions particulières (enrobage des drains, remblai poreux), au dimensionnement des réseaux (écartement, profondeur, pente, diamètre des drains), au mode de conduite des terres après drainage (assolement, travail du sol, fertilisation,...), etc... Ces conclusions permettent aussi une première prévision du coût et de la rentabilité des travaux.

Pour fournir de telles informations, le pédologue s'attachera à bien définir les comportements hydriques et physico-chimiques des sols, conduira et exprimera la cartographie de manière spécifique, l'associant à d'autres approches complémentaires, suivant une méthodologie que l'on va s'efforcer de présenter maintenant.

1. FACTEURS A PRENDRE EN COMPTE : COMPORTEMENTS DU SOL ET MODALITES DE DRAINAGE

Le diagnostic pédologique préalable au drainage doit s'appuyer sur la connaissance de deux facteurs importants : la dynamique hydrique des sols engorgés d'une part, avant aménagement (importance relative des phénomènes de ruissellement, infiltration, rétention, remontées capillaires...) et pendant le drainage (trajets successifs empruntés par l'eau libre pour atteindre les drains (FAVROT 1983, LESAFFRE et al 1982); et le comportement physique d'autre part, notamment l'évolution de la porosité et de la structure du sol après remaniement par les engins de pose (CONCARET et al 1980). D'autres processus possibles,

(**) Le programme intéresse un territoire étendu : entité administrative, vallée, bassin versant,...

(***) Le projet ou plan-projet définit les modalités d'intervention à l'échelle de la parcelle.

Origine de l'eau en excès

- pluviale essentiellement
- pluviale + latérale . ruissellement de surface
- . circulations souterraines

- position topographique
- type d'hydromorphie

Durée de l'excès d'eau

- fugace
- temporaire
- quasi-permanente
- permanente

- nature et contraste des taches d'oxydo-réduction

Forme de l'excès d'eau

- dans le sol { - nappe (= eau libre)
- imbibition capillaire
- sur le sol - submersion - stagnation

- nature et contraste des taches d'oxydo-réduction
- porosité sur profil

Epaisseur du sol affecté par l'excès d'eau

- horizon A $\begin{cases} \text{Ap} \\ \text{A}_2 \end{cases}$
- horizon (B)g ou Btg
- horizon Cg

- vue sur sondage ou profils = classes d'hydromorphie

Sens de l'engorgement

- remontant
- descendant

- sens de variation de l'intensité des signes d'oxydo-réduction

Dynamique latérale

- stagnante
- circulante

- pente

Profondeur des écrans aux transferts verticaux

- < 40-50 cm partiels
- 40-50 - 80-100 cm sévère = plancher imperméable
- > 100 cm

- porosité, compacité, enracinement
- sondage en période humide \rightarrow plancher "sec"

Etendue de la zone engorgée

- généralisée
- localisée = mouillière

- cartographie

Tabl. 1 : Définition et caractérisation du régime hydrique d'un sol engorgé - Critères - Diagnostic
Éléments pour raisonner le choix du mode de drainage

physico-chimiques (salinité) et microbiens (transfert et précipitations d'ochres ferriques) sont également à étudier en vue de la protection éventuelle des ouvrages.

1.1. Régime hydrique.

1.1.1. Avant aménagements.

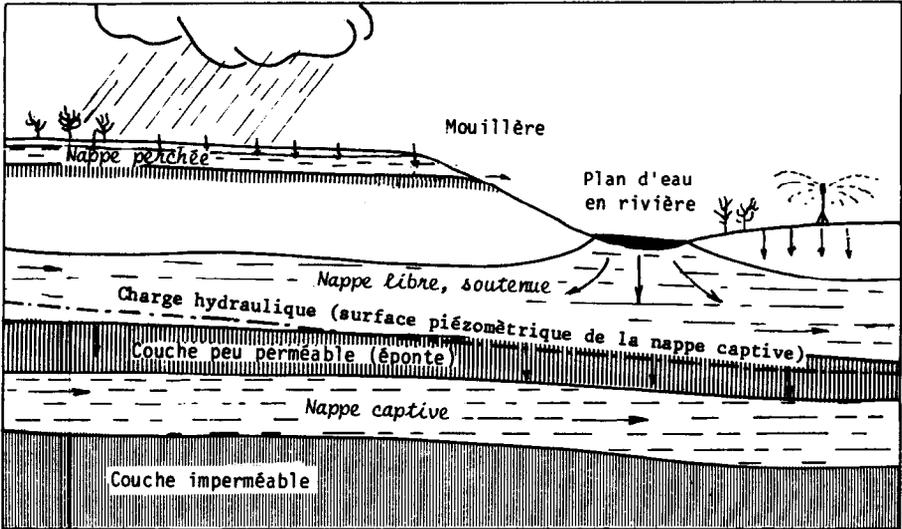


Fig. 3 : Différents types de nappes et leur alimentation (d'après CEMAGREF, 1983)

Fig. 3 : Los diferentes tipos de mantos y su alimentación (según CEMAGREF, 1983)

Plusieurs critères permettent de cerner le fonctionnement hydrique des sols à drainer (FAVROT 1983; FAVROT et al 1984). Il s'agit (tableau 1) de l'origine de l'eau en excès, de la durée de l'excès d'eau (tableau 2), de la nature des transferts au cours de la phase de saturation (front d'humectation régulier ou circulations préférentielles: gorges, galeries d'origine biologique, fissures), de la forme de l'excès d'eau (fig. 3), de l'épaisseur de sol affecté par l'hydromorphie, du sens de l'engorgement, de la dynamique latérale des transferts et de l'étendue de la zone engorgée. La mesure ou l'appréciation de caractéristiques hydrodynamiques (perméabilité) complète les informations précédentes.

Année	Classe d'hydromorphie + du sol	Durée de l'observation (jours)	Durée de présence de la nappe (jours) à une profondeur		
			Inf. à 40 cm	Inf. à 80 cm	Sup. à 80 cm
1973-1974 (hiver)	h ₀ - h ₁	78	0	0	(78)**
	h ₂	78	0	11	(78)
	h ₃ ⁻ - h ₃	78	18	55	(78)
	h ₃ ⁺	78	66	78	78
1974-1975 (hiver)	h ₀ - h ₁	128	3	27	(128)
	h ₃ ⁻ - h ₃	128	87	128	128
	h ₃ ⁺	128	126	128	128
	h ₃ ⁻ - h ₃ drainé	100	3	35	(100)
	h ₃ ⁺ drainé	100	27	94	(100)

h₀ : sol sain - h₁ = sol à pseudogley profond (≥ 80 cm, horizon Cg)

h₂ : sol à pseudogley moyennement profond (≥ 50 cm, horizon Btg)

h₃ : sol à pseudogley peu profond (≥ 20 cm, horizon A_{2g})

h₃⁺ : sol à pseudogley généralisé (dès l'horizon A₁ ou Ap)

Tabl. 2 - Relations entre hydromorphie et piézométrie. Temps de présence du sommet de la nappe perchée entre 0 et 80 cm de profondeur pour les différentes classes d'hydromorphie en Pays d'Ouche (Eure)

Ces critères permettent un classement des principaux types de régimes hydriques (fig. 4) en relation avec les grandes options d'assainissement-drainage. Ce classement, qui repose d'abord sur l'origine de l'eau en excès et l'extension de l'hydromorphie comprend d'abord deux ensembles principaux : celui où l'engorgement provient à la fois des pluies et d'arrivées d'eaux extérieures au périmètre à aménager, et celui où l'engorgement (temporaire) provient des seules précipitations tombant sur le sol.

Le premier cas, lorsque le phénomène est généralisé, regroupe les situations de submersion et/ou de fluctuation de nappes souterraines permanentes, libres ou captives, soutenues ou non (sols à gley, tourbes). Les options d'aménagement sont la nécessaire protection contre les arrivées d'eaux de surface (ouvrage de ceinture, digues, recalibrage des cours d'eau) et un premier rabattement de la nappe par un réseau de fossés (parfois par des puits de décompression). Le dimensionnement de ces derniers dépendra des caractéristiques de la nappe (débit, profondeur), données fournies par une étude hydrogéologique préalable. Le drainage proprement dit n'interviendra (éventuellement) que dans une se-

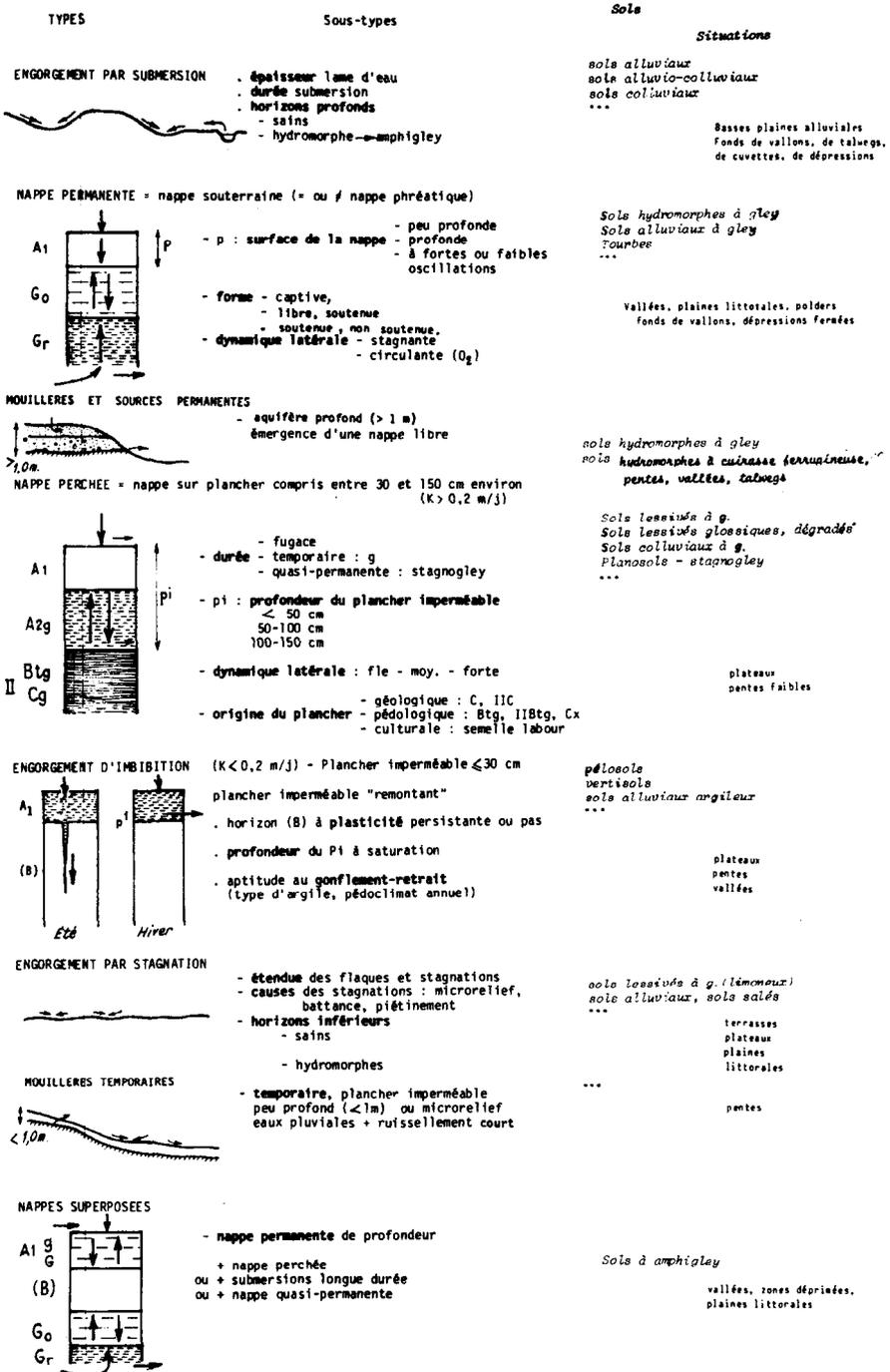


Fig. 4 : Principaux types de régimes hydriques des sols engorgés

Fig. 4 : Los principales tipos de regímenes hidrológicos en los suelos atorados

conde étape. Si l'engorgement du sol est ponctuel (sources, mouillères), lié à l'émergence sur une pente d'une nappe libre ou en charge par exemple, un captage profond (tranchée drainante) est à prévoir.

Le second ensemble, où l'engorgement provient du défaut d'infiltration de l'eau de pluie dans le sol, regroupe dans le cas d'une hydromorphie généralisée, les sols à nappe perchée temporaire (sols à pseudogley) et les sols à engorgement d'imbition (pélosols, certains vertisols). Le drainage souterrain s'y applique, avec ou sans techniques associées. Il existe aussi des phénomènes ponctuels de stagnation et de mouillères que l'on élimine respectivement par des techniques culturales adaptées et par un tracé judicieux des drains.

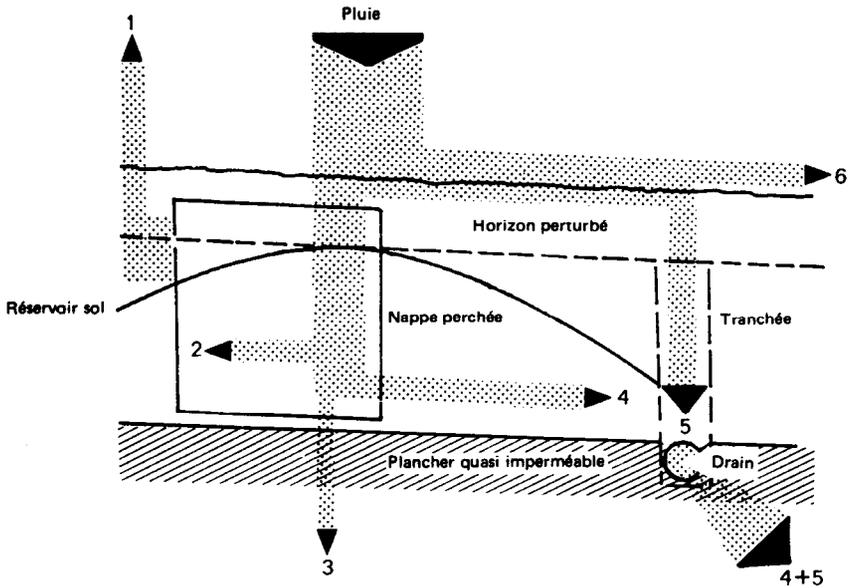
1.1.2. Mécanismes du drainage.

Lors du drainage, en réponse à un épisode pluvieux, l'importance respective des différents flux observés dans le sol (fig.5) varie suivant les conditions climatiques et le type de sol. Pour ce dernier, dans le cas des sols à engorgement temporaire par exemple (ALESSANDRELLO et al 1976, CONCARET et al 1981, CEMAGREF 1983, FLORENTIN 1982), lorsque l'importance des flux latéraux de surface (engendrant les débits de pointe) est très grande (fig.6), la tranchée ou la saignée de drainage devra être suffisamment poreuse et perméable pour intercepter ces flux. Cet impératif, en liaison avec le comportement physique du sol, va conditionner par exemple le recours à un remblai poreux et le choix de l'engin de pose.

1.2. Comportements physique et physico-chimique du sol.

1.2.1. Structure et consistance.

Pour que la tranchée (ou la saignée) de drainage - parois comprises - acquière et conserve une perméabilité suffisante pour "l'entrée" des flux hydriques puis leur transfert vers et dans les drains, la consistance du sol ne doit être ni liquide, ni plastique, au moment des travaux (FAVROT 1983). Cette condition sera à vérifier en prévoyant l'évolution de la structure et de la porosité des différents horizons en fonction des événements climatiques possibles au cours de l'année.

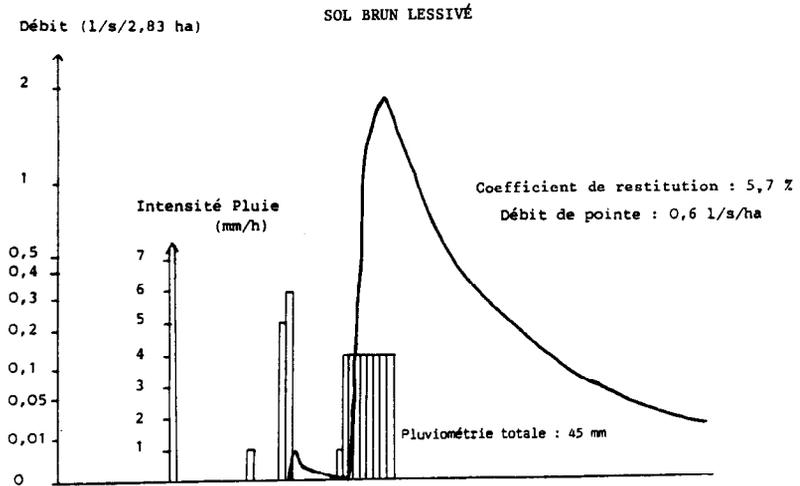
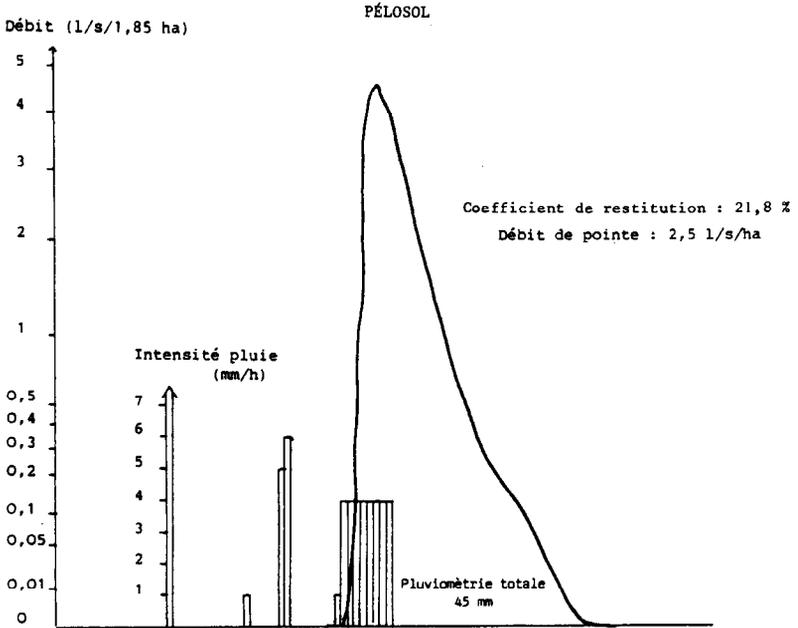


1. Evapotranspiration
2. Reconstitution des réserves du sol
3. Infiltration profonde
4. Débit de la nappe perchée temporaire
5. Débit capté par la tranchée
6. Ruissellement à distance
- 4 + 5. Débit restitué.

Fig. 5 : Schéma de fonctionnement d'un réseau de drainage en sol à pseudogley (CEMAGREF, 1983)

Fig. 5 : Esquema del funcionamiento de una red de drenaje en un suelo pseudogleyoso

Texture, stabilité structurale, composition minérale vont définir également une plus ou moins grande susceptibilité du sol au colmatage minéral des drains (par le sable fin surtout, parfois par les limons et l'argile - fig. 7). Ces mêmes critères conditionnent également les phénomènes de compactage par les façons culturales (semelle de labour) et donc l'efficacité des réseaux.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Mercredi 3-6-81																																	Jeudi 4																	Vendredi 5																	Samédi 6																																

Fig. 6 : Exemple d'hydrogramme de deux sols engorgés différents de Lorraine (FLORENTIN, 1982)

Fig. 6 : Ejemplo de hidrograma en dos diferentes suelos atorados de Lorena (FLORENTIN, 1982)



Fig. 7 : Colmatages argileux et ferrique de drains (solontchak sodique du Languedoc)

Fig. 7 : Colmatación arcillosa y férrica de drenes (solontchak sódico de Languedoc)

Enfin, l'aptitude au drainage-taupe - associé au drainage (avec remblai poreux) - dépend notamment de la texture (plus de 30 % d'argile), de la stabilité structurale ($\log 10I_s \leq 1,0$) et de la topographie (pente comprise entre 0,2 et 5 %).

1.2.2. Phénomènes microbiologiques et dynamique du fer.

Le colmatage ferrique des drains (fig.7) - soit fermeture des perforations par un film ferrique, soit obturation des tuyaux par des gels colloïdaux - apparaît dans des situations agro-pédologiques particulières : celles-ci, milieu très réducteur (gley peu profond ou gley de tranchée) et matières organiques abondantes notamment, facilitant la mobilité du fer et l'activité de sidéro-bactéries, seront à relever précisément par le pédologue (HOUOT et al 1984).

1.2.3. Salinité du sol.

La lutte contre la salinité - ou contre la salinisation secondaire (par irrigation) - du sol nécessite aussi de définir la nature et la dynamique des sels (profondeur de nappe, importance des remontées capillaires), ainsi que l'incidence de ceux-ci sur le comportement physique (défloculation éventuelle des argiles). Compte tenu des données hydro-géologiques (profondeur, débit de nappe), hydro-dynamiques (perméabilité), ces informations permettront de préciser en particulier la profondeur de pose et l'écartement des drains ou des fossés.

1.3. Choix du mode de drainage.

C'est la combinaison des différents paramètres précédents qui va orienter, au plan pédologique, le choix du mode de drainage ainsi que le fait apparaître le tableau 3 (DEVILLERS et al 1979, FAVROT et al 1981).

Manifestation de l'excès d'humidité	Engorgement localisé	Engorgement généralisé temporaire ou permanent		Engorgement occasionnel	
		Soils profonds alluviaux colluviaux limoneux sableux caillouteux Certains sols argileux	Soils à substrat peu profond		
Situations	Mouillères, sources, eaux de ruissellement	Soils profonds alluviaux colluviaux limoneux sableux caillouteux Certains sols argileux	limoneux limono-sableux argileux instables ou à texture irrégulière	soils argileux stables	Soils non hydromorphes en profondeur mais compactés ou battants
Profondeur du substrat imperméable	Variable	Supérieure à 0,80 m	Inférieure à 0,60 - 0,80 m		Sans
Conductivité hydraulique		Supérieure à 0,20 - 0,25 m/j	Inférieure à 0,20 m/j		
Traitements	Captages localisés tranchées drainantes fossés d'interception drainage des talwegs	Drainage classique à écartements calculés et assez larges	Drainage à écartement faible ou techniques associées		Drainage généralement non nécessaire
			Sous-solage en sol friable	Drainage-taupe en sol plastique	
Précautions :			Tranchée très perméable		Amélioration physico-chimique du sol
- A l'exécution	Remblai grossier dans l'ouvrage	Filtres en sols sableux Gypse en sols salins Chaulage en sol trop acide			
	Prévention du colmatage ferrique en sols organominéraux ou en présence d'eaux ferrugineuses				
- Après drainage	Bonne conduite culturale. Amendements et pratiques culturales améliorantes				

Tabl. 3 - Eléments de choix du mode de drainage (J.L. DEVILLERS, 1981)

2. CARTOGRAPHIE DES SOLS ET DEMARCHES ASSOCIEES.

L'interprétation de l'étude du sol en termes de drainage se fait à partir de deux sources de références :

- les caractéristiques détaillées des sols du périmètre à aménager, raisonnées à partir des données scientifiques de base relatives aux phénomènes pédologiques. Celles-ci, appliquées aux sols cartographiés, permettent de passer des informations morphologiques et analytiques à des diagnostic de comportements globaux du sol;

- des références techniques et technologiques tirées de la réponse en vraie grandeur des sols au drainage, données obtenues à partir d'enquêtes sur réseaux existants et du suivi de sites expérimentaux.

2.1. Cartographie et caractérisation des sols.

L'étude pédologique préalable au drainage vise donc d'abord à définir et délimiter des unités de sols homogènes vis à vis de cet aménagement, à prévoir ensuite leurs comportements, que l'on traduit enfin en termes de recommandations techniques.

Si la trame générale de la démarche du pédologue-"draineur" est comparable à celle généralement suivie pour l'élaboration d'une carte des sols, l'inventaire précédent des différents critères à prendre en compte, implique en plus un état d'esprit et une approche spécifiques à l'objectif visé, assortis en outre d'une nécessaire compétence en matière de technologie et de conception du drainage (FAVROT et al 1981).

2.1.1. Echelles de cartographie.

Pour un territoire donné, les cartes à moyenne échelle (1/25.000 à 1/100.000) ne contribuant qu'à un inventaire et à une localisation assez généraux des sols hydromorphes, seule une cartographie à grande échelle permet d'aboutir finalement à des recommandations techniques "opérationnelles".

Compte tenu du cadre nécessairement collectif du drainage (cohérence hydraulique de l'infrastructure de fossés et collecteurs,

économie d'échelle pour les travaux), le 1/10.000 est une échelle de cartographie généralement bien adaptée car elle concilie le niveau parcellaire et l'échelon communal ou celui du bassin versant. Elle permet un inventaire assez précis des séries de sols -unité cartographique de base - et conduit à une connaissance du comportement de ces séries compatible avec une bonne interprétation en termes concrets de drainage. Menée sur une aire représentative d'une petite région naturelle, cette cartographie facilite en particulier l'étude des sols à l'échelon parcellaire. Cette dernière phase, réalisée au 1/5000 ou au 1/2000, est en effet indispensable pour l'établissement du plan-projet. Elle seule permet en effet de tenir compte de dispositions particulières (micro-relief, présence de mouillères, d'ados, d'anciens fossés, d'affleurements rocheux,..) susceptibles de moduler les recommandations techniques commandées par le comportement intrinsèque du sol.

2.1.2. Conduite de l'étude.

Pour la délimitation et la caractérisation des séries de sols, outre les éléments habituels (texture, pierrosité, profondeur des horizons, réaction à l'acide, développement du profil), les critères révélateurs des comportements hydriques et physiques des sols sont particulièrement relevés. Les observations morphologiques de terrain constituent à cet égard la base principale de la cartographie, dont l'objectif reste, plus qu'ailleurs, la bonne compréhension des lois de distribution des sols dans le paysage et la mise en évidence des relations (hydriques) mutuelles entre unités.

Sans entrer dans le détail, signalons que la nature, la netteté, la profondeur d'apparition des signes d'oxydo-réduction (taches, concrétions,...), la forme et les variations verticales de la structure, de la porosité, de la consistance, de la compacité et de l'enracinement font l'objet d'observations détaillées dans les sondages et dans les profils pédologiques.

A titre indicatif la densité des sondages à la tarière est de 1 à 2 par ha, et celle des profils pédologiques (1,5 à 2,0 m de profondeur) de 1 pour 20 ha dans le cas des levés au 1/10.000. La précision souhaitée des limites est de 30 à 40 m et la pureté des unités cartogra-

phiques doit tendre vers 80 à 90 %. Lors des études à la parcelle (1/5000 à 1/2000) la densité des sondages est de 1 à 5 par ha.

Des analyses physiques, chimiques, minéralogiques, complètent quand nécessaire les appréciations de terrain : granulométrie, stabilité structurale, salinité, limites d'Atterberg, test de contrainte équivalente, etc...

Des mesures in situ contribuent aussi à la caractérisation hydrodynamique des sols : conductivité hydraulique (méthode puits-piézomètres (CEMAGREF 1979) et trou de tarière), porosité de drainage, densité apparente. Des tests d'appréciation de la teneur en fer ferreux des nappes sont aussi appliqués.



a



b

Fig. 8 : Tranchée de drainage (en sol lessivé à pseudogley)

Fig. 8 : Trinchera de drenaje (en un suelo lixiviado pseudogleyoso)

a : poreuse, fonctionnelle

a : porosa, funcional

b : avec phénomène de tassement en "voute"

b : con el fenómeno de asentamiento abovedado

La plupart de ces dernières mesures impliquent un retour sur le terrain en période humide, condition qui complète ainsi utilement les informations acquises en période sèche, lors des levés.

La synthèse des résultats de cette première phase conduit à la carte des sols.

2.2. Démarches complémentaires.

L'interprétation des données pédologiques en termes de drainage intègre généralement trois autres démarches : la modélisation hydraulique, le recours à des enquêtes sur réseaux, la mise en place et le suivi d'une expérimentation.

2.2.1. Application des lois d'hydraulique agricole.

En France, à partir d'une modélisation de la phase de tarissement non influencé de la nappe dans la masse du sol (fig. 6), reposant sur des bases expérimentales, deux méthodes principales de calcul sont utilisées pour calculer l'écartement des drains (BOUYE et al 1984; GUYON 1966; GUYON 1981). La première dite du régime permanent prévoit le rabattement d'une nappe supposée alimentée de manière continue par une pluie de trois jours de fréquence annuelle. La seconde, dite du régime variable de tarissement, propose un écartement dépendant du temps de rabattement souhaité de la nappe en fonction d'exigences culturales données.

Les paramètres de calcul, outre la pluie critique, sont la conductivité hydraulique horizontale équivalente (\bar{K}), la porosité de drainage, mesurées in situ avec plusieurs répétitions (méthode puits-piezomètres - CAUCHIE ET AL 1982) et la profondeur du plancher imperméable déterminée par l'étude pédologique.

Ces méthodes apportent des résultats intéressants dans les situations pédologiques où les mesures sont possibles (HERVE 1981). Leurs résultats sont toujours confrontés avec ceux de l'expérience et de l'expérimentation au champ.



a



b

Fig. 9 : Action d'une draineuse sous-soleuse

Fig. 9 : Acción de una zanjadora de subsuelo

a : absence de fissuration (sol argileux plastique) - drainage inefficace

a : ausencia de fisuras (suelo arcilloso plástico) - drenaje ineficaz

b : fissuration très nette (sol argileux friable) - drainage efficace

b : fisura muy neta (suelo arcilloso friable) - drenaje eficaz

2.2.2. Enquêtes sur réseaux.

La connaissance de la réponse des sols au drainage à travers l'enquête sur des réseaux préexistants doit englober deux sources d'informations; l'avis de l'agriculteur sur les améliorations apportées (ou non) par le drainage d'une part, l'examen de profils sur drains (fig.10) d'autre part.

Cette dernière opération, qui applique l'approche pédologique (descriptions macro et micro-morphologiques, mesures de densité apparente,..) à la zone remaniée par les engins de pose (fig. 8 et 9), permet surtout d'apprécier l'évolution des propriétés physiques du sol (structure, porosité, stabilité) au cours du temps (FAVROT et al 1984; LAGACHERIE et al 1984).

2.2.3. Expérimentation.

Lorsque la mise en oeuvre du drainage dans certains sols difficiles ne bénéficie d'aucune expérience, il est souhaitable de tester les différentes techniques possibles. Installée sur des sites bien définis au plan pédologique, cette expérimentation peut faire l'objet, soit d'un suivi "léger" (observations périodiques du cycle végétatif, mesures de rendement sur drain et interdrain, profils sur drain), soit d'un suivi lourd comprenant en outre des mesures in situ (piézométrie, débitmétrie, humidimétrie, pluviométrie avec relevés à pas de temps horaire, journalier ou hebdomadaire) (HERVE 1982, HERVE et al 1982).

2.3. Expression des résultats.

Complétant la carte des sols, une carte thématique ou une légende "drainage" traduisent très clairement à l'intention des concepteurs, les conclusions de l'étude. Pour chaque série de sol sont ainsi indiquées les formes et causes de l'excès d'eau, les contraintes éventuelles (pierrosité, consistance, risques de colmatage,..), le mode de drainage, la profondeur et l'écartement des drains, le type d'engin de pose, etc...

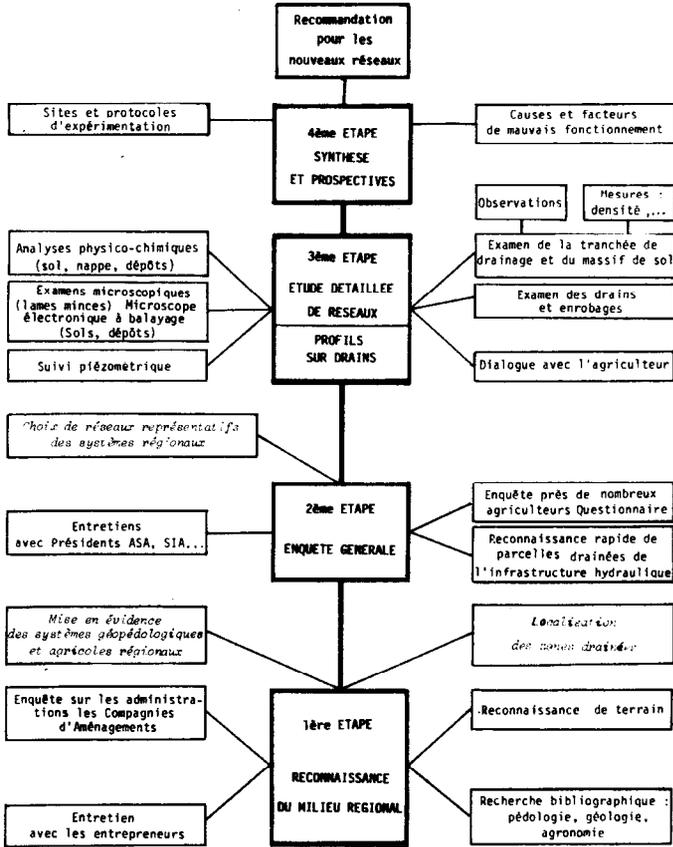


Fig. 10 : Démarche pour l'étude des réseaux de drainage (enquête sur réseaux)

Fig. 10 : Aproximación para el estudio de las redes de drenaje (encuesta (encuesta sobre las redes)

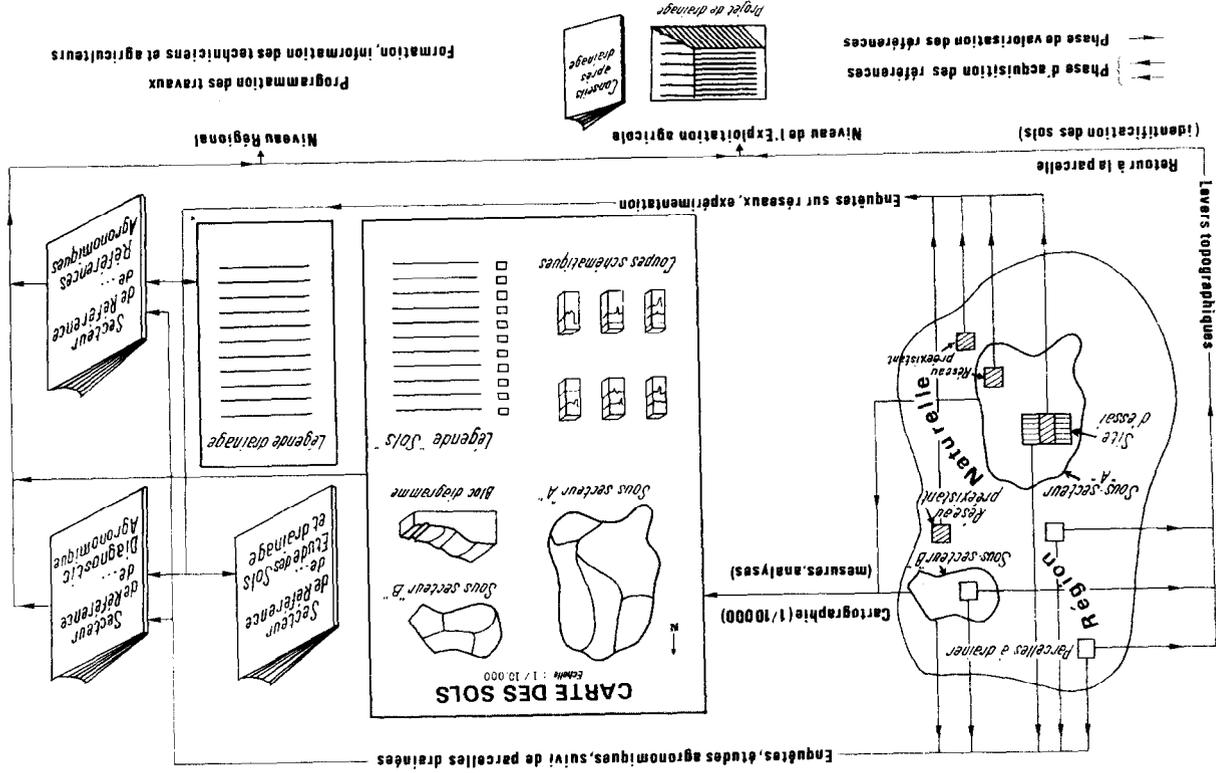


Fig. 11 : Principes et modes d'expression de la méthode des secteurs de référence
 Fig. 11 : Principios y modos de expresión del método de los sectores de referencia

CONCLUSION

La réalisation d'études pédologiques préalables au drainage constitue un moyen privilégié d'obtenir une bonne rationalisation des projets. C'est aussi l'assurance d'une sécurité et d'une économie des investissements. En France, par exemple, pour une petite région naturelle de 100.000 ha (Pays d'Ouche de l'Eure), une économie de 16 % sur le coût des travaux a ainsi pu être proposée (par rapport aux normes empiriques traditionnelles), le coût des études ne représentant lui-même que 10 % des économies réalisables (CEMAGREF 1977).

Mais, pour avoir une pleine efficacité, de telles études nécessitent certaines conditions : rigueur des levés, bonne compréhension de la répartition et du fonctionnement des sols, intégration dans une action pluridisciplinaire. Il faut également une concertation périodique entre pédologue et utilisateur des résultats : aménageurs, agriculteurs, représentants des Administrations et de la Profession, Instituts techniques, etc...

En France ces propositions se concrétisent effectivement dans le cadre de la **méthode dite des secteurs de référence** appliquée depuis 1981 sur une centaine de régions naturelles (FAVROT 1981, FAVROT et al 1982, FAVROT 1984, HOREMANS 1984) couvrant plus de deux millions d'ha. Cette méthode consiste, pour une région naturelle accédant au drainage, à concentrer les études sur une aire échantillon de l'ordre de 1000 ha. Les démarches cartographiques (1/10.000), hydraulique et agronomique, y sont associées, avec appui sur l'enquête et l'expérimentation. Des crédits permettent d'enchaîner études, travaux et conduite des terres drainées, en concertation avec les différents acteurs régionaux du drainage (fig. 11 et 12) (URBANO 1982).

En définitive, la démarche pédologique appliquée au drainage prolonge et bénéficie directement des résultats de l'approche scientifique présentée dans les articles précédents. Mais cette démarche contribue également à l'amélioration des connaissances purement scientifiques car le mode de réponse des sols au drainage est un excellent révélateur des mécanismes internes des transferts hydriques et des réactions physiques des sols.

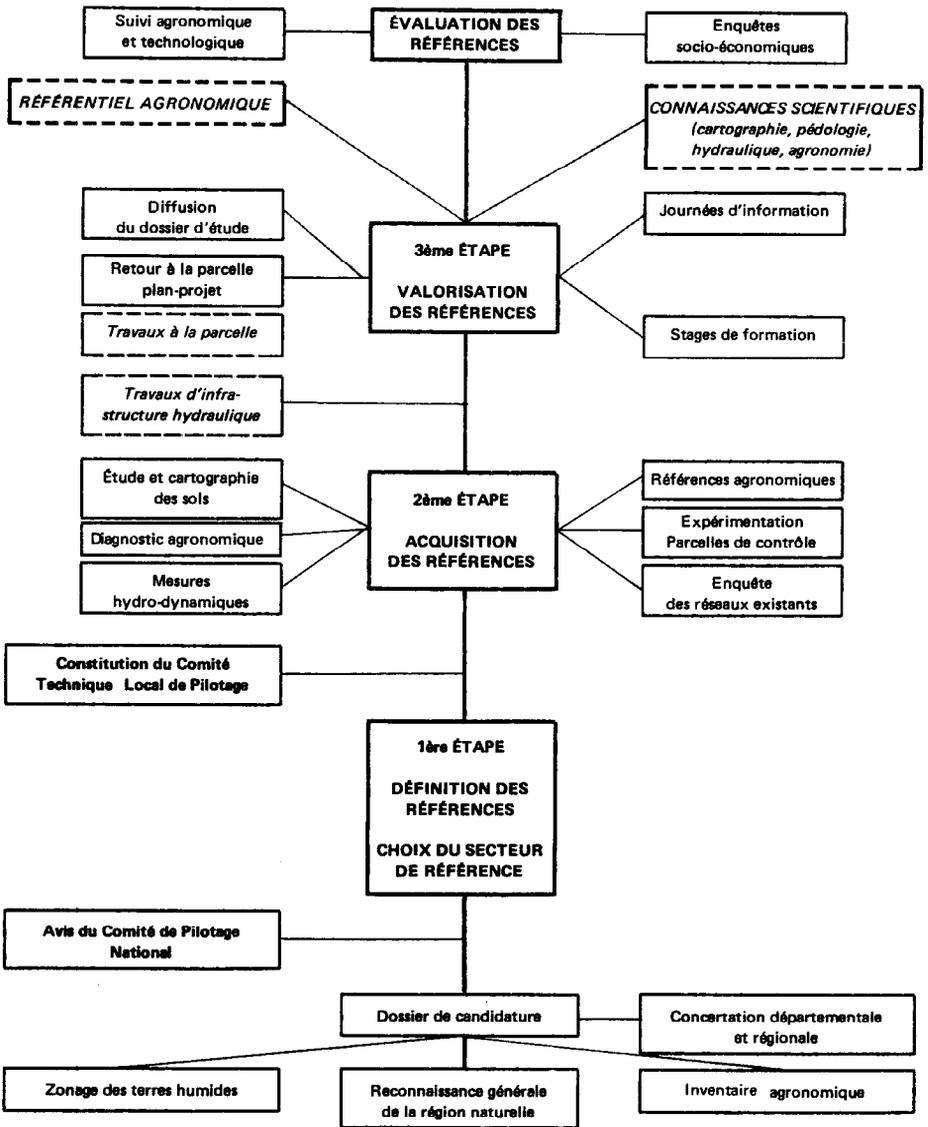


Fig. 12 : Les différentes étapes de la méthode des secteurs de référence
 Fig. 12 : Las diferentes etapas del método de los sectores de referencia

BIBLIOGRAPHIE

- ALESSANDRELLO E. - CONCARET J. - GUYOT J. - PERREY C.** (1976) : Circulation de l'eau en sols limoneux lessivés hydromorphes drainés. C.R. Acad. Agric. pp. 364-373.
- BOUYE H.M. - CESTRE T. - LESAFFRE B.** (1983) : Le pompage d'essai appliqué au dimensionnement des ouvrages de drainage agricole. Etude du CEMAGREF, n° 497-498, Mars-Avril 1983, 49 p.
- CAUCHIE P. - CESTRE T. - FONQUERNIE B.** (1982) : Caractérisation de la conductivité hydraulique saturée du sol dans une même série pédologique. Document CEMAGREF, Antony, 53 p.
- CEMAGREF** (1977) : Intérêt des études préalables au drainage. Application au Pays d'Ouche. Informations techniques. Cahier 26, n° 2, 4 p.
- CEMAGREF** (1979) : Réalisation et interprétation des mesures hydrodynamiques. Division Hydr. Souter. Drainage, 14 p.
- CEMAGREF** (1983) : Fonctionnement hydraulique du drainage agricole en sols à pseudogley. Inf. Techn. CEMAGREF. Cahier 51, n° 1.
- CEMAGREF** (1983) : Vocabulaire de l'hydraulique du drainage agricole. Document CEMAGREF Antony, 65 p.
- CONCARET J. et Al.** (1981) : Drainage agricole. Théorie et pratique. Chambre Région. Agric. Bourgogne. Dijon, 509 p.
- Conseil International de la langue française** (1978) : Vocabulaire de l'hydrologie et de la météorologie. La Maison du Dictionnaire. Paris.
- DEVILLERS J.L. - GUYON G.** (1979) : Les études préalables au drainage. La conception moderne des projets de drainage. C.R. Ac. Agric. , p.815-820.
- DUPRAT J.** (France) (1974) : Simulation du comportement hydraulique d'une parcelle de marais cultivée et drainée - 12e Congrès Irrig.-Drainage. Fort Collins - USA - vol.1(B) - pp.109-118.
- FAVROT J.C.** (1978) : Conduite et interprétation des études pédologiques appliquées au drainage. Bull. BRGM (2) III, 2, p.67, 89.
- FAVROT J.C. - BOUZIGUES R.** (1980) : Le choix du mode de drainage. Revue Perspectives Agricoles n° 38 - 8 p.
- FAVROT J.C. - BOUZIGUES R. avec la coll. de HERVE J.J. et CESTRE T.** (1981) : Recommandations pour la réalisation des études de sols préalables au drainage dans le cadre des "secteurs de référence" et des projets à la parcelle. Groupe de travail drainage, GEPPA - SES n° 510 Montpellier, 14 p.
- FAVROT J.C.** (1981) : Pour une approche raisonnée du drainage agricole en France. La méthode des secteurs de référence. C.R. Acad.de l'Agriculture, pp. 716, 723.

FAVROT J.C. - HOREMANS P. - LESAFFRE B. (1982) : Etudes préalables au drainage. Pratique des secteurs de référence. Revue Génie Rural n° 5 - pp. 13, 19.

FAVROT J.C. (1983) : Les phénomènes de transfert d'eau en drainage agricole. B.I. CEMAGREF n° 310, pp. 3, 14.

FAVROT J.C. (1983) : Cartographie et caractérisation du comportement hydrique des sols. INRA Montpellier. 33 p.

FAVROT J.C. (1983) : Humidité du sol et qualité de pose. Incidence sur la calendrier des travaux de drainage. Revue Drainage n° 25/26, pp. 7, 15.

FAVROT J.C. - BOUZIGUES R. - LAGACHERIE Ph. (1984) : Inventaire des différentes formes de l'eau en excès dans les sols engorgés en vue du choix du mode de drainage. Revue Géomètre n° 4, pp. 49, 55.

FAVROT J.C. - BOUZIGUES R. - VAQUIE P.F. (1984) : Efficacité et pérennité des réseaux de drainage en sols argileux halomorphes (solontchaks "sodiques") du Languedoc. Bilan de vingt années d'irrigation-drainage - 12ème Congrès Internat. Irrig.-Drainage - Fort Collins USA, vol. 1(B), pp. 25, 44.

FAVROT J.C. (1984) : Acquisition des données nécessaires au drainage des sols "difficiles" par la méthode des secteurs de référence - 12ème Congrès Internat. Irrig.-Drainage Fort Collins USA, vol. 1(B), pp. 201, 218.

FLORENTIN L. (1982) : Contribution à la connaissance des sols hydromorphes et apparentés de Lorraine et de leurs réponses au drainage. Thèse 3ème cycle ENSAIA Nancy, 157 p.

GUYON G. (1966) : Considérations sur l'hydraulique du drainage des nappes. BTGR, n° 79, pp. 1-115.

GUYON G. (1981) : Le drainage agricole. Essai de synthèse en 1980. BTGR n° 126.

HERVE J.J. (1980) : Limite et validité des modèles hydro-dynamiques du drainage. Document CEMAGREF, Antony, 21 p.

HERVE J.J. (1982) : Bases d'établissement des protocoles expérimentaux pour les essais technologiques et agronomiques de drainage. Opération "Drainage" ONIC-Ministère de l'Agriculture-Comité de Pilotage National. 47 p.

HERVE J.J. (1982) : Charte pour les expérimentations de drainage agricole. Opération "Drainage" ONIC-Ministère de l'Agriculture-Comité de Pilotage National. 5 p.

HERVE J.J. - LESAFFRE B. - ALDANONDO J.C. - LAURENT F. (1982) : Restitution et débits de pointe d'un réseau de drainage en sols limoneux lessivés hydromorphes battants peu perméables. 12ème Congrès Intern. des Irrig. et du Drainage, Fort Collins USA, vol. 1(B), pp. 75, 96.

HOREMANS P. - LESAFFRE B. (1984) : Le drainage des sols de Sologne : application de la méthode des secteurs de référence à une région aux sols difficiles. XIIème Congrès International Irrig.-Drainage. Vol. 1(B), pp. 119, 150.

HOUOT S. - CESTRE T. - BERTHELIN J. (France) : Origine du fer et conditions de formation du colmatage ferrique - Etude de différentes situations en France. 12ème Congrès Intern. Irrig.-Drain. Fort Collins USA, vol. 1(B), pp.151, 180.

LAGACHERIE Ph. - BOUZIGUES R. - FAVROT J.C. : Caractérisation et conditions de formation des colmatages argileux et ferriques en sols argileux halomorphes (solontchaks "sodiques") du Littoral Languedocien (France) - 12ème Congrès Intern.Irrig.-Drainage Fort Collins USA, vol.1(B), pp. 45, 54.

LASAFFRE B. - HERVE J.J. (1982) : Le drainage agricole : principe de fonctionnement. Bull. Inf. CEMAGREF n° 293, pp. 59, 84.

SERVAT E. - DUPUIS M. - FAVROT J.C. (1972) : Etude pédologique préalable au drainage - BTI n° 271-272, pp. 723, 748.

URBANO G. (1982) : L'opération "drainage - secteur de référence" ONIC-Ministère de l'Agriculture, revue Drainage n° 24, pp. 15, 19.

VIZIER JF. (1982) : Etude des phénomènes d'hydromorphie dans les sols des régions tropicales à saisons contrastées. Dynamique du fer et différenciation des profils. Thèse Sci., Dijon - Trav. et Doc. ORSTOM n° 165, 294 p. (1983).