

APPRÉCIATION DE L'ÉVOLUTION DE CERTAINS PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS (PTI ET STI) DRAINES DE LA PLAINE DU GHARB SOUS LA CULTURE DE LA CANNE A SUCRE

Mohamed DANIANE (1)

R É S U M É

L'évolution des sols sous irrigation n'a commencé à retenir l'attention, des spécialistes des sciences du sol à l'ORMVAG que récemment. Il est bien connu que l'irrigation des sols peut agir favorablement ou défavorablement, selon les conditions de cette irrigation, sur les propriétés physico-chimiques des sols. Parmi les facteurs à surveiller, sous irrigation, il faut retenir principalement la salinité et l'alcalinité (enrichissement du sol en sodium).

Dans cet article, la comparaison de certains paramètres physico-chimiques (salinité, sodium, pH, M.O, argile...) d'une classe de sols particulier : Dehs (sols peu évolués d'apport alluvial) avant et après leur drainage et leur irrigation sous la culture de la canne à sucre, a permis de constater que dans l'ensemble, ces facteurs n'ont pas subi beaucoup de variations et que leur évolution, relative, se fait dans le sens favorable et espéré de l'installation d'un système de drainage :

Le profil salin est croissant de haut en bas du profil du sol et le $Na + /T$ a tendance à augmenter avec la profondeur.

Par ailleurs, cette situation peut vite changer à l'occasion d'un défaut de fonctionnement du drainage. Dans ce cas, la salinité peut vite atteindre des valeurs inquiétantes.

Il faut cependant, être prudent sur ces conclusions car les sols étudiés appartiennent à une classe de sol ayant des propriétés physico chimiques, généralement, favorables notamment une bonne conductivité hydraulique.

Aussi, ces conclusions ne peuvent pas être généralisées au reste des sols et conditions particulières de la plaine. Un programme de suivi de l'évolution des sols sous irrigation est nécessaire pour maîtriser cette évolution et la situer dans son contexte particulier (profondeur de la nappe, topographie, type de sol, ...)

A B S T R A C T

The evolution of the soils under irrigation has only recently begun to hold the attention of some soil science specialists at the ORMVAG. It is well Known that soils irrigation may act favorably or unfavorably, according to the condition of this irrigation and the hydro-chemical properties of the soils. Among the factors to be observed, under irrigation, we should mainly consider salinity and sodivity (soil enrichment of sodium).

In this article, the comparison of some physico-chemical parameters (salinity, sodium, ph, M.O, clay) of some particular soils : Dehs (litte developed soils of alluvial inflow) before and after their drainage and irrigation under sugar cane cultivation, has allowed to observe that these factors ; have undergone a great deal of variation on the whole and their relative evolution is carried out in the appropriate and expected course of establishment of a drainage system : the saline profile is decreasing from high to low and the $Na +/T$ tends to increase according to depth.

On the other hand, this situation may change rapidly in case of a drainage functioning deficiency. In this case, salinity can quickly reach some critical values. However, we have to be careful about these conclusions because the studied soils belong to a category of soil with favorable hydro-chemical parameters, in general, Such as an appropriate hydraulic conductivity.

Thus, these conclusions cannot be generalized to the rest of soils and particular conditions of the plain. A follow-up program on the evolution of the soils under irrigation is necessary in order to get this evolution under control and to place it in its particular context (depth, topography, soil type, etc...).

(1) Ingénieur pédologue à l'ORMVA du Gharb ABSTRACT.

I- INTRODUCTION

La plaine du Gharb, longtemps très insalubre, n'a été labourée et mise en valeur que depuis deux ou trois siècles à peine.

Encore, cette mise en valeur n'a été franche et complète qu'après l'assèchement et l'assainissement des nombreuses merjas (étangs), qui s'étendaient, autrefois, sur plusieurs dizaines de milliers d'ha. Avant son aménagement, la plaine du Gharb se caractérisait par :

- les merjas centrales, situées aux points les plus bas et les plus confinés de la plaine et qui étaient périodiquement inondées. Les débordements des rivières y empêchaient toute culture et seule une maigre végétation de plantes sans grand intérêt pastoral; arrivait s'y développer.
- les zones de tirs, d'altitude légèrement plus élevée et autorisant une agriculture extensive.
- les zones de dehs correspondant aux levées alluviales des cours d'eau. L'essentiel de la vie était concentré sur ces zones élevées, qui sont relativement à l'abri des inondations.

Il y a eu donc toujours une dépendance assez étroite entre le relief, les types de sols, les types de cultures et les modes de faire valoir. On trouve cette liaison même après l'aménagement de la plaine.

L'aménagement de cette plaine a été justifié par :

- ses ressources en eau, abondantes,
- son climat favorable, autorisant une pluviométrie moyenne annuelle de 500 mm et une gamme très variable de cultures,
- les hautes potentialités agricoles de ses sols,
- sa quasi planitude permettant tous les modes d'irrigation.

Mais les problèmes majeurs de cet aménagement résidaient dans la lutte contre les excès d'eau de surface (pluviométrie hivernale importante et sols peu perméables) et une nappe phréatique souvent très proche de la surface du sol.

Exceptée une bande de 600 m environ, de part et d'autre des lits des principaux Oueds (Oued Sebou, Ouergha, Beht) le reste de la plaine est sujet à des remontées de la nappe phréatique pouvant agir défavorablement sur les cultures en place par :

- la pourriture des racines des cultures non spécialisées sous les conditions d'hydromorphie prolongée,
- l'augmentation de la salinité des horizons exploités par les racines, au delà des limites tolérables.

C'est pourquoi, donc, le drainage a été instauré sur la majeure partie des sols de cette plaine à l'exception de ceux réservés à la riziculture ou ceux situés sur les bordures immédiates des Oueds et réservés souvent à l'agrumiculture.

Après l'installation des réseaux d'assainissement et de drainage, échelonnés dans le temps, avec en général plus de 10 ans de fonctionnement, une question d'actualité se pose à savoir : quel est l'impact de ces aménagements (assainissement superficiel et drainage profond et d'une eau d'irrigation assez salée $0,7 <CE> 1,1$ mmhos/cm $125 =$ classe 3 d'après le diagramme de classification des eaux d'irrigation : saline and Alkali soils) sur les caractéristiques physico-chimiques des sols concernés.

Cette question s'impose, à l'heure actuelle, pour plusieurs raisons :

- méconnaissance presque totale du fonctionnement du drainage par manque d'études appropriées et généralisées,
- utilisation d'une eau assez salée pouvant engendrer des problèmes de salinisation des sols, surtout en présence de sols lourds,
- hétérogénéité des rendements de la culture, ici prise en compte à savoir la culture de la canne à sucre et dont le comportement vis à vis des conditions édaphiques n'est pas encore bien maîtrisé. En effet, la culture de la CAS fut introduite au Gharb en 1972 et a connu, depuis, une extension assez rapide pour couvrir actuellement une superficie d'environ 10.000 ha.

L'objet de cette étude est donc de comparer le niveau de certains paramètres physico-chimiques des sols sous la culture de la canne à sucre avant et après leur irrigation et drainage et de dégager la tendance, positive ou négative, de l'évolution de ces paramètres.

II- MATÉRIEL ET MÉTHODE

II-1- Matériel

. Sols :

Par la méconnaissance, au début, du comportement de la culture de la canne à sucre vis à vis des types de sols du Gharb, il lui a été réservé les sols Dehs (sols peu évolués d'apport alluvial ; Xerochrept, Xerorthent...) caractérisés par de bonnes propriétés physico-chimiques et par des oscillations de la nappe phréatique relativement faibles. Ces sols peuvent être exposés aux risques des inondations, assez fréquents dans la région, mais ont l'avantage, grâce à leur légère pente et leur perméabilité relativement élevée de se ressuyer assez rapidement. La texture des sols Dehs peut varier d'une texture équilibrée et à une texture franchement lourde.

Le climat de la plaine du Gharb est un climat méditerranéen de nuance océanique, à saison sèche en été et à pluviosité importante en hiver.

La pluviosité annuelle moyenne se situe autour de 600 mm dans la zone côtière (sub humide), mais descend à 450 mm dans le Sud Est (semi-aride).

L'aire réservée à la culture de la canne, c'est à dire la zone déjà plantée et celle prévue dans le futur, bénéficiaient ; d'une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 500 et 550 mm (moyenne sur 25 ans). Ces moyennes ont connu des baisses (environ moins de 80 unités) au cours des 6 dernières années à cause de la sécheresse qui a sévi

au Maroc pendant cette période (1981-1987). Les pluies sont presque concentrées entre la mi-octobre et fin Avril et tombent en 65 jours environ. La température moyenne annuelle est de 18°C, celle des températures maximales du mois le plus chaud (juillet Août) est de l'ordre de 35 C, mais il est rare que le thermomètre dépasse 45 C (journées de vents très chauds de l'est = chergui). La moyenne des minima du mois le plus froid (janvier) est de l'ordre de 5 C.

L'évapotranspiration potentielle (ETP), évaluée par la formule de TURC, est de 1200 mm/an environ.

Le déficit hydrique, généralement observé entre le mois d'Avril et les mois d'Octobre - Novembre est comblé par des irrigations à partir des Oueds Sebou (principalement) et Beht. Pour la culture de la canne à sucre, les besoins annuels en eau d'irrigation sont de l'ordre de 10.000 m³.

. Irrigation :

a- Doses d'irrigation

L'irrigation de la canne à sucre intervient lorsque les apports des précipitations n'arrivent pas à compenser les pertes par évapotranspiration. Elle a lieu généralement entre les mois d'avril et Octobre-Novembre.

Les doses d'irrigation distribuées sont comprises entre 8.000 et 12.000 m³/ha dans le cas de l'irrigation gravitaire. La dose distribuée en aspersion est généralement inférieure à celle en gravitaire de 1.000 m³. La fréquence des irrigations est de 6 à 8 irrigations/an.

b- Qualité de l'eau d'irrigation.

La quasi totalité de l'eau d'irrigation de la canne à sucre provient de l'Oued Sebou.

Les caractéristiques chimiques moyennes de cette eau sont données au tableau suivant :

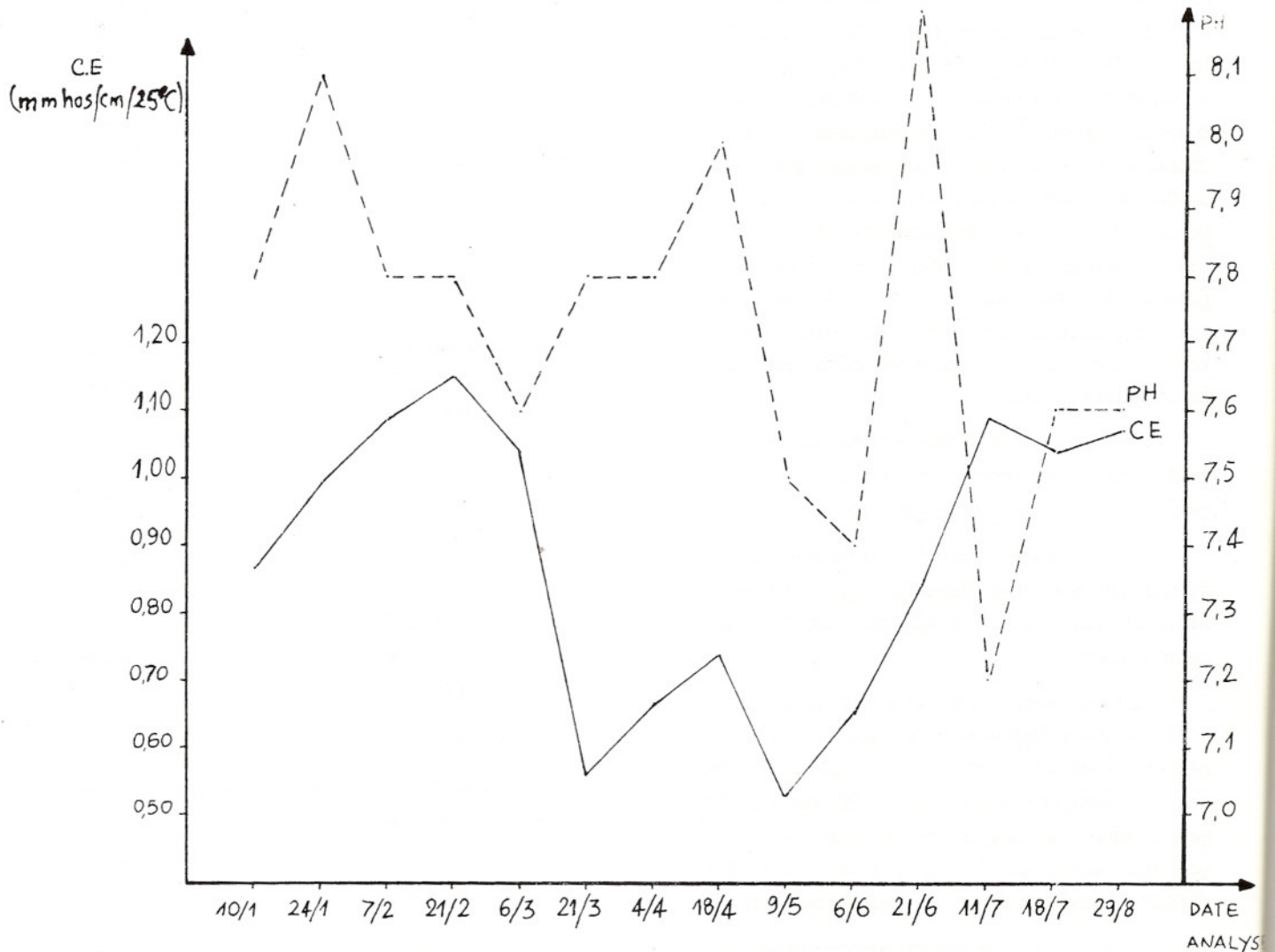
PH	C.E mmhos	Bilan ionique még/l										
		Ca	Mg	Na	K	Total	Cl	So4	Hco3	Co3	Total	SAR
7,8	0,81	2,8	2,8	4,2	0,04	9,84	4,50	1,20	3,40	0	9,8	2,51

Les eaux de Sebou et Beht appartiennent à la classe C3 S1 du diagramme de classification des eaux d'irrigation, d'après Saline And Alkali Soils (complété par J.H.Durant). D'après donc ce diagramme, les eaux de Sebou appartiennent à :

- la classe trois (C3) de la salinité totale: généralement il est recommandé de ne pas utiliser ces eaux sur les sols à faible drainage (cas du Gharb). Même avec un drainage convenable, il est nécessaire de surveiller la salinité du sol et il faut choisir des cultures tolérantes aux sels,

- la classe une (S1) d'alcalinité (danger du sodium) : les eaux sont utilisables pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de risque de leur donner un taux de Na échangeable dangereux.

La salinité des eaux de l'Oued Sebou connaît des variations inter et intra annuelles importantes liées au débit de l'oued et la période de prélèvement, comme la montre la courbe suivante (année 1984 ; prélèvements des eaux effectués au niveau du pont de Souk Tleta) :



EXEMPLE DE VARIATIONS DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE ET DE PH DES

Eaux DE L'OUED SEBOU DURANT L'ANNEE 1984

c- Dates de mise en eau des secteurs de la PTI et STI

Secteur	Date de mise en eau
S1	1977
S5	1977
S7	1976
S9	1974
S17	1973
P8	1978
C1	1979
C2	

. Le drainage :

Le problème du drainage dans la plaine du Gharb est souvent considéré comme complexe. En effet, si les sources des excédents d'eau à évacuer sont souvent connues, leur part dans les phénomènes d'hydromorphie (à différents degrés) constatée dans plusieurs types de sols n'est pas bien maîtrisée. Ceci nécessite donc des études bien approfondies qui permettent de distinguer les phénomènes d'hydromorphie liés soit à des remontées capillaires à partir d'une nappe phréatique, dont les oscillations sont mal connues également, soit à des stagnations temporaires des eaux d'irrigation et/ou de pluie (conductivités hydrauliques faibles) soit, enfin à une action combinée de ces deux phénomènes : c'est pourquoi la mise en valeur, sous irrigation, des sols de la plaine du Gharb est presque toujours précédée par l'installation d'un réseau de drainage superficiel et profond qui permet d'assainir la tranche de sol, nécessaire au bon développement des racines des cultures pratiquées.

Ce drainage (superficiel et enterré) poursuit trois objectifs principaux :

- éviter la remontée de la nappe phréatique déjà peu profonde dans plusieurs parties de la plaine,
- éviter la salinisation du sol par la remontée capillaire du sel de la nappe phréatique ou par dépôt du sel de l'eau d'irrigation,

- permettre le lessivage des sols déjà salés, préalablement

C'est un drainage de type composé. Les drains aspirateurs sont en P.V.C annelé (diamètre intérieur 58 mm) ou en P.V.C lisse semi rigide (diamètre intérieur 77 mm) espacés de 30 à 120 m (30 m est fixé comme minimum d'écartement pour des raisons économiques.

L'écartement adapté est celui qui résulte du calcul par la formule de HOOCHOUDT. La profondeur moyenne de pose de drains est comprise entre 1,1,4m, au départ du drain, et 1,1,8m à son arrivée au collecteur. La pente est <0,5%. Les drains se raccordent avec les collecteurs de drainage, constitués d'une juxtaposition de buses en béton vibré de 1m de longueur, par l'intermédiaire de regards préfabriqués en amiante ciment. La longueur des drains aspirateurs est comprise entre 200 et 220 m. La superficie drainée par un collecteur dépasse rarement celle de 2 à 3 blocs (un bloc = 30 ha environ). La pente des collecteurs est de l'ordre de 0,5 %, leur diamètre varie de 100 mm à l'amont à 400 mm (à l'aval).

- Le débit norme a été estimé à 1,8 mm/j par référence à des études expérimentales réalisées en Tunisie.
- Le débit critique a été fixé à 5,6 mm/j pour les sols portant des assolements intensifs (canne à sucre, quadriennal, agrumes).

. Quelques données sur la culture de la canne à sucre :

La canne à sucre fut implantée au Maroc depuis la conquête des Arabes et a connu une ère très prospère du IXème au XVIIème siècle. réintroduite au Maroc en grande culture depuis seulement une vingtaine d'années, la CAS représente pour le pays une spéculation sur laquelle de grands espoirs ont été fondés pour atteindre l'autosuffisance en sucre.

Du point de vue exigences écologiques, la canne à sucre serait une plante qui tolère des conditions de sols et de climats relativement variés. Cependant, ces facteurs, combinés aux conditions de nutrition jouent un rôle prépondérant sur la croissance, le développement et le rendement de la plante.

Les facteurs ayant un rôle de première importance sur la réussite de cette culture, sont :

- la température (elle craint des $t^{\circ} < 0^{\circ}C$),
- la lumière,
- l'humidité.

Les racines de la canne à sucre, issues des boutures, ont une assez courte vie (un à trois mois) puisqu'elles sont reliées à la jeune touffe par l'intermédiaire d'une bouture qui va elle-même pourrir et disparaître. D'autres racines (dites de tiges) et directement issues des primordia des entre-nœuds des jeunes tiges, naissent et se développent au fur et à mesure des besoins exprimés par la touffe et des conditions du milieu. Plus de 60% des racines de la canne à sucre sont compris dans les 60 premiers cm du sol.

La canne à sucre est généralement plantée pour une durée de 6 à 7 ans. Cependant, des observations faites sur le terrain ont montré que certains agriculteurs ont gardé leur canne pendant plus de 10 ans.

La canne à sucre fait partie des cultures les plus exigeantes en irrigation. Cette irrigation intervient en été, c'est à dire lorsque la demande climatique en eau est importante. Elle se fait généralement entre le mois de juin et septembre, exceptionnellement lorsque les pluies auraient fait défaut au printemps.

Les doses à la parcelle, recommandées par le Service des Expérimentations en hydraulique agricole (SEHA) se présentent comme suit :

Plantation	aspersion (m ³ /ha)	Gravitaire (m ³ /ha)
Canne vierge (2 ans)	23.520	26.250
Canne à repousse (1 an)	12.180	14.250

Cependant, dans la pratique les doses employées par les agriculteurs varient de 6 à 12.000 m³.

Les dates de plantation des sols objet de la présente étude sont données dans le tableau suivant :

Profil	Secteur	Date de plantation
P1	S1	1978
P2	S17	1973
P3	S9	1973
P4	P8	1979
P5	S5	1976
P6	C2	1984
P7	P8	1979
P8	C1	1978
P9	S7	1976

II-2- Méthode

Elle consiste à faire des comparaisons entre les résultats physico-chimiques de mêmes profils, repérés par leurs coordonnées sur le terrain, avant leur irrigation et leur drainage et après l'installation de la culture de la canne à sucre, sous des conditions de drainage et d'irrigation :

- seuls des profils caractérisés par leurs coordonnées ont été retenus pour faciliter leur repérage sur le terrain,
- les résultats des analyses avant irrigation, sont obtenus à partir des rapports de pédologie ou d'études sectorielles menées par différents chercheurs dans le Gharb,
- les résultats des analyses après irrigation ont été obtenus au laboratoire de pédologie de l'ORMVAG en 1988,
- les mêmes méthodes d'analyses ont été respectées pour éviter l'influence de ces méthodes sur la comparaison des résultats,
- Les profondeurs de prélèvements des échantillons ont été aussi respectées pour permettre des comparaisons par niveau de profondeur. Pour faciliter cette comparaison, nous avons présenté les résultats moyens par tranche de 30 cm : ainsi donc les résultats sont donnés comme suit : 0-30cm ; 30-60cm ; 60-100cm.

Les facteurs sur lesquels a porté l'étude sont variables selon des résultats disponibles sur les profils analysés avant l'irrigation. Les principaux sont :

- La salinité : déterminée sur l'extrait 1/5 à l'aide d'un conductivimètre.
- Le PH : déterminé à l'aide d'un PH mètre.
- Le calcaire total : déterminé à l'aide du calcimètre de Bernard.
- Granulométrie : à l'aide de la pipette de Robinson (A et L) et par tamisage (SF et SG). La dispersion de la fraction inférieure à 2 mm est obtenue par agitation mécanique en présence du pyrophosphate de sodium.
- Le rapport Na^+/T : Le sodium est obtenu par percolation et élimination du Ca par l'oxalate d'ammonium. Le dosage est fait à l'aide d'un photomètre de flamme.
- T ou CEC est obtenue par l'acétate d'ammonium déplacé par un percolat de NaCl et lavage à l'alcool éthylique. L'ammonium est obtenu par distillation et dosé à l'acide sulfurique N/50.
- La matière organique : par la méthode Walkey Black = oxydation sans chauffage ($M0 = c \times 1,724$).
- phosphore assimilable : par la méthode de Truog (colorimétrie).
- potassium échangeable : photométrie de flamme.

III- RÉSULTATS ET DISCUSSION

III-1 Tableau de comparaison des analyses avant et après irrigation et drainage

(Voir pages 14, 15 et 16)

III-2 Présentation des résultats et discussion

a- Salinité des sols

- Dans l'ensemble, la salinité exprimée en mmhos, a connu une diminution entre la date d'établissement des cartes pédo-

logiques et la date d'observation après la mise en eau et l'installation du système de drainage. Cette diminution s'observe dans tous les profils et à différentes profondeurs considérées (0 30 cm, 30 60 cm et 60 90 cm). Quelques exceptions sont, cependant, notées et pour lesquelles des explications doivent être recherchées dans leur contexte local (le P6 par exemple étant situé au centre technique de la canne à sucre où des problèmes de drainage, liés à l'entretien du réseau, sont observés).

- Dans certaines situations, cas du profil P8, on assiste à une inversion du profil salin passant d'un profil à salinité décroissante avec la profondeur, avant irrigation et drainage, à un profil salin croissant après irrigation et drainage. Cette situation a pu être observée sur d'autres profils non présentés dans cette étude et concernant d'autres cultures irriguées (assolement quadriennal et quinquennal).
- Le profil salin augmente avec la profondeur sans toutefois atteindre des valeurs inquiétantes pour le système racinaire de la canne à sucre.
- La salinité des sols, exprimée toujours en mmhos se situe à un niveau très faible sur les 90 cm de profondeur. Elle est loin de la limite de 4 mmhos fixée pour caractériser les sols halomorphes.

b- Na^+/T (taux du sodium absorbé).

- On note, en général, une tendance à l'enrichissement des sols en Na^+ dans les horizons de surface et une baisse dans les horizons de profondeur ce que l'on pourrait expliquer, probablement, par un rabattement notable de la nappe phréatique qui est responsable de l'enrichissement des horizons profonds en Na^+ . Cependant ces variations sont très peu significatives par rapport à la situation de référence (avant irrigation et drainage).
- Le Na^+/T augmente avec la profondeur et atteint dans certaines situations des valeurs indésirables (le Na^+/T considéré comme seuil critique est 15%).

TABLEAU DE COMPARAISON DES ANALYSES

AVANT ET APRES IRRIGATION ET DRAINAGE

Profondeur	Profil + + (date de mise en eau	Irrigué/non irrigué	Salinité en mmhos /cm/25(*)	pH	Calcaire totale %	A %	Na+/T x 100	M.O %	K2 O éch.	P2 O5 assi.
0 - 30 cm	P1 (S1)	Av. irriga.	0,17	-	-	25	-	-	-	-
		Ap. irriga.	0,22	7,6	21	23	5,8	1,9	-	-
	P2 (S17)	Av. irriga.	-	-	-	44	-	-	-	-
		Ap. irriga.	0,17	7,9	17	43	7,6	1,98	-	-
	P3 (S9)	Av. irriga.	0,19	8,15	15	34	3,7	1,43	0,17	0,082
		Ap. irriga.	0,16	7,8	17	38	7,5	2,12	0,21	0,07
	P4 (S8)	Av. irriga.	0,17	-	11	54	-	-	0,17	0,032
		Ap. irriga.	0,14	7,2	10	41	3,2	2,3	0,22	0,09
	P5 (S5)	Av. irriga.	0,23	8,45	-	52	2,8	1,6	0,24	0,02
		Ap. irriga.	0,15	-	-	60	5,8	2,36	0,39	0,06
	P6 (S2)	Av. irriga.	0,17	8,2	21	55	5,4	2,44	0,28	-
		Ap. irriga.	0,27	7,8	17	57	9	2,14	0,35	0,04
	P7 (P8)	Av. irriga.	0,10	-	11	18	-	-	0,12	-
		Ap. irriga.	0,25	7,7	11	19	15 %	1,7	0,12	0,04
	P8 (C1)	Av. irriga.	8,92	8	18	65	-	1,72	0,1	0,2
		Ap. irriga.	0,18	7,9	19	51	10	1,69	0,39	0,03
	P9 (S7)	Av. irriga.	0,52	-	19	41	-	-	-	-
		Ap. irriga.	0,14	7,8	19	39	6 %	2,88	-	-

(*) C.E extrait 1/5

Profondeur	Profil + (date de mise en eau)	Irrigué/non irrigué	Salinité en mmhos /cm/25(*)	pH	Calcaire totale %	A %	Na+/T x 100	M.O %	K2 O éch.	P2 O5 assi.
30 - 60 cm	P1 (S1)	Av. irriga.	0,14	-	-	20	-	-	-	-
		Ap. irriga.	0,12	7,6	21	32	4,5	1,67	0,12	0,1
	P2 (S17)	Av. irriga.	-	-	-	30	-	-	-	-
		Ap. irriga.	0,19	7,7	15	43	6	1,84	0,17	0,14
	P3 (S9)	Av. irriga.	0,32	8,20	20	31	7,7	1,03	0,054	0,02
		Ap. irriga.	0,18	7,80	18	38	7,5	1,26	0,16	0,032
	P4 (S8)	Av. irriga.	0,96	-	8,2	58	-	-	0,14	0,032
		Ap. irriga.	0,14	7,8	10,3	46	5	1,66	0,14	0,06
	P5 (S5)	Av. irriga.	0,23	-	-	52	2,8	1,6	0,24	0,02
		Ap. irriga.	0,25	7,5	18	63	9	1,6	0,2	0,08
	P6 (S2)	Av. irriga.	0,40	8,2	21	60	-	1,7	0,09	-
		Ap. irriga.	0,31	7,7	16	60	11	1,9	0,25	0,04
	P7 (P8)	Av. irriga.	0,13	-	14	13	-	-	0,22	0,08
		Ap. irriga.	0,50	7,8	14	10	18 %	0,55	0,04	0,07
	P8 (C1)	Av. irriga.	3,89	7,8	13	63	-	1,35	0,075	0,087
		Ap. irriga.	0,25	7,7	15	45	10	1,52	0,35	0,06
	P9 (S7)	Av. irriga.	0,52	-	19	51	10	1,69	0,39	0,03
		Ap. irriga.	0,28	7,4	17	47	9	1,54	0,84	0,05

(*) C.E extrait 1/5

Profondeur	Profil + + (date de mise en eau	Irrigué/non irrigué	Salinité en mmhos /cm/25(*)	pH	Calcaire totale %	A %	Na+/T x 100	M.O %	K2 O éch.	P2 O5 assi.
> - 60 cm	P1 (S1)	Av. irriga.	0,20	-	-	19	-	-	-	-
		Ap. irriga.	0,14	7,7	22	27	6	1	0,08	0,01
	P2 (S17)	Av. irriga.	-	-	-	18	-	-	-	-
		Ap. irriga.	0,23	7,8	17	45	8,6	1,1	0,14	0,14
	P3 (S9)	Av. irriga.	0,74	8,25	16	35	10	1,5	0,017	0,056
		Ap. irriga.	0,19	7,9	22	39	7,0	0,88	0,37	0,05
	P4 (S8)	Av. irriga.	0,96	-	8,2	58	-	-	0,14	0,032
		Ap. irriga.	0,43	7,9	9,3	58	11	1,67	0,21	0,07
	P5 (S5)	Av. irriga.	0,68	-	5,6	52	11	1,06	0,14	0,012
		Ap. irriga.	0,29	7,50	18	60	10	1,19	0,18	0,10
	P6 (S2)	Av. irriga.	0,75	8,2	18	61	15	1,17	-	-
		Ap. irriga.	0,38	7,8	19,5	58	12	1,19	0,16	0,01
	P7 (P8)	Av. irriga.	0,13	-	14	13	-	-	0,22	0,08
		Ap. irriga.	0,45	8,0	16	17	25	0,5	0,35	0,09
	P8 (C1)	Av. irriga.	3,89	7,8	13	63	-	1,35	0,075	0,087
		Ap. irriga.	0,25	7,7	15	45	10	1,52	0,35	0,06
	P9 (S7)	Av. irriga.	0,27	-	20	-	-	-	-	-
		Ap. irriga.	0,55	7,4	21	32	20	0,74	0,09	0,04

(*) C.E extrait 1/5

c- Ph

- Les valeurs de PH n'ont pas connu de modifications notables. Les modifications enregistrées peuvent être attribuées à des erreurs de manipulation ou au calibrage des appareils de mesure.

d- Calcaire total

- Le calcaire total n'a pas connu de variations significatives par rapport à la situation de référence (situation avant irrigation et drainage).
- Une tendance à l'enrichissement des horizons profonds est

e- Matière organique

- Là aussi on ne note pas de variations significatives par rapport à la situation de référence.

f- Taux d'argile (A%)

Ce paramètre est très difficile à apprécier uniquement à partir des résultats du tableau ci-dessus. En effet, les variations constatées entre les 2 situations (avant et après irrigation) ne répondent à aucune logique ou loi. Nous pensons que ces différences peuvent être attribuées :

- aux dépôts causés par les inondations,
- à des erreurs de manipulation entre les différents opérateurs.

III-3 Conclusion

- De façon générale, les résultats de comparaison de quelques paramètres physico-chimiques (salinité, Na^+/T , calcaire, %A...) des sols Dehs du Gharb avant et après leur drainage, leur mise en eau et leur mise en valeur par la culture de la canne à sucre n'ont pas montré des modifications significatives par rapport à la situation de référence (situation avant irrigation et drainage), à l'exception de la salinité dans certaines situations particulières.
- des tendances à l'enrichissement du sol en sodium sont notées sans, toutefois, être assez significatives par rapport, toujours à la situation de référence,

- le sodium échangeable atteint, dans certaines situations, des valeurs critiques ($Na^+/T > 15\%$) pouvant être néfastes pour la structure du sol et l'alimentation des plantes. Heureusement ces valeurs critiques sont observées au delà de la profondeur de 60 cm. Il faut rappeler que certaines études précisent que plus de 60% des racines de la canne à sucre sont situées dans les 60 premiers cm du sol. Cela n'empêche pas cependant, de se préoccuper de ce problème qui pourrait, à la longue menacer les sols du Gharb. L'origine de l'enrichissement des sols, en profondeur, en Na^+ serait attribué à l'influence de la nappe phréatique, souvent très salée et riche en Na^+ . Les eaux d'irrigation ont un pouvoir sodisant (SAR/ESP) très faible.

La salinité des sols, exprimée en C.E (mmhos/25) de l'extrait 1/5 est située, jusqu'à présent, à un niveau faible à moyen. On constate même une inversion du profil salin dans certains profils allant d'horizons complètement dessalés en surface à des horizons salés en profondeur (cas du profil P8).

Il est à remarquer, cependant, que cette situation devient rapidement vulnérable dès qu'un problème de drainage apparaît. Ceci a été constaté récemment au Bloc 21 du centre technique de la canne à sucre où la salinité a dépassé 4 mmhos dans les horizons de surface suite à une obturation du collecteur de drainage suivie de la remontée de la nappe à moins de 20 cm de la surface du sol.

Les résultats de cette étude ne peuvent pas être généralisés à l'ensemble des secteurs mis en eau. En effet, la culture de la canne à sucre a été privilégiée par le choix de sols à texture généralement équilibrée, à conductivité hydraulique importante et situés sur les bourrelets des oueds donc où les oscillations de la nappe phréatique sont moins importantes que dans le reste de la plaine caractérisée par des sols à texture lourde et des oscillations de la nappe phréatique importantes et proches de la surface du sol.

L'installation d'un système de suivi évaluation de l'évolution des paramètres physico-chimiques du sol (principalement la salinité et la sodicité), dans les différentes situations de sol, de topographie, de mode d'irrigation et de culture, est nécessaire et urgent. En effet, ce suivi est très important car tout défaut de fonctionnement du drainage, non détecté au moment opportun, peut se répercuter

dangereusement sur le sol et les cultures pratiquées. Il faut noter, à l'occasion, que le système de drainage pratiqué au Gharb est un système délicat ne permettant pas une intervention rapide surtout quant il s'agit de défaut au niveau du collecteur ou drain aspirateur. Ni les agriculteurs, ni l'Office ne sont outillés, dans les conditions actuelles, pour des interventions rapides, efficaces et peu coûteuses.

III-4 Références bibliographiques

- J. BOULAIN, 1978 : Cours d'hydrogéologie de l'ENGREF.
- M.DANIANE \$ K.GHAZZALI : note sur le suivi de l'évolution des sols irrigués au Gharb.
- O.LAHLOU \$ M.HAMDI 1989 : problématique du drainage au Gharb, séminaire international sur le drainage (Maroc).
- A. MADRANE et cts : les cycles de la canne à sucre au Maroc.
- Projet Sebou, 1965 : rapport de pédologie de la plaine du Gharb.
- SICOSES, 1973 : rapport de pédologie de la STI(Gharb)
- SOMET, 1969 : rapport de pédologie de la PTI(Gharb)



الشركة الشريفة للأسمدة والمواد الكيماوية
SOCIÉTÉ CHÉRIFIENNE D'ENGRAIS ET DE PRODUITS CHIMIQUES

Capital 17.200.000 DH
 Siège social : Km 6,500 - route des Zenata - CASABLANCA
 BP 281 - Tél. 25 880 M

50 ans au service de l'agriculture et de l'industrie

CASABLANCA Km 6,500 route des Zenata Tél. 24 6 83 24 39-52 24-71- 2	KENITRA Rue El Jahid Tél. 2813	FES Quartier Industriel Rue Miara Tél. 15-88	BERKANE Quartier Industriel Tél. 22-10	graines clause matériel agricole produits phytosanitaires 204, Bd. E Zola Casablanca Tél. 24-40-43	SOUK EL ARBAA DU GHARB petite vitesse ONCF Tél. (090) 24-59	SIDI SLEIMANE petite vitesse CNCF Tél. (060) 23-77	KSAR EL KEHIR petite vitesse (ONCF)
--	--------------------------------------	--	---	--	--	--	--

POUR L'AGRICULTURE

POUR L'INDUSTRIE



SECURITE : des produits de qualité...
CONTINUTE : que nous suivons
EFFICACITE : qui vous donneront satisfaction



Et tous les produits moulés en polystyrène expansé

MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DU FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX DE DRAINAGE ENTERRÉ

D. ZIMMER (1)

RÉSUMÉ

En France, l'évaluation des réseaux de drainage répond à des objectifs de diagnostic des causes de dysfonctionnement ou d'acquisition de références afin d'en améliorer la conception. Quel que soit l'objectif, cette évaluation suppose la détermination de la part respective de nombreux facteurs qui sont, soit contrôlables techniquement (conception, réalisation, entretien), soit non contrôlables (milieu physique et histoire de la parcelle).

La qualité de l'évaluation dépend des moyens d'investigation disponibles. Dans le cadre de programmes d'acquisition de références, trois types de méthodes d'évaluation ont été mises en place en France au cours de la dernière décennie : (1) les enquêtes-observations sur réseaux de drainage, mises en oeuvre dans le cadre de "Secteurs de Références" ; (2) les programmes régionaux spécifiques associant enquêtes et observations à des investigations et mesures portant sur des points particuliers ; (3) les expérimentations. Les objectifs et intérêts de ces différentes méthodes sont discutés.

MOTS CLÉS : drainage enterré, évaluation, conception des réseaux.

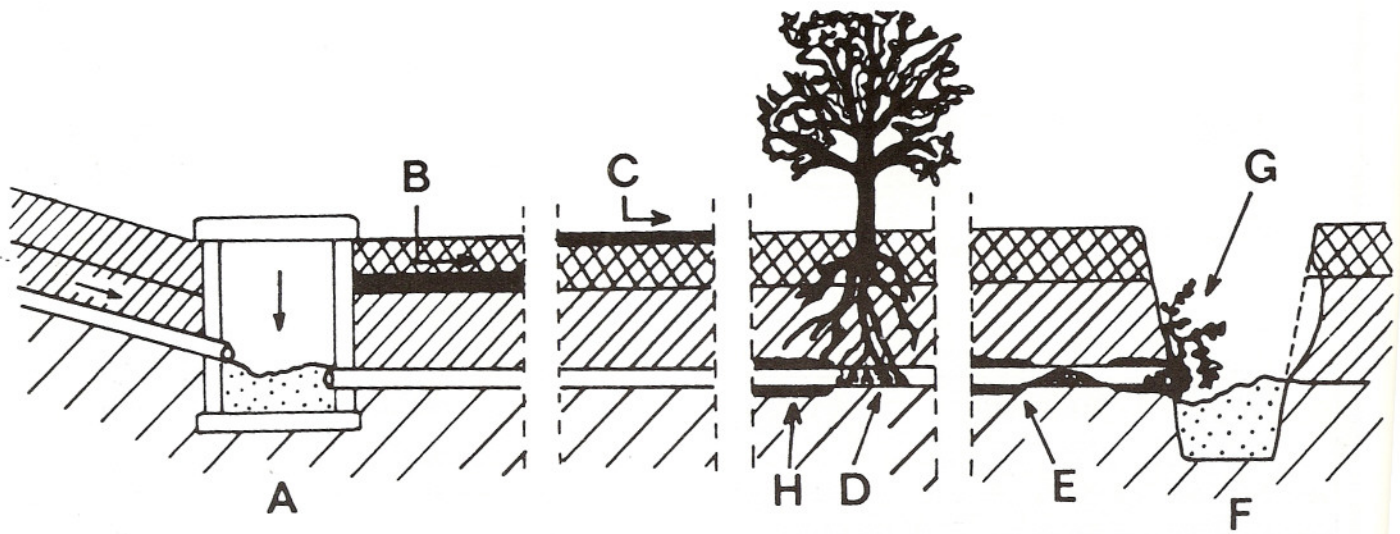
ABSTRACT

In France, the objectives of drainage system performance evaluation are twofold : (1) to determine malfunctioning causes so as to propose rehabilitation methods and (2) to collect references on the needs for drainage design improvement and/or the ways to achieve these improvements. In any case, these evaluations must take account of many aspects, some of them being under control (design, implementation conditions, maintenance), the others (soil, climate and field history) requiring thorough consideration during preliminary surveys.

The evaluation method and the quality of the results are related to the available means. In France, three types of evaluation programmes have been conducted during the past recent years : (1) system surveys using farmer inquiries and observations were carried out in the case of "Reference Area" programme ; (2) specific regional studies using system surveys and different types of measurements/investigations were launched to solve specific problems ; (3) field experiments have been installed. The objective, interests and limitations of these methods are discussed.

KEY WORDS : subsurface drainage, evaluation, drainage system design.

(1) CEMAGREF, Division Drainage Agricole, Parc de Tourvoie, B.P. 121, 92185 ANTONY Cedex, France.



**Figure 1 - Accidents possibles sur un réseau de drainage
Malfunctioning hazards in a subsurface drainage system
(FAVROT, 1980)**

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| A - Regard obstrué | A - Blocked inspection pit |
| B - Semelle de labour | B - Plough pan and compacted layer |
| C - Croûte de battance | C - Crusted surface |
| D - Colmatage racinaire | D - Root clogging |
| E - Colmatage minéral | E - Mineral clogging |
| F - Fossé comblé | F - Refilled ditch |
| G - Bouche de décharge mal entretenue | G - Outlet blocked by vegetation |
| H - Colmatage biochimique | H - Root clogging |

INTRODUCTION

En France, l'évaluation du fonctionnement des réseaux de drainage répond à deux types d'objectifs (FAVROT et ZIMMER, 1988) :

- diagnostic des causes de dysfonctionnement et propositions de réhabilitation de réseaux dont l'efficacité est devenue insuffisante ;
- acquisition de références dans le cadre de programmes de recherche-développement dans le but d'optimiser la conception de futurs réseaux.

Ces deux types d'objectifs relèvent de méthodes différentes. Cependant, dans tous les cas, l'évaluation suppose la détermination de la part respective de nombreux facteurs qui peuvent être classés en deux grands types : (1) des facteurs contrôlables techniquement : conception, mode et conditions de réalisation, entretien du réseau et mise en valeur agronomique ; et (2) des facteurs non contrôlables mais caractérisables dès la conception : type de sol, climat, topographie et histoire de la parcelle.

L'intervention de ces nombreux facteurs impose une analyse rigoureuse des réseaux de drainage et une bonne connaissance, à la fois théorique et pratique, de la manière dont agissent et interagissent ces facteurs. L'expérience développée ces dernières années en France montre que, quel que soit son objectif, le diagnostic doit conjuguer : (a) enquêtes auprès des agriculteurs, destinées à recueillir et à formaliser leur expérience, et (b) l'examen attentif du réseau suivant une démarche bien codifiée associant des compétences hydrauliques, agronomiques et pédologiques.

Cet article a pour but de présenter différentes méthodes développées et utilisées en France, les types de résultats obtenus et les conditions d'application de ces méthodes. Il abordera successivement les types de dysfonctionnements et les méthodes d'acquisition de références en matière de fonctionnement.

I- DIAGNOSTIC DES DYSFONCTIONNEMENTS

I-1 Rappel des causes de dysfonctionnement

Les problèmes générateurs de dysfonctionnement des réseaux de drainage peuvent survenir tout au long du trajet suivi par l'eau pour parvenir au drain, de la surface du sol jusqu'à l'exutoire du réseau (Figure 1). Les causes de dysfonctionnement correspondantes ainsi que les remèdes, tant curatifs que préventifs, sont présentés dans le tableau 1. Le classement proposé distingue quatre localisations possibles des défauts d'écoulement qui correspondent à quatre niveaux d'intervention et de responsabilité quant au bon fonctionnement du réseau de drainage.

* **La surface du sol et l'horizon labouré** sont du ressort de l'agriculteur, à qui il appartient de maintenir un état de surface non tassé ou exempt de croûte de surface.

* **Le sol** entre la base du labour et la périphérie du drain, doit être étudié par le pédologue.

* **La périphérie du drain** doit recevoir une attention particulière de la part du maître d'oeuvre, assisté du pédologue. Cette partie, où se concentre l'écoulement de l'eau, doit en effet être perméable et permettre, le cas échéant, de prévenir le colmatage du drain.

* **Le tuyau de drainage** et l'exutoire sont du ressort : (a) de l'entreprise responsable de la pose des tuyaux ; (b) du maître d'oeuvre à qui il revient de choisir le mode de pose et le type de tuyau et de contrôler la qualité de pose ; (c) de l'agriculteur à qui il revient de contrôler la propreté de la bouche de décharge du drain, et (d) du responsable de l'entretien des émissaires qui doit assurer la bonne évacuation de l'eau drainée.

Les défauts les plus faciles à détecter sont généralement ceux qui affectent des zones où l'écoulement peut être aisément observé, c'est à dire à la surface du sol ou après l'entrée de l'eau dans le drain. Pour les défauts liés au sol, il est important

d'avoir une idée précise du schéma d'écoulement de l'eau : ainsi, suivant les cas, la tranchée de drainage sera ou ne sera pas une zone sensible pour le fonctionnement du drainage.

I-2 Diagnostic et remèdes

Si le type d'accident est relativement simple à déterminer, son origine ne l'est généralement pas. Il est fréquent en effet d'observer plusieurs types d'accidents sur un même réseau. Un colmatage est fréquemment associé à une ou des contrepenes du drain ; un mauvais état de la périphérie du drain peut être associé à un exutoire envasé ou ennoyé pendant la saison humide.

Dans l'état actuel des connaissances, il n'existe pas de clé de détermination universelle des types d'accidents : le diagnostic relève donc de l'expertise, associée à une bonne connaissance des sols d'une région donnée. Deux règles peuvent être cependant énoncées.

1- Alors que l'eau s'écoule de l'amont vers l'aval, les problèmes se propagent de l'aval vers l'amont. La cause première d'un dysfonctionnement est à rechercher à l'aval du lieu de sa manifestation.

2- La connaissance des conditions d'apparition et du mode d'évolution dans l'espace et dans le temps des problèmes peut être déterminante pour le diagnostic. On peut schématiquement opposer les problèmes affectant d'emblée l'ensemble d'un réseau de drainage et ceux qui apparaissent de manière ponctuelle et qui se propagent progressivement. Dans le premier cas, on

recherchera la cause première à l'exutoire ou dans la nature du sol ou, en dernier lieu, dans les pratiques de l'agriculteur. Dans le second cas, la recherche devra privilégier la zone où les problèmes sont apparus.

Le diagnostic contribue à déterminer d'éventuelles responsabilités eu égard au dysfonctionnement, et, dans certains cas, de déterminer la méthode de réhabilitation (tableau 1). Une liste de l'ensemble des étapes et investigations possibles et souhaitables pour déterminer la méthode de réhabilitation est proposée par FAVROT et LESAFFRE (1987). Lorsque la totalité d'un réseau est atteinte, le remède consiste fréquemment à le refaire entièrement. Des réhabilitations sont toutefois possibles dans les cas suivants : (a) pour un défaut de type agronomique, le remède consistera à rétablir par des façons culturales la perméabilité de la partie superficielle du sol ; (b) pour du colmatage ferrugineux, un nettoyage sous pression pourra être tenté en cas de drainage direct (se jetant directement dans les fossés), et (c) lors d'une obturation de la bouche de décharge ou d'un ennoisement du collecteur, un entretien de ces ouvrages pourra être suffisant,

En tout état de cause, les remèdes les plus efficaces sont de nature préventive. Les meilleures garanties d'une efficacité pérenne sont une réalisation en bonnes conditions, un bon entretien du réseau et, bien sûr, une bonne maîtrise d'oeuvre. Celle-ci a besoin, pour être compétente, d'une bonne connaissance du milieu, et donc de références de bonne qualité.

Causes de mauvais fonctionnement d'un réseau de drainage	Nature des accidents correspondants	Remèdes	
		Curatifs	Préventifs
Défaut agronomique	Croûte de battance (écran de surface)	Façons culturales (labour)	- Amendements calcaires et organiques - Assolement adapté
	Tassement de surface par le piétinement des animaux		- Mise à l'herbe après ressuyage du sol
	Zone compactée (entre 20 et 50 cm de profondeur) par les engins de : - travail du sol ("semelle de labour") - récolte	Chiselage ou sous-solage (en sol sec)	Interventions culturales en sol ressuyé
	Gley de fond de labour	Façons culturales	

Défaut de connexion hydraulique entre surface du sol et drain	Compaction au sommet de la tranchée ("effet voûte")	Sous-solage (en sol sec)	Intervention(s) culturales en sol réssuyé portant
	Reprise en masse de la tranchée - gley de tranchée	Sous solage éventuel et/ou gypsage si la base de la tranchée est encore poreuse, sinon réfection du réseau (si gley sur drain)	Pose des drains en sol en sol réssuyé ("bonne" teneur en eau en surface et ou en profondeur de pose) Rebouchage immédiat après pose
	Disparition de la saignée de drainage et de la fissuration	Réfection du réseau	Pose en conditions sèches Parfois recours à des remblais poreux (sols plastiques)
	Parois de la tranchée lissées et/ou compactées		Changement périodique des chaînes de draineuses usées
	Matériau argileux très imperméable	Taupage et réfection de galeries gravillonnées	Choix de la technique du taupage
Défaut de pénétration de l'eau dans le drain	Drains non perforés ou perforations mal faites (opercules mal détachés) Accidents de fabrication	Réfection du réseau	Utilisation de matériaux de bonne qualité Vérifications avant chantier
	Colmatage externe : manchon terreux imperméable autour du drain	Réfection du réseau	Pose des drains et rebouchage des tranchées en sol ni trop sec, ni trop humide
	Obturation des perforations par un film ferritique	Essai de nettoyage des drains par jet d'eau sous pression, sinon réfection du réseau	Diagnostic initial (étude pédologique) des risques de colmatage ferritique et dispositions adaptées (drainage direct, gypsage)
	Matériau d'enrobage trop peu perméable	Réfection du réseau	Choix de matériaux de bonne qualité Vérifications avant chantier
	Matériau d'enrobage colmaté	Réfection du réseau	Choix de matériaux adaptés au sol ou autres dispositions constructives
Défaut d'écoulement dans les drains	Obstacles au débouché aval : - niveau de base de l'émissaire trop élevé - bouche de décharge obstruée	Curage des exutoires Nettoyage des bouches de décharge et clapets	Conception initiales avec exécutoires fonctionnels Entretien des exécutoires : (éviter la végétation arbusculaire sur les berges des fossés) Bon encrage des bouches de décharge (ou des drains dans les berges des fossés)
	Obstacles le long des drains : - regard en charge ou colmaté par un dépôt	Nettoyage des regards	Nettoyage régulier des regards de visites (curage après hiver) Surveillance périodique des regards de branchement (généralement enterrés)
	- écrasement-absence de drain (casse, manchon arraché)	Réfection des lignes de drains défectueuses	Surveillance des travaux
	Colmatage interne par dépôt minéral (sable limon ou argile), ferritique, biologique	Essai de nettoyage par jet d'eau sous pression, sinon réfection du réseau	Diagnostic initial des risques de colmatage Conception du projet adaptée
	Colmatage racinaire	Elimination manuelle des bouchons de racines	Précautions : éliminer la végétation dangereuse (saules, peupliers, prèles)
	Contrepente	Réfection	Surveillance des travaux : contrôle de pose

Tableau 1 : Différentes causes et formes d'accidents de fonctionnement de réseaux de drainage.

Précautions initiales et interventions curatives (d'après CESTRE, 1983, non publié)

II- ACQUISITION DE RÉFÉRENCES

La conception d'un réseau de drainage n'est pas une science exacte. La variété des facteurs du fonctionnement du drainage soulignée ci-dessus confère une grande importance à l'expérience acquise par les maîtres d'oeuvre et les réalisateurs dans une région ou un pays donné. De plus, même si l'ensemble de ces facteurs pouvaient être connus, l'incertitude sur les paramètres agronomiques laisserait encore une large possibilité de choix lors de la conception.

Au démarrage d'un programme de drainage, l'acquisition de références concernant le fonctionnement du drainage est donc nécessaire. Cette acquisition de références peut prendre plusieurs formes en fonction des moyens disponibles, de l'existence ou non de réseaux de drainage dans la région considérée et de l'urgence du besoin de connaissances opérationnelles. En France, trois voies d'acquisition de références ont été suivies au cours de la dernière décennie (tableau 2) : (1) des inventaires de problèmes existants ont été dressés au cours des opérations "Secteurs de références" (2) des programmes d'évaluation et de recherche d'améliorations ont été conduits dans

certaines régions présentant des problèmes spécifiques : (3) des expérimentations hydrauliques et agronomiques ont été mises en place. Nous allons examiner un exemple des objectifs et des méthodes mises en oeuvre dans chacun de ces cas.

II-1 Enquêtes sur réseaux de drainage

L'Opération Secteurs de Références en Drainage a été lancée en France au début des années 80 par le Ministère de l'Agriculture et l'Office National Interprofessionnel des Céréales (ONIC). Son objectif était de fournir à l'ensemble des professionnels du drainage des recommandations, des méthodes et des références pour accompagner la demande en drainage, fortement croissante à cette époque.

Les Secteurs de Références peuvent être définis comme des programmes d'études préalables intégrés au sein de petites régions naturelles (de 10.000 à 100.000 ha), permettant de prendre en compte l'ensemble des caractéristiques du milieu physique et humain jouant un rôle vis-à-vis du drainage : sol, climat, systèmes de cultures, types d'exploitations. Après stratification du milieu physique et des exploitations agricoles, seuls des échantillons représentatifs sont étudiés en détail.

Objectifs	Méthodes	Cadre	Applications
Inventaire des problèmes existants	enquêtes profils sur drains	secteurs de références	court terme
Recherche d'amélioration de la conception ou précision des problèmes en sols difficiles	enquêtes profils sur drains suivi extensif (ex. tensiométrie) et analyses	opérations régionales spécifiques	moyen terme
Détermination de paramètres relatifs à la conception ou comparaison de techniques	suivis hydraulique, agronomique et pédologique	recherche expérimentation	moyen et long terme

Tableau 2 : Différents modes d'acquisition des références sur le fonctionnement du drainage en France

Dans la mesure où des réseaux de drainage existent, un inventaire des problèmes posés par ces réseaux est réalisé. Cet inventaire associe une observation d'ensemble du réseau, une ouverture de profils sur drains et une enquête auprès de l'agriculteur. L'ensemble des facteurs du fonctionnement du drainage, tels qu'énoncés en introduction, sont donc pris en compte.

Les inventaires réalisés dans le cadre des Secteurs de Références ont permis de compléter l'étude pédologique réalisée, car ils font ressortir certains problèmes particuliers (risques de colmatages particuliers, ferriques ou bactériens, par exemple). La méthode a également mis fréquemment en évidence des défauts liés à une conception insuffisante du fait du manque d'expérience et de références des maîtres d'oeuvre des premiers réseaux.

Ce type d'inventaire présente un intérêt particulier dans des régions fortement drainées. En Lorraine, dans l'est de la France, une enquête a été réalisée auprès d'un échantillon représentatif d'agriculteurs de l'ensemble de la région (FENEAU et MARGUILLARD, 1987). Le fonctionnement du drainage dans cette région donne satisfaction dans au moins 95 % des cas, alors que le taux de retour de l'entreprise de pose sur la parcelle drainée pour correction de défauts ponctuels est compris entre 10 et 20 %. Malgré cela, plus d'une parcelle sur trois souffre de "mouillères ponctuelles". Une telle étude permet donc aux maîtres d'oeuvre de mieux cerner les points sur lesquels l'attention doit être portée, tout particulièrement lors des études préalables et lors de la réalisation.

II-2 Programmes régionaux spécifiques

Sont classés dans cette rubrique les programmes d'évaluation associant la démarche "enquête-profils sur drain" à des mesures et analyses. L'objectif n'est pas ici uniquement de dresser un inventaire, mais de déboucher sur des propositions concrètes relatives à la conception des réseaux de drainage. En pratique, ces programmes peuvent être mis en oeuvre pour déterminer les causes ou pour cerner l'ampleur d'un problème particulier. La démarche mise en oeuvre a fréquemment recours à des typologies (LAGACHERIE et

al., 1984 ; ZIMMER, 1990). Enfin ces programmes sont généralement complémentaires ou préalables à la mise en place d'expérimentations.

Un exemple est fourni par l'étude du fonctionnement des réseaux de drainage en sols argileux réalisée en Lorraine dans l'est de la France (ZIMMER, 1990). Vu la variété des sols argileux drainés de cette région, les maîtres d'oeuvre et maîtres d'ouvrage de cette région ont souhaité acquérir des références sur le fonctionnement du drainage leur permettant de conseiller aux agriculteurs le meilleur investissement possible. Le travail réalisé comprend trois volets.

1- Évaluation du fonctionnement des réseaux

Cette évaluation est réalisée, d'une part, par l'agriculteur au moyen d'appréciations de la qualité du ressuyage et des problèmes de portance rencontrés, d'autre part, par un expert au moyen d'une appréciation de l'état général du réseau. Certaines parcelles font l'objet de suivis tensiométriques, ce qui permet, par comparaison, d'objectiver les évaluations réalisées.

2- Recherche des facteurs explicatifs du fonctionnement

Les matériaux du sol sont décrits de manière très précise sur le terrain au moyen de fiches de description normalisées, et analysés en laboratoire ; leur minéralogie et leur propriétés d'hydratation et de gonflement-retrait sont également déterminées en laboratoire.

3- Propositions aux maîtres d'oeuvre et maîtres d'ouvrage

Chaque type de sol fait l'objet d'une fiche de recommandations.

D'un point de vue méthodologique, ce travail permet de mieux cerner les difficultés de l'évaluation et les moyens de les aborder. Le problème principal est celui de la subjectivité; des appréciations portées par l'agriculteur. Celles-ci sont en effet fonction à la fois du fonctionnement objectif de son drainage, mais également des attentes de l'agriculteur vis à vis de son drainage, elles-mêmes fonction des contraintes de temps de travail et d'excès d'eau auxquelles il fait face.

La méthode retenue consiste à classer les parcelles les unes par rapport aux autres en comparant, pour une même petite région naturelle, les temps de ressuyage annoncés par les agriculteurs (ARNAUDUC, 1982). En effet, au sein d'une même petite région naturelle, les jugements des agriculteurs sur les temps de ressuyage sont relativement comparables (RENAT et ZIMMER, 1988). De plus l'ordre de grandeur du temps de ressuyage a pu être confirmé par les mesures tensiométriques (ZIMMER, 1990) qui se sont révélées bien adaptées pour ce type d'évaluation.

Dans l'état actuel du travail, les sols argileux lorrains ont été répartis en trois classes de fonctionnement assorties de recommandations de recherche développement différentes : (1) ceux qui, drainés, ont un temps de ressuyage après la pluie inférieur à 2 jours ne posent pas de problème de drainage ; (2) ceux dont le temps de ressuyage est compris entre 2 et 5 jours ne posent pas de problème de drainage, mais doivent faire l'objet d'une recherche d'itinéraires techniques agronomiques adaptés ; (3) ceux dont le temps de ressuyage est supérieur à 5 jours posent des problèmes de drainage ; les sols de ce type ne devraient pas être drainés avant que soient déterminées par voie expérimentale les techniques de drainage adaptées.

II-3 Expérimentation

L'expérimentation est la méthode la plus lourde d'évaluation du fonctionnement du drainage. Aussi sa mise en place doit être précédée par l'une ou l'autre des démarches décrites ci-dessus car il importe que la formulation du problème à résoudre soit aussi précise que possible.

Les objectifs des expérimentations visant à évaluer le fonctionnement du drainage peuvent être de trois types : (a) détermination d'une technique de drainage adaptée à un sol ou un contexte donné ; (b) évaluation de la pérennité du réseau ; (c) définition de paramètres de conception des réseaux, tels que, par exemple, la profondeur de rabattement souhaitable de la nappe. Le premier cas relève de recherche à moyen terme mettant en oeuvre des essais comparatifs. Les second et troisième relèvent de recherche à long terme, et mettent de plus en

plus fréquemment en oeuvre des techniques de modélisation et de simulation.

Les protocoles expérimentaux destinés à évaluer le fonctionnement du drainage comportent des suivis de types hydraulique, agronomique et pédologique. Les contraintes spécifiques de l'expérimentation en drainage agricole et les différentes mesures possibles sont nombreuses (CEMAGREF-CPN, 1984). Le choix du type de suivi dépend, d'une part, des objectifs de l'expérimentation et, d'autre part, de l'objectif assigné au drainage : accroissement du nombre de jours travaillables ; amélioration de l'aération du sol, ou diminution de la salinité du sol.

L'évaluation basée sur les rendements des cultures présente de nombreuses difficultés. Bien qu'étant en quelque sorte la sanction ultime traduisant la qualité de fonctionnement du drainage, ces mesures sont délicates à interpréter sur un réseau expérimental car : (a) d'autres facteurs que l'excès d'eau peuvent limiter le développement des cultures ; (b) les contraintes de l'expérimentation tendent souvent à homogénéiser le comportement de l'agriculteur. Sur une expérimentation, l'évaluation de l'efficacité agronomique du drainage passe par la mesure des composantes de rendement qui permettent de préciser, si, au cours de ses périodes de fonctionnement, le drainage a joué un rôle positif sur le développement des cultures.

De manière générale, dans un système de culture comprenant une rotation, la variabilité du climat impose un suivi de très longue durée pour que les avantages procurés par le drainage pour une culture donnée puissent être chiffrés de manière précise. Le suivi agronomique doit donc être, dans la mesure du possible, accompagné d'un suivi hydraulique.

III- CONCLUSIONS

L'évaluation du fonctionnement des réseaux de drainage est la démarche indispensable à la valorisation de l'expérience des maîtres d'oeuvre et à l'identification des questions non résolues qui doivent faire l'objet de recherches. C'est aussi, plus prosaïquement, la première étape du travail de

l'expert appelé à connaître d'un contentieux juridique.

Dans un pays comme la France, l'évaluation du fonctionnement du drainage est une préoccupation d'actualité. De nombreux réseaux ont été installés au cours de la décennie 80 et il importe de suivre l'évolution de leurs performances. Par ailleurs, d'importantes superficies restent à drainer et, dans la situation économique actuelle, il importe de pouvoir donner aux agriculteurs des garanties de

bon fonctionnement de leur réseau de drainage et de les aider à ne drainer que les terres qui répondront de manière satisfaisante l'amélioration hydraulique.

Les différentes méthodes présentées requièrent toutes des moyens relativement lourds dès lors que l'on souhaite des résultats opérationnels. Il importe donc de bien identifier le problème posé, puis de choisir la bonne méthode ou la bonne combinaison de méthodes d'évaluation.

IV- RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARNAUDUC J.P., 1982 - Contribution au recueil de références pour le drainage dans la petite région naturelle de Fleurance-du-Gers. Mémoire de fin d'études, ENSA Toulouse, 54p.

CEMAGREF, Comité de Pilotage National (CPN), 1984 - L'expérimentation en drainage agricole. Etudes du CEMAGREF, 511, 95p.

FAVROT J.C., LESAFFRE B., 1987 - Défauts de fonctionnement et réhabilitation de réseaux de drainage souterrain. Actes du 13e congrès de la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage, Casablanca, Q40, R65, 993-1010.

FAVROT J.C., ZIMMER D., 1988 - Recherches sur l'évaluation du fonctionnement des réseaux de drainage par l'association d'enquêtes auprès d'agriculteurs et d'examen de profils sur drains. Actes du séminaire "Drenowanie gleb cieżkich - drainage des sols lourds", Elblag Pologne. Edition INRA, IMUZ, BIPROMEL, 43-53.

FENEAU J., MARGUILLARD C., 1987 - Etude statistique du dysfonctionnement des réseaux de drainage en Lorraine. SRAE Lorraine, ARHA, RNED Hydraulique Agricole, 88p. + annexes.

LAGACHERIE P., BOUZIGUES R., VAQUIE P.F., 1984 - Efficacité et pérennité des réseaux de drainage en sols argileux halomorphes (solonchaks sodiques) du littoral languedocien (France). Bilan de vingt années d'irrigation-drainage. Actes du 12e congrès de la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage, Fort Collins, Q.39, R.4, 45-54.

RENAT J.C., ZIMMER D., 1988 - Evaluation de réseaux de drainage en sols lourds lorrains. CEMAGREF, Division Drainage, 11p.

ZIMMER D., 1990 - Evaluation de la qualité du fonctionnement des réseaux de drainage. Application aux sols argileux de Lorraine. AIP Maîtrise des Excès d'Eau, CEMAGREF-INRA, Etudes du CEMAGREF, Série Hydraulique Agricole (à paraître).

TECHNOLOGIE DE DRAINAGE

L'UTILISATION DU LASER DANS LA POSE MÉCANIQUE DES DRAINS : CAS DE LA MITIDJA OUEST (ALGÉRIE)

Par A. OUCHEFOUNE (1)

R É S U M É

L'installation d'un système de drainage a pour résultat de modifier le processus hydrologique des nappes superficielles en accélérant leur rabattement, il en résulte une modification de l'état du système eau, sol, plante et notamment une modification des conditions d'aération et d'alimentation en eau dans la zone des racines.

Pour atteindre ce résultat, une technologie de drainage très appropriée s'impose, basée sur des normes technique, économique et agro-économique.

La pose mécanique des drains ne cesse de se développer durant ces dernières décennies avec une gamme variée d'outils de pose. Parmi les plus répandus sont :

- draineuse - trancheuse,
- draineuse - sous soleuse.

Cette pose s'est améliorée avec les systèmes de guidage en passant par les nivelettes, le radioguidage, le laser ligne et le laser rotatif.

Cette technique de pose s'est avérée rentable quand elle est maîtrisée.

Dans cette communication seront présentés :

- le principe de fonctionnement de l'outil de pose et du système de guidage utilisé en Mitidja Ouest,
- les matériaux de drainage,
- les difficultés rencontrées,
- le coût de réalisation,
- La situation actuelle du réseau de drainage.

A B S T R A C T

Setting up a drainage system provokes the modification of the hydrological process of superficial water tables by accelerating their lowering. This results in a change of water-soil-plant system and especially a change of aeration and water-feeding conditions in the roots zones.

To achieve this result a drainage technology very-well adapted and based on technical economical and agro-economical standards is needed.

The mechanical laying of drains has known a continuous development during the last decades with a variety of laying tools. Some of the most widely spread are :

- ditch-drainage
- mole-drainage

This laying improved with guidance systems as leveling-rods, radio-guidance, line or rotative laser which proved to be profitable when the technique is mastered.

In this communication, the following points will be presented :

- Functioning principle of laying tool and guidance system used in West Mitidja.
- Drainage materials.
- Difficulties encountered.
- Realization cost.
- Present situation of the drainage network.

(1) Ingénieur agronome (A.G.I.D) Algérie

I- INTRODUCTION

L'installation d'un système de drainage a pour résultat direct de modifier le processus hydrologique des nappes superficielles en accélérant leur rabattement, il en résulte une modification de l'état du système eau, sol, plante et notamment une modification des conditions d'aération et d'alimentation en eau de la zone des racines.

Pour atteindre ce résultat, une technologie de drainage très appropriée; s'impose, basée sur des normes techniques, économique et agronomique rentables.

Les techniques de drainage en passant par la pose manuelle à la pose mécanique semble avoir le même résultat. Mais à l'heure actuelle où le progrès technologique ne cesse de se développer, le choix de la technique de drainage doit être fondé sur l'analyse des deux aspects technique et économique.

La technologie de drainage ne peut être efficace qu'à travers des essais expérimentaux et des suivis technico-économiques appropriés répondant à des protocoles soigneusement fixés d'observations et de mesures bien talonnées basés sur :

- l'étude suivie du comportement hydrique des sols drainés et la vérification des modèles théoriques prévisionnels des normes de drainage,
- l'étude de l'incidence hydrologique du drainage sur le régime des écoulements des nappes superficielles et la qualité des eaux,
- l'étude de relations du drainage et du travail de sol, de la fertilisation, des assolements et des aptitudes culturales,
- les techniques associées,
- le choix de la machine à drainer,
- les risques de colmatage et l'efficacité des filtres et enrobages,
- les performances agro-économiques du drainage.

II- MITIDJA OUEST (ALGÉRIE)

La zone de drainage est située au Nord de l'Algérie à l'ouest d'Alger à une distance de 50km.

Elle se présente comme une dépression servant de cuvette d'eaux de crues ; la superficie a été estimée à 600 ha environ.

Les caractéristiques pédologiques sont hétérogènes dans le profil.

Les sols sont constitués généralement d'alluvions anciennes, caractérisés par des horizons superficiels vertiques, de couleur gris, noirs, imperméables et par un ou deux horizons profonds clacimorphes à concrétions, de couleur bruns, jaunâtres plus perméables à partir de 100 cm de profondeur. La texture du sol est fortement argileuse dans les horizons superficiels (plus de 40% d'argiles gonflantes).

La conductivité hydraulique (K) semble être assez faible dans les horizons superficiels (10 - 15 cm/jour), ce qui explique la stagnation des eaux durant les saisons pluvieuses, et assez forte dans les horizons de profondeur (150 - 200 cm/ jour).

La présence de cette texture fortement argileuse, composée d'argiles gonflantes dans les horizons superficiels qui confèrent aux sols des propriétés caractéristiques : porosité très faible, consistance et cohésion élevées, structures défavorables très développées à larges fentes de retrait en été.

Dans l'ensemble de la zone ; on note la présence d'une nappe à des profondeurs allant de 8. à 150 cm. Les faits observés semblent indiquer qu'il existe sur la majorité de la superficie de la zone à drainer, une nappe phréatique. C'est une nappe perchée, alimentée par des eaux de pluie qui provoquent la saturation maximale des sols durant les saisons pluvieuses.

Le climat est caractérisé par un été chaud où la température dépasse parfois les 35°C et un hiver pluvieux dont la pluviométrie annuelle moyenne est comprise entre 500 mm et 600 mm.

II-1 Technique de drainage préconisée

Il apparaît que dans les sols lourds (argileux) la dynamique de l'eau est particulière et essentiellement superficielle. C'est pourquoi les techniques et les formules classiques du drainage ne sont applicables actuellement qu'avec beaucoup de réserves.

En effet, dans l'évacuation d'une pluie, il est difficile d'estimer le rapport de la circulation superficielle à la circulation par la masse du sol. D'après l'étude, la technique de drainage retenue est celle des drains enterrés.

Cette technique semble avantageuse par rapport à celle de surface (exparados), par le fait qu'elle est moins encombrante (peu de fossés collecteurs) et peu onéreuse d'une part et d'autre part très usitée dans les sols peu perméables selon l'expérience des pays tels que Espagne, Portugal, Grèce, Yougoslavie etc...

Le dimensionnement du réseau de drainage a été élaboré d'après un régime de drainage permanent et les écartements de drains d'après la formule de HOOGHOUTD (1940).

Les hypothèses de calcul qui ont été adoptées pour appliquer cette formule sont :

* Les profondeurs des drains et de l'imperméable :

- Profondeur des drains : 1,2 m,
- Profondeur de l'imperméable : 2,50 m.

* Epaisseur de la tranche supérieure du sol à assainir pour la majorité des plantes cultivées dans cette zone, l'épaisseur nécessaire et suffisante du franc du culture est de 0,40 m.

* Le débit caractéristique :

$$Q_c = \frac{(1-e) I \cdot 100}{36 \cdot 0} : \text{I/S/ha}$$

1 - e : coefficient d'écoulement

I : Pluie critique (mm)

0 : durée de submersion admissible (heures)

* Le débit caractéristique calculé

1 - e = 0,45 O = 72 heures

I = 86 mm Qe = 1,49 I/S/ha

* Ecartement calculé d'après les hypothèses énumérées ci-dessus :

E = 28 mètres.

II-2 Le matériel de drainage

● L'outil de pose

L'outil de pose des drains doit répondre à 2 critères :

- régularité de pose (pente régulière),
- création d'un "effet tranchée" ; création au droit du drain d'un brassage de sol qui confère à celui-ci une perméabilité importante tant verticalement (depuis la surface) que radialement (dans le voisinage immédiat du tube).

Pour MITIDJA OUEST, la pose des drains a été réalisée avec une draineuse trancheuse à chaîne semi verticale, type VERMEER d'une puissance de 120 CV, travaillant jusqu'à 2,50 m de profondeur, équipée d'un mât télescopique (récepteur du LASER fig 1)

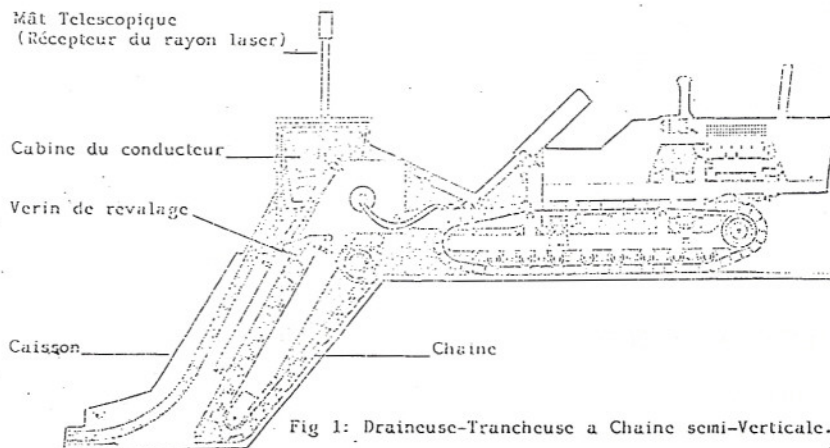


Fig 1: Draineuse-Trancheuse a Chaîne semi-Verticale.

● Système de guidage

La qualité de pose de drains et des collecteurs conditionne la longévité des réseaux.

Il convient d'apporter un soin tout particulier au système de réglage de profondeur, au profilage du fond de la tranchée et au mode de pose des tuyaux et des filtres.

Il est nécessaire, dans ces conditions, de disposer d'un système de référence installé et réglé avant la mise en place du drain.

Historiquement se sont succédés :

- les nivelettes,
- le radioguidage
- le laser ligne
- le laser rotatif.

L'évolution des modes de guidage s'est donc faite dans le

- d'une mise en place plus légère,
- d'un suivi moins contraignant,
- d'un temps de réponse réduit au minimum.

La mise au point du LASER - ROTATIF a éliminé les majeurs inconvénients des modes de guidage.

Le guidage de l'outil de pose dans la MITIDJA OUEST a été réalisé par le LASER ROTATIF type SPECTRA - physics LASERPLANE (fig.2).

● Le laser rotatif

Le système complet comporte 3 organes principaux :

- l'émetteur
- le récepteur
- le boîtier de contrôle (draineuse)
- la mire sonore.

● L'émetteur

Il émet le rayon laser et lui donne son mouvement de balayage. Il est inclinable sur son trepied, ce qui permet de donner au plan de référence définie par le rayon :

- soit une position horizontale,
- soit une inclinaison suivant la pente moyenne des drains,
- soit une inclinaison suivant à la fois la pente moyenne des drains et la pente moyenne du terrain transversalement au drains.

● Le récepteur

Il s'agit d'un mât télescopique équipé de rayon LASER monté sur la draineuse à l'aplomb de l'organe à creuser. Il commande directement les vérins de relevage de cet outil et leur transmet les ordres nécessaires pour se maintenir en permanence dans le plan du rayon de l'émetteur rotatif.

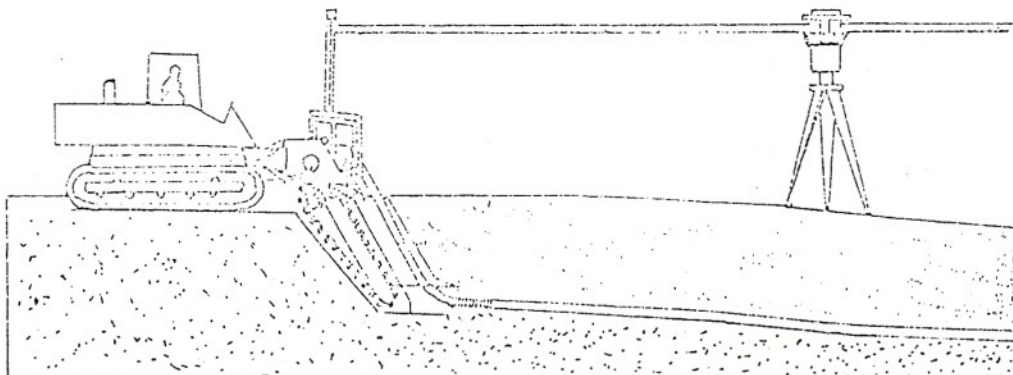


Fig. 2 Guidage par laser rotatif de l'outil de pose.

Dans ces conditions, on suit au cours de l'avancement de la draineuse une ligne indépendante du terrain et imposée avec précision par le plan de référence.

● **Le boîtier de contrôle**

Il permet au conducteur :

D'une part, d'être renseigné par un jeu de lampes sur la position de son outil par rapport au plan de référence, une lampe verte indique la position correcte, deux lampes oranges prévenant des variations vers le haut et vers le bas (sous profondeur et sur-profondeur des drains. D'autre part, d'imposer à la machine une pente de travail faisant avec l'angle de référence un angle donné.

Pour cela, un compteur métrique entraîné par le défilement du drain fait varier la hauteur du mât télescopique sur lequel est monté le récepteur, le sens et l'importance de cette variation sont affichés par le conducteur sur son tableau de commande.

- Utilisation du Laser rotatif dans la pose des drains

Le mode d'utilisation diffère, selon la topographie du terrain à drainer.

● **Mise en station de l'émetteur**

Cette opération comporte 3 phases successives :

- le choix du lieu d'implantation,
- l'orientation de l'appareil,
- l'affichage de la pente.

a- L'émetteur doit être implanté dans un lieu qui permet la couverture efficace de la plus vaste zone possible de travail, pour réduire le nombre éventuel de déplacement.

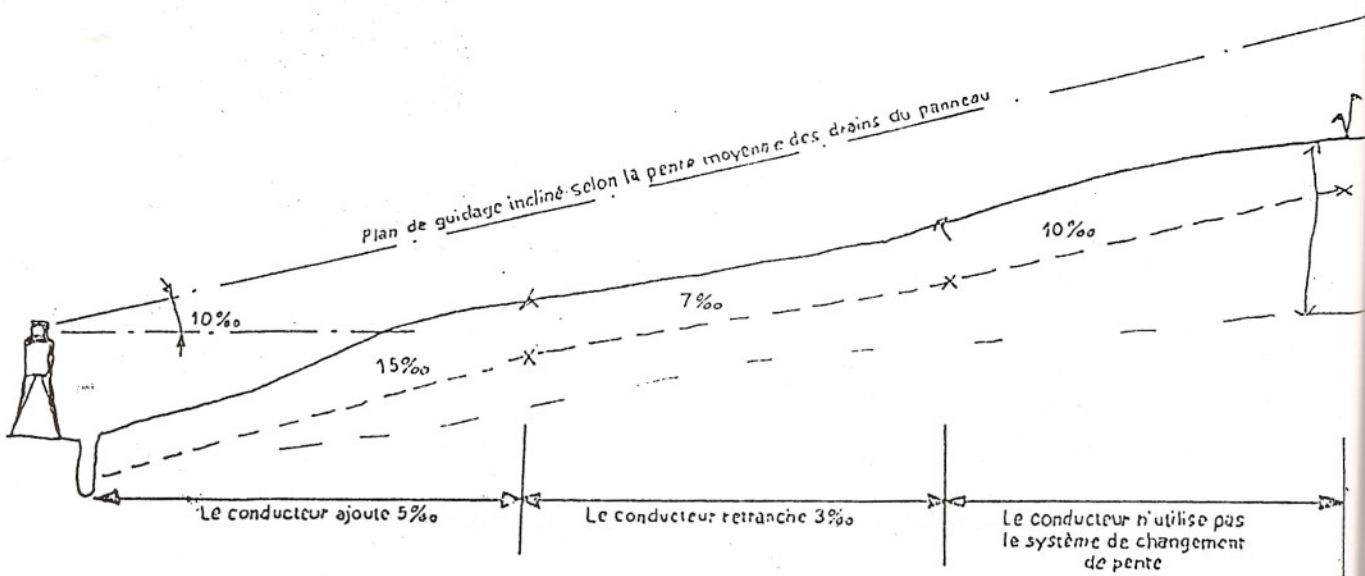
En terrain régulier, la station la plus centrale permet d'effectuer le maximum de travail en restant à distance raisonnable de l'émetteur.

En terrain valonné, la zone efficacement couverte par une station est limitée par des ruptures de pente très abruptes.

Le fait de choisir, le point de plusieurs panneaux permet de les traiter par simple orientation de l'émetteur, il faut tenir compte également des repères disponibles par l'alignement de l'émetteur sur les diverses directions de drains.

b- L'orientation de l'émetteur

D'une façon générale, un affichage de pente agit sur une direction déterminée du plan de guidage signalé sur l'émetteur lui même par un repère précis. Seule la concordance exacte de cette "direction d'action de l'affichage" avec la direction de travail de la draineuse assure une pente de guidage rigoureusement égale à la pente affichée.



c- Affichage de la pente

Généralement, on attribue au plan de guidage, dans la direction de travail une pente égale à la valeur moyenne des pentes des drains du panneau. Les écarts entre cette pente moyenne et la pente réelle de chaque tronçon sont compensés par l'utilisation du système de changement de pente.

● Conduite de la draineuse

L'outil de pose étant placé au départ de la ligne à la côte prévue le conducteur agit manuellement sur la commande du mat télescopique pour capter le rayon. Le récepteur une fois centré sur le plan de guidage (lampe verte allumée), il enclenche le contrôle automatique, et fait avancer la machine.

Le conducteur lui reste alors à surveiller la profondeur de pose en fonction des limites qui lui ont été imposées, et à programmer les changements éventuels de pente permettant de réaliser un profil le plus régulier possible sans sur profondeur ni sous profondeur.

II-3 Matériaux de drainage

1- Drains

Actuellement les drains sont en quasi totalité en PVC annelés de diamètre \varnothing 60mm. Les perforations sont disposées suivant les génératrices du tuyau, au fond des gorges, de dimensions 5 mm de longueur et 1 mm de largeur, occupant 600 fentes/ml.

Les propriétés mécaniques telles que force d'enracinement, de flexion, de traction de drains semblent compatibles avec les sols lourds.

2- Matériaux d'enrobage (filtre)

On désigne par "filtre" soit des matériaux enrobant déjà les tuyaux avant la pose, soit des matériaux remblayant le fond des tranchées et couvrant les drains.

Souvent on utilise comme filtre dans les sols argileux des remblais constitués essentiellement par du gravier et dans certains cas du type mélangé à la terre de remblai surtout pour les sols compacts.

● L'intérêt des matériaux d'enrobage

En plus de leur effet anti colmatage ; les matériaux d'enrobage améliorent la conductivité hydraulique du sol autour du drain et diminuent la perte de charge d'entrée de l'eau dans ce tuyau. Leur emploi devrait donc permettre dans certains cas d'obtenir un même effet de rabattement de nappe avec un plus grand écartement.

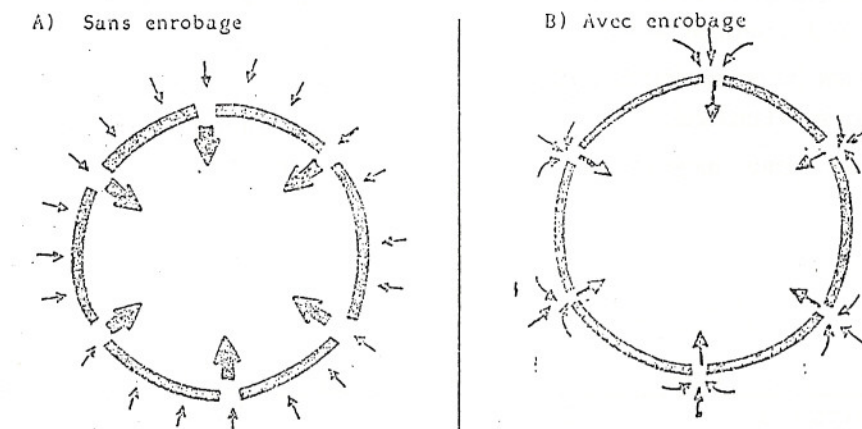
a- Diminution du débit, augmentation de la perte de charge d'entrée de l'eau dans le tuyau.

- Surface de pénétration très petite.

b- Augmentation très importante du débit, diminution de la perte de charge d'entrée de l'eau dans le tuyau.

- Surface de pénétration plus grande.

Cheminement de l'eau vers un drain



En MITIDJA OUEST, le matériau d'enrobage utilisé était composé de sable et de gravier criblé à 5 cm de diamètre, réparti dans la tranchée au-dessus des drains par une couche de 20 cm.

II-4 Exécution des travaux (MITIDJA OUEST)

Les travaux de pose des drains ont été réalisés par une draineuse trancheuse TYPE VERMEER 600D, puissance 120 CV, travaillant jusqu'à 2,50 mètres de profondeur, guidée par le LASER rotatif type LASER PLANE - SPECTRA - PHYSICS.

A- L'organigramme de pose

- 1- implantation et levée topographique du drain,
- 2- détermination de la pente de travail (pt)
- 3- implantation du LASER PLANE (Emetteur)
- 4- Orientation de l'émetteur
- 5- affichage de la pente de travail (pt).
- 6- positionnement de l'organe de pose au point de départ,
- 7- réception du rayon LASER (récepteur),
- 8- démarrage de pose
- 9- mise en place du filtre
- 10- remblaiement.

B- Détermination de la pente de travail

En pose mécanique guidée par LASER ROTATIF trois cas se présentent surtout en terrain vallonné :

- le changement de pente doit être opéré par le conducteur de l'outil de pose,
- le changement de pente doit être effectué par affichage sur l'émetteur,
- fixation d'une pente moyenne de travail (pt).

Le premier cas : il nécessite une vigilance de la part du conducteur pour éviter d'éventuelles sur-profondeurs et sous profondeurs en raison des changements de pente trop fréquents.

Le deuxième cas : chaque changement de pente, réglage et affichage de nouvelle pente à l'émetteur, ce travail est parfois pénible, l'outil de pose doit s'arrêter, réglage du mât télescopique (réception du rayon émis, dicté par le changement de pente).

Le troisième cas : la détermination de la pente moyenne de travail (pt) qui sera affichée définitivement sur l'émetteur dont elle facilite la tâche au conducteur de la draineuse, cette méthode a été utilisée en MITIDJA-OUEST.

Le principe est basé sur la détermination d'une pente moyenne de travail (Pt) de - façon à éviter d'éventuelles sur profondeurs et sous profondeurs en dehors du minimum et du maximum de profondeur admissibles du drain.

Le profil du drain est représenté par différentes côtes et les distances qui les parcourent.

On détermine la pente de chaque tronçon :

$$Pc1 = x1 / d1 : \text{pente calculée de tronçon 1.}$$

$$x1 = \text{distance entre C1 - C2}$$

$$d1 = \text{distance entre C1 et C2}$$

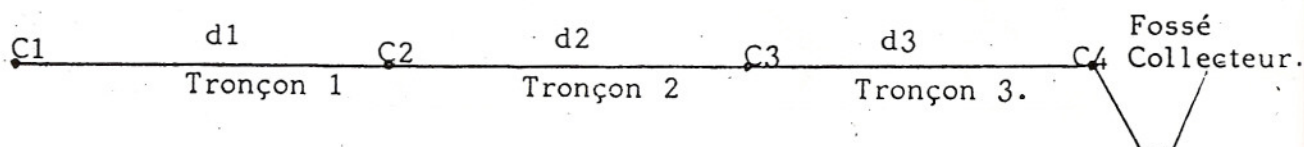
La profondeur normale du drain doit être comprise entre les profondeurs minimale et maximale.

Le choix de la pente de travail.

$$1er \text{ cas } Pt < pc \quad Pt = \text{pente de travail}$$

$$2ème \text{ cas } Pt > pc \quad Pc = \text{pente calculée}$$

1er cas : $Pt < Pc$, la surprofondeur est exprimée par $x_t = (Pc - Pt).d$ qui sera ajoutée à la profondeur du terrain déjà fixée au départ sans que la profondeur maximale du drain soit dépassée.



2ème cas : $P_t > P_c$, la sous profondeur est exprimée par $x_t = (P_t - P_c) \cdot d$ qui sera retranchée de la profondeur du drain déjà fixée au départ sans pour autant diminuer la profondeur minimale.

Cette pente de travail (P_t) doit être recherchée de façon à maintenir la pose du drain dans la profondeur comprise entre le minimum et le maximum admissibles de profondeurs de drain.

En terrain trop accidenté, cette méthode n'est plus valable, le changement de pente doit être effectué par affichage de nouvelles pentes sur l'émetteur (2ème cas).

Exemple : Drain réalisé : MITIDJA OUEST.

$C_1 = 100,8$ $d_1 = 61,0m$ 1- Tronçon 1

$C_2 = 100,67$ $d_2 = 264,0m$ 2- Tronçon 2

$C_3 = 100,56$ $d_3 = 94,50m$ 3- Tronçon 3

$P_{c1} = 2,2\%$.

$P_{c2} = 0,4\%$. P_t choisie = 2% .

$P_{c3} = 5,0\%$.

Tronçon 3

$$P_t < P_{c3} \quad x_t = (P_{c3} - P_t) d_3$$

$$= (0,005 - 0,002) 94,50 \quad x_t$$

$$= 0,283 \text{ m}$$

Le drain au départ du fossé a une profondeur de 1,20 m, au tronçon n° 2, il aura une profondeur de :

$$1,20 + 0,283 = 1,483 \text{ m}$$

Tronçon 2

$$P_t < P_{c2}, \quad x_t = (P_t - P_{c2}) d_2$$

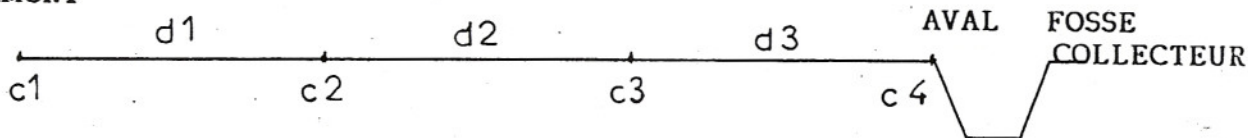
$$= (0,002 - 0,0004) 264 \quad x_t$$

$$= 0,422 \text{ m}$$

A partir du tronçon 2 et vers l'amont, le drain aura une profondeur de $1,483 - 0,422 = 1,061 \text{ m}$.

Exemple : Drain réalisé : MITIDJA OUEST.

AMONT



Tronçon 1

$$P_t < P_{c1}, \quad x_t = (P_c - P_t) d_1$$

$$= (0,0022 - 0,002) 61,0 \quad x_t$$

$$= 0,012 \text{ m}$$

Du tronçon 1, toujours vers l'amont, le drain aura une profondeur de : $1,061 + 0,012 = 1,073 \text{ m}$

Le drain aura successivement 3 profondeurs différentes à pentes régulières comprises entre le minimum et le maximum de profondeurs du drain.

Profondeur minimale du drain : 1,00 m

Profondeur maximale de drain : 1,80 m

Profondeur moyenne du drain : 1,20 m

II-5 Contrôle pendant la pose

1- piquetage

La pente de guidage imposée par le LASER rotatif n'est la même, pour deux drains successifs, que si leurs directions sont parallèles.

Le parallélisme adéquat du piquetage est donc la première condition nécessaire à un emploi correct de ce mode de guidage.

L'emploi d'une boussole permet de façon très simple de vérifier le parallélisme des lignes extrêmes.

2- Etalonnage de l'émetteur

Le contrôle direct de la pente du plan de guidage dans la direction de travail est une opération compliquée, nécessitant l'emploi simultané d'une mire sonore et d'un niveau optique.

L'orientation successive de l'émetteur vers les quatre points cardinaux permet d'effectuer ce contrôle avec le récepteur de l'outil de pose, qui doit retrouver à chaque fois le rayon à la même altitude.

3- Mise en station de l'émetteur :

L'émetteur doit donner au polan de guidage la pente voulue dans la direction de travail prévue : en dehors de l'étalonnage de l'appareil, deux éléments interviennent, l'orientation de l'émetteur et l'affichage de pente.

La valeur de la pente affichée peut être directement contrôlée sur l'émetteur, la précision de l'orientation exigeant par ailleurs de disposer de repères précis :

- Soit une jalonnette préalablement implantée le plus loin possible dans la direction choisie,
- soit tout simplement une boussole.

4- Profondeur de pose

Il est impérativement conseillé au réalisateur d'équiper sa machine d'un système simple et précis de contrôle de la profondeur de pose.

La méthode la plus simple et la plus fiable consiste à fixer à l'arrière du caisson de pose une chaînette ou ficelle lestée, visible du conducteur et qui effleure le sol à la profondeur de pose minimum : 100 cm par exemple (Fig 3).

En aucun cas, la chaînette ne devra décoller du sol. Par contre, les suprofondeurs pourront être

estimées à partir du nombre de maillons trainant le sol.

5- Stabilité de l'outil de pose

Le conducteur doit disposer d'une nivelle de contrôle visible fixée sur l'outil de pose pour contrôler la qualité de pose.

En l'absence de cet équipement, un niveau de maçon qui sera peut indiquer au conducteur fixé sur le côté de l'outil de pose, la stabilité de l'outil de pose.

Des allées retours fréquents de la bulle d'avant en arrière signaleront une instabilité permanente de l'outil, conduisant à une qualité de pose médiocre.

6- Régularité de pose

Le contrôle suivant est le plus complet qui puisse être effectué sans que l'outil de pose s'arrête. Il consiste à fixer à l'arrière du caisson de pose un segment de mire de nivellement, que l'on suit à la lunette pendant toute la ligne.

La différence de lecture entre le départ et l'arrivée indique la dénivelée globale du drain, et donc sa pente, tandis que le suivi continu permet de contrôler la régularité avec laquelle l'outil de pose suit le guidage.

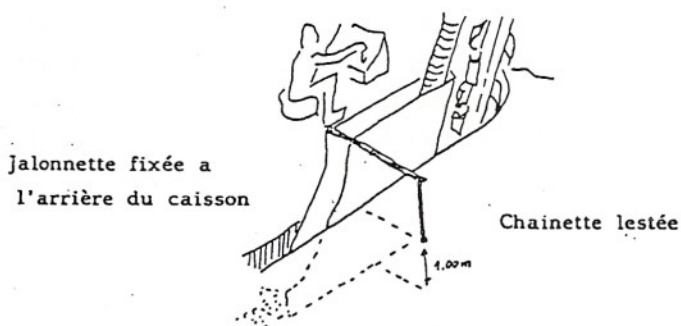
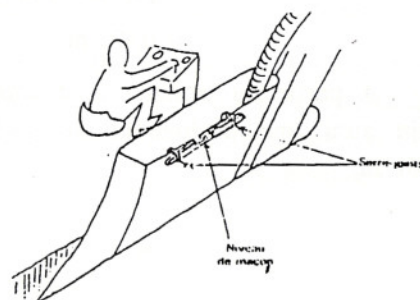


Fig 3 : Contrôle de la profondeur de pose



II-6- Les difficultés rencontrées

La pose mécanique de drains a été améliorée par le système de guidage (LASER-rotatif). Le rendement moyen de l'outil de pose (draineuse-trancheuse) est de l'ordre de 2000 ml/jour (MITIDJA OUEST). Ce rendement est tributaire des :

- caractéristiques de l'outil de pose,
- système de guidage,
- connaissances du conducteur,
- nature et topographie du terrain à drainer,
- conditions de travail.

La pose mécanique en mode manuel et en mode automatique sont les principales difficultés rencontrées dans la pose des drains en MITIDJA-OUEST.

Le manque d'expérience du conducteur de l'outil de pose a été souvent à l'origine de l'irrégularité de pose.

EN MODE AUTOMATIQUE

Un sélecteur de fonctions "Auto-Manuel" permet de raccorder directement le tableau de commande (boîtier de contrôle) à la servovalve de réglage de la pression de transfert de poings dans les vérins de relevage. Cette pression de transfert de traction trop importante, et l'huile du système hydraulique sera alors soumise à un laminage intensif qui l'amènera rapidement à une température excessive (chauffement). Ce cas s'est produit à plusieurs reprises en MITIDJA OUEST.

EN MODE MANUEL

Le conducteur agit trop tardivement lorsque l'outil de pose passe d'un terrain dur à un terrain mou et l'inverse, pour régler l'angle d'attaque.

- la pose est très difficile en terre humide surtout avec une draineuse trancheuse (lissage des parois),
- les vibrations sonores de l'outil de pose, sont difficiles
- en terrain rocheux, la draineuse - trancheuse est à déconseiller (cas observé en MITIDJA OUEST),

- les draineuses trancheuses sont équipées d'une trémie pour la mise en place du matériau d'enrobage (sables, pierres concassées),
- en MITIDJA OUEST, l'opération de mise en place du filtre autour des drains a été difficile surtout en cas d'éboulement de la tranchée,
- le contrôle de la régularité de pose a été réalisé à chaque pose de drain (nécessité d'une équipe topographique sur place).
- l'existence d'un réseau de drainage ancien a perturbé des travaux,
- durant les saisons pluvieuses, les travaux étaient à l'arrêt.

III- COUT DE RÉALISATION

Le prix de revient à l'hectare réalisé par draineuse - trancheuse, guidée par LASER rotatif avec des drains en PVC Ø 60mm et matériaux d'enrobage (sables et gravier) en MITIDJA OUEST est de 24.000 DA/HA.

IV- SITUATION ACTUELLE DU RÉSEAU DE DRAINAGE

La zone de drainage MITIDJA OUEST est équipée de 07 piezomètres qui servent à l'observation du fonctionnement du réseau de drainage.

L'efficacité du drainage souterrain est conditionnée par vitesse d'exécution des eaux excédentaires et de la vitesse rabattement de la nappe au-dessous de la zone racinaire.

Le protocole piezo arrêté :

- suivre les fluctuations de la nappe par rapport au niveau de référence,
- suivre les axes d'écoulement préférenciels de l'eau de la nappe,
- déterminer la qualité des eaux.

Malheureusement ce protocole n'a pas été suivi d'une façon continue) seulement quelques observations fragmentaires ont été effectuées.

Durant les années 85 et 86, considérées comme années pluvieuses, les drains ont fonctionné normalement. Pendant les années 87, 88, 89 considérées comme années presque sèches, le niveau de la nappe s'est rabattu à plus de 1,50 m dans certains endroits par rapport au niveau de référence, ce qui explique que le réseau de drain entièrement n'a pas été fonctionnel.

En mai 1989, 3 prélèvements de drains représentatifs ont été effectués, dans la zone de drainage pour attribuer probablement cette défectuosité du réseau au colmatage de drains.

Sur les 3 prélèvements aucun colmatage de drain n'a été observé. Ceci corrobore que seul le rabattement de la nappe dû à la faible pluviométrie durant ces années, est à l'origine du non fonctionnement du réseau de drainage.

V- CONCLUSION

La technologie de drainage basée sur de nouvelles techniques de pose et d'enrobage de drains ne cesse de se développer en donnant des rendements meilleurs où toutes les conditions sont réunies (matériel et matériau disponibles, gestion et suivi).

La pose mécanique de drains commence à se répandre dans les pays où leurs terres souffrent d'un excès d'eau. Le drainage archaïque est délaissé en raison de son coût très élevé.

BIBLIOGRAPHIE

CNABRL (1979) : Campagne Nationale d'aménagement du Bas-Rhône Languedoc.

- Etude préliminaire du périmètre MITIDJA OUEST (ALGERIE)

DAUTREBANDE S. (1982) : Cours de drainage. (faculté des Sciences Agronomiques de l'état de GEMBOUX BELGIQUE)

S.N.P.E.D. (1981) : Revue semestrielle du syndicat national professionnel des entreprises de drainage (FRANCE).

SPECTRA-PHYSICS (1984) : Documentation sur l'utilisation du LASER en drainage U.S.A.

VERMEER MANUFACTURING COMPANY (1984) : Documentation sur les outils de pose des drains U.S.A.

HEICONS MACHINENBAU GMBH (1988) : Documentations sur les outils de pose des drains RFA.

Cette technologie ne semble pas tout à fait maîtrisée surtout dans les pays en voie de développement qui demeurent toujours tributaires des pays concepteurs.

L'avantage de cette technologie est basée sur :

- l'exécution rapide,
- coût moins élevé,
- rentabilité.

Cet avantage doit être maîtrisé selon le type de matériel et le type de matériau de drainage utilisé.

Les outils de pose les plus répandus.

- 1- draineuse - trancheuse,
- 2- draineuse - sous-soleuse.

Chaque outil a ses performances et ses limites et le choix est très délicat.

- Le système de guidage est indispensable dans la pose mécanique, le LASER a montré ses capacités.
- Matériaux de drainage.

Le drain en PVC demeure l'outil le plus performant en drainage souterrain.

L'enrobage des drains est devenu une nécessité surtout dans les sols lourds (surface de pénétration très grande, longévité du réseau).

GESTION DE L'ENTRETIEN DES SYSTÈMES DE DRAINAGE

R. HEMPEL (1)

R É S U M É

La gestion de l'entretien est une des activités fondamentales de l'équipement en drainage. Par "entretien" on comprend aussi bien l'entretien proprement dit que les réparations des installations, dont l'entretien préventif évite des réparations non prévues et souvent onéreuses. L'objectif de l'entretien est de garantir que le système de drainage reste opérationnel et réponde aux performances attendues, tout en ayant, sur le long terme, des coûts de gestion opérationnelle les plus faibles possibles.

La gestion de l'entretien dépend d'une série de facteurs externes, qu'il faut considérer comme des données incontournables : ce sont, par exemple, les conditions naturelles, socio-économiques et juridiques ainsi que la conception technique et l'équipement du système de drainage.

A contrario, il existe des facteurs internes de structuration de la gestion qui peuvent, eux, être maîtrisés. Le système "7-S Framework", développé à l'origine par McKinsey, est un outil d'analyse de ces facteurs externes. La gestion de l'entretien y est abordée au travers de 7 critères : la stratégie (strategy), la structure organisationnelle (systems), les profils nécessaires (skills) de l'équipe requise (staff), le type de gestion (style) et le type de l'entreprise (shared values).

A B S T R A C T

Maintenance is defined as monitoring and repairing the physical works, with emphasis on preventive maintenance. The objective is to upkeep the required performance of the system in the long run at lowest overall operation costs. The management of maintenance depends on a number of external factors which can hardly be influenced at short term.

For structuring and for the presentation of the internal factors, which can be influenced by the management, the "7-S System" is used, which was originally developed by McKinsey. Management of the maintenance is presented using the main terms strategy, structure, systems, skills, staff, style and shared values.

Rainer HEMPEL : Maintenance management of drainage systems

(1) Ingénieur, Chef de département, Agrarund Hydrotechnik GmbH, Essen, R.F.A

I- OBJECTIFS DE L'ENTRETIEN

Suivant les sources bibliographiques, les objectifs de l'entretien, et l'entretien lui-même, sont définis de différentes manières. Nous donnons, pour exemple, trois de ces définitions.

D'après le journal du service d'irrigation et de drainage des Etats Unis :

La maintenance d'un réseau d'irrigation ou de drainage concerne l'une ou plusieurs des fonctions suivantes : stockage, alimentation en eau ou évacuation de l'eau. Les objectifs de la maintenance sont :

- (1) le maintien du réseau en condition optimale de service, en tout temps ;
- (2) l'assurance de la durabilité la plus longue possible du réseau et du service le plus complet possible des équipements en procédant à une maintenance adéquate et aux remplacements nécessaires ;
- (3) la réalisation de ces deux objectifs au coût le plus faible possible.

Le manuel de gestion des eaux édité par le Mombo Irrigation Scheme, en Tanzanie, donne la définition suivante.

La maintenance du réseau d'irrigation et de drainage peut être définie comme l'entretien régulier des ouvrages de génie civil, de façon à garantir que le périmètre est en mesure de fournir le service prévu par les planificateurs.

Dans le manuel d'entretien des projets d'irrigation (Thaïlande), on trouve ce qui suit.

La maintenance de projets d'irrigation et de drainage vise à préserver l'intégrité des structures et à assurer la fonctionnalité de l'infrastructure, de façon à ce que, pendant la durée de vie prévue, le système soit opérationnel, selon son objectif initial, à savoir une alimentation en eau efficiente, sûre et équitable des cultures. Pour la suite du présent texte, nous adoptons la définition suivante.

Les objectifs de la maintenance d'un réseau d'irrigation et de drainage sont de permettre une efficacité du réseau conforme à un niveau de

performance spécifié, et ce, au coût le plus faible à long terme.

Nous ferons également deux remarques liminaires :

- (1) Il est courant que les objectifs de la maintenance ne soient pas formellement explicités, ou qu'ils soient définis de manière trop vague.
- (2) La liaison entre les efforts de maintenance et les coûts de l'ensemble du réseau ne ressort normalement pas des définitions formelles ou informelles des objectifs de maintenance.

II- DÉFINITION DES ACTIVITÉS D'ENTRETIEN

Différant par leur taille, leur position géographique, et leur importance, les éléments exigeant des opérations de maintenance sont énumérés ci-dessous :

- bassins versants ;
- ouvrages de prise ;
- pompes et moteurs, puits tubulaires ;
- canaux d'irrigation (primaires, secondaires, tertiaires) ;
- stockage intermédiaire (réservoirs nocturnes) ;
- structures de défense contre les crues et de mesure renards y compris armatures ;
- asperseurs ;
- canaux de drainage, puisards et pompes ;
- routes et pistes ;
- équipement de télécommunications ;
- équipements divers ;
 - équipement mobile (véhicules, engins : excavateurs, draglines, etc.)
 - ateliers
 - laboratoires
 - équipement de bureau
 - bureaux
 - logement
 - fournitures
 - stockage
 - machines agricoles

- Disciplines de maintenance
 - génie civil (la plus importante) ;
 - mécanique (généralement limitée, parfois essentielle) ;
 - électricité (très limitée)

- Contenu de l'entretien

Les activités de maintenance comprennent :

- la maintenance de routine, préventive, pour réduire les réparations ;
- la maintenance périodique, également préventive mais moins fréquente ;
- les réparations d'urgence (non prévues) résultant de catastrophes naturelles, d'erreurs (de conception, de construction, de service) et du manque de maintenance de routine et périodique.

Elles ne prennent pas en compte les activités de réhabilitation et les améliorations (considérées parfois, à tort, comme étant une alternative à la maintenance).

III- FACTEURS EXTERNES AFFECTANT L'EFFICACITE DE L'ENTRETIEN

Les facteurs externes sont ceux qui ne peuvent être influencés par la gestion de la maintenance dans son ensemble, sauf, éventuellement, à long terme :

- conditions naturelles
 - sols (stabilité relative, infiltration)
 - précipitations (érosion)
 - érosion éolienne (ensablement des canaux)
 - qualité de l'eau (sédimentation)
- conditions socio-culturelles
 - tradition en agriculture irriguée/drainée
 - capacité de former des associations d'usagers de l'eau
 - disponibilité de connaissances de maintenance
- conditions socio-économiques
 - situation financière
 - contraintes en devises
 - présence du secteur privé

- conditions politiques et légales
 - engagement du Gouvernement
 - origine du capital pour les terres et les infrastructures du système
- conception du périmètre et du réseau
 - objectifs du périmètre
 - superficie du réseau
 - normes de conception
 - technologie employée
- gestion du réseau
 - procédures de service
 - service actuel
- L'expérience démontre éloquentement que :

- (1) Dans le cas d'un réseau gravitaire où les autorités ne fournissent pas les services de mécanique agricole, l'existence d'un budget suffisant consacré à l'entretien est le facteur externe le plus décisif.
- (2) Dans les cas où l'on dispose de suffisamment d'équipements (mécanique et technique), les éléments décisifs sont l'appropriation de la technologie appliquée et la qualité du service existant.

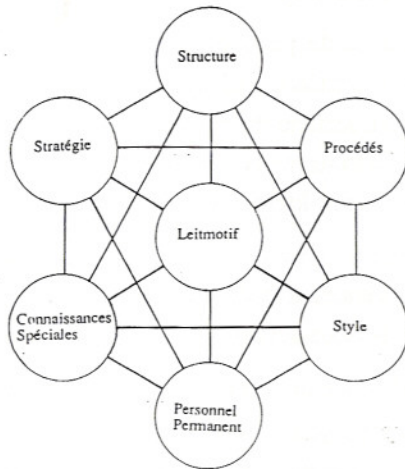
IV- FACTEURS INTERNES INFLUENÇANT L'EFFICACITÉ DE L'ENTRETIEN

Les facteurs internes sont ceux qui peuvent être influencés par la gestion de la fonction de maintenance à court et moyen terme.

Pour structurer la présentation et les discussions, le système "7-S Framework of McKinsey" est utilisé. Ce système a été développé au début des années 80, il résulte de la pratique de gestion des Japonais.

Le système n'implique aucune hiérarchie, début ou fin.

La pondération des actions remédiant à un système de gestion dépend de l'analyse de la situation.



V- DÉFINITION GÉNÉRALE DES 7-S

● Stratégie (strategy)

La stratégie est l'ensemble des actions, définies et conduites par une organisation pour atteindre ses objectifs. Ces actions peuvent être décidées soit en réaction, soit par anticipation à des changements de son environnement externe. Elles visent à lui donner un avantage durable dans un environnement compétitif ou à améliorer sa position vis-à-vis de ses clients, ou des ressources dont elle dispose.

● Structure (structure)

La structure divise l'ensemble des tâches en unités de gestion et permet ensuite la coordination.

● Procédés (systems)

Il s'agit de tous les procédés et procédures formels et informels qui permettent le bon fonctionnement de l'organisation (y compris les équipements requis d'assistance).

● Connaissances spéciales (skills)

Par "skills" on vise les capacités requises par l'ensemble d'une organisation (connaissances spéciales pour une organisation).

● Personnel permanent (staff)

Il faut spécifier, pour chaque organisation, la qualité, la quantité et le type de personnes requises, ainsi que la manière selon laquelle l'organisation procède à la gestion et au développement de ses ressources humaines.

● Style (style)

Le style de gestion et la culture générale de l'organisation.

● Leitmotiv/Système des valeurs (shared values)

Un ensemble de valeurs et aspirations, souvent implicites, définissant les idées fondamentales sur lesquelles se base une organisation.

Parmi ces 7-S, on peut distinguer deux groupes ; le groupe des "hard" S, à savoir stratégie, structure et système, et celui des "soft" S, connaissances spéciales, personnel permanent, style, leitmotiv.

Enfin, notons que ces principes sont applicables aux organisations en tant qu'ensemble aussi bien qu'à des fonctions individuelles, qu'il n'y a pas de hiérarchie indirecte des facteurs, et, enfin, que les priorités dépendent de la situation spécifique de chaque organisation.

V-1 STRATÉGIE DE L'ENTRETIEN (Strategy)

● Equipement ou main-d'oeuvre ?

Cette question est particulièrement pertinente dans le domaine de l'entretien de canaux ou de drains pour :

- le curage ;
- l'élimination des herbes aquatiques/faucardage ;
- le contrôle de la végétation (herbes et broussailles) le long des rives des canaux ;
- la maintenance des pistes de service.

La disponibilité en main-d'oeuvre est très différente en Afrique et en Asie. Les pratiques demandant une main-d'oeuvre nombreuse exigent une organisation renforcée. Les pratiques avec un équipement intensif demandent une nombreuse

main-d'oeuvre spécialisée et la disponibilité de pièces de rechange.

- Travaux en régie ou à l'entreprise ?

Théoriquement, l'option s'applique à toutes les activités de maintenance. Il est particulièrement important pour :

- le curage ;
- l'élimination des herbes aquatiques ;
- le contrôle de la végétation (herbes et broussailles) le long des rives des canaux ;
- la maintenance des pistes de service ;
- la maintenance des équipements mécaniques et électriques.

Une faible performance des autorités dans le contexte de la maintenance mène à un renforcement de la transmission des travaux de maintenance au secteur privé (Madagascar, Soudan). Danger d'une trop grande attente d'un secteur privé faible. Tout dépend du jugement sur la capacité et l'efficacité des organismes d'Etat et du secteur privé.

- Quelle est la bonne périodicité des travaux d'entretien ?

La fréquence selon laquelle les activités spécifiques de maintenance sont réalisées doit être déterminée sur la base des considérations économiques (coûts marginaux de la maintenance augmentée comparés aux bénéfices marginaux résultant de l'augmentation de la maintenance).

- Envergure de l'entretien préventif

Les ressources de maintenance doivent être attribuées de telle manière à ce que les activités de maintenance préventive aient la priorité qui leur revient.

Accroissement de la prise de conscience de l'importance de la maintenance

Il est nécessaire que la gestion de la maintenance démontre l'importance de la maintenance sur l'ensemble de la performance du réseau et des coûts pour attirer l'attention de la gestion générale et les ressources requises.

V-2 STRUCTURE ORGANISATIONNELLE POUR L'ENTRETIEN (Structure)

- Au niveau du périmètre :

Définir la répartition de la responsabilité des autorités et des usagers, par exemple :

an aval des prises = usagers

en amont des prises = autorité

Tendance à charger de plus en plus les usagers. Demande une estimation réaliste de ce qui peut être effectué réellement par les usagers et l'autorité.

- Pour l'autorité :

Définir la répartition de la responsabilité (gestion générale du périmètre) entre le service et la maintenance (S&M) :

petits périmètres = S&M combinés

grands périmètres = maintenance bien séparée du service/gestion

Pour les grands périmètres, définir la structure de l'organisation de la maintenance d'après :

la fonction

la superficie

la combinaison de la superficie et de la fonction

les activités de routine/périodiques et les activités d'urgence

Décider la répartition de l'autorité et de la responsabilité hiérarchique. La maintenance périodique de routine se prête à une décentralisation de l'autorité et de la responsabilité, avec une gestion par objectifs et une propre maîtrise, l'on dispose du mécanisme nécessaire de coordination.

- Usagers

Il existe des structures organisationnelles très diverses pour la réalisation de la maintenance. Si des groupements socio-culturels traditionnels sont associés, par l'organisation, au service et à la maintenance, les chances d'aboutir à une bonne performance sont plus grandes.

- On remarquera que :

- (1) Les structures organisationnelles sont souvent non désignées mais résultent d'une évolution ;
- (2) La meilleure des structures ne garantit ni résultat ni performance, mais, a contrario, une mauvaise structure est une garantie de mauvaise performance ;
- (3) La réorganisation est une forme de chirurgie et toute opération chirurgicale présente des risques.

V-3 SYSTÈMES DE MAINTENANCE (Systems)

- Mesures d'intervention et procédures pour :

- le manque de normes d'entretien (définir les normes pour les cycles de maintenance ou d'intervention) - (exemple)
- les travaux pour la maintenance élémentaire
- les réparations d'urgence
- l'évaluation des besoins en maintenance
- les coûts de la maintenance standard
- les priorités de la maintenance dans l'optique de ressources faibles
- la programmation de la maintenance
- la supervision
- observer et assurer la fonction de maintenance

- Systèmes d'appui logistique :

- équipement (des draglines aux outils manuels) transport
- télécommunications

- On soulignera que :

- (1) Le développement de systèmes est le secteur traditionnel des consultants (Manuels S&M).
- (2) Des meilleurs systèmes peuvent être des outils très importants pour une augmentation de la performance de la maintenance.

V-4 CONNAISSANCES SPÉCIALES POUR L'ENTRETIEN (Skills)

Afin de procéder à une maintenance efficace, toute organisation, en irrigation ou en drainage, requiert des connaissances spéciales en :

- compréhension de l'importance de la maintenance pour la situation du périmètre concerné
- ingénierie de base concernant les équipements (civils, topographiques, hydrologiques, structuraux, mécaniques, électriques, etc.) demandant une maintenance
- la main-d'oeuvre requise pour la maintenance (civile, mécanique, électrique)
- surveillance des travaux de maintenance
- travaux concernant la sous-traitance de la maintenance (élaboration et conclusion de contrats, contrôle des contractants, administration des contrats)
- acquisition de machines, équipements, pièces de rechange et accessoires
- gestion de l'inventaire
- gestion générale.

Il faut remarquer que, suite à l'accroissement de la privatisation, les connaissances particulières liées à la gestion de contrats de sous-traitance deviendront de plus en plus importantes.

V-5 ÉQUIPE D'ENTRETIEN (Staff)

- Effectif :

- Les autorités disposent souvent d'un sur-effectif et d'un sous-effectif au même moment
- Pénurie de main-d'oeuvre efficace et d'employés

- Qualité :

- L'équipe de gestion de la maintenance est souvent insuffisamment qualifiée

- Souvent aucune formation on-the-job (sur le tas) de l'équipe de maintenance n'est assurée
- Souvent une interprétation trop superficielle de la description du travail par l'équipe (ne pas vouloir se salir les mains)

● Ce constat peut être résumé comme suit :

Les systèmes de gestion des ressources humaines qui tiennent compte :

- d'un organigramme établi rationnellement;
- d'une attribution juste de l'équipe ;
- d'une formation appropriée de l'équipe ;
- des systèmes appropriés de rémunération ;
- des estimations sensées de la performance de l'équipe ;
- de l'application d'échelles professionnelles;
- d'une planification détaillée de la main-d'oeuvre ;

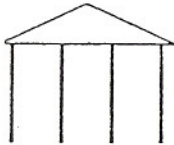
sont insuffisamment nombreux.

En ce qui concerne la concurrence entre les organismes d'Etat et le secteur privé, l'Etat est désavantagé suite aux réglementations de rémunérations peu honorables.

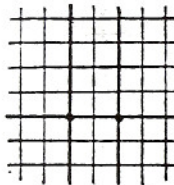
V-6 STYLE DE GESTION POUR L'ENTRETIEN (Style)

● Type d'organisation :

maintenance régulière - bureaucratique/formelle



entretien/réparation d'urgence - informelle par tâche



Les deux types sont nécessaires mais doivent être appliqués de manière équilibrée selon les ressources disponibles.

● Attitude du gestionnaire :

Comment améliorer l'efficacité du personnel d'entretien ? Quel type de gestion est le mieux adapté ?

- Théorie X (les gens sont paresseux, ...)
- Théorie Y (les gens veulent travailler, ...)
- Théorie Z (vue holistique des gens, engagement vis-à-vis des gens,...)
- Manière autocratique - démocratique
- Intégrité (donner des exemples)
- MBWA (Management By Wandering About)
- MBO (Management By Objective and self control)

En fait, le style est essentiellement déterminé par l'environnement socio-culturel. Problème de "l'impérialisme culturel".

V-7 LEITMOTIV DE L'ENTRETIEN (Shared Values)

Un dicton universel permet d'illustrer ce paragraphe :

Il ne faut jamais remettre au lendemain ce que l'on peut faire le jour même !

(A stitch in time saves never nine)

Ce qui signifie que le leitmotiv/le but est :

L'entretien préventif et régulier est une nécessité.

GESTION, INSTALLATION ET ENTRETIEN DU DRAINAGE

“Assurer le meilleur fonctionnement du réseau de drainage souterrain : les actions de formation et de vulgarisation menées en France”,

Patrick MOULINIER (1)

R É S U M É

Les dispositions constructives permettant à un réseau de drainage souterrain une fonction correcte sont en zone de climat tempéré désormais bien connues tant en matière de conception que de réalisation.

Mais le plus fréquemment, les méthodologies sont mises au point par quelques organismes techniques dans les périmètres expérimentaux. Généraliser et harmoniser les pratiques les mieux adaptées, auprès de tous les agents économiques, exige une politique active de diffusion des connaissances et des acquis.

Cet exposé présente les solutions élaborées en France au cours des vingt dernières années de pratique du drainage agricole.

A B S T R A C T

Conception or realization aspects of constructive arrangements allowing the good functioning of a sub-surface drainage network in tempered climate are now well known.

But methodologies are frequently defined by some technical organizations in experimentation perimeters.

Generalization and harmonization of the best adapted practices to all economical agents. requires an active policy of diffusion of information and experiences.

This exposé presents solutions elaborated in France during the last 20 years of agricultural drainage practice.

(1) Directeur du syndicat National des Entreprises de Drainage et d'hydraulique.

I- LES OPERATEURS EN DRAINAGE AGRICOLE :

I-1 Concepteurs et réalisateurs :

● Organisation des opérateurs :

En France, les missions de conception et de réalisation des chantiers sont réalisées par des opérateurs différents et indépendants (Figures 1 et 2).

Chacune de ces catégories d'opérateurs dispose d'une structure nationale chargée notamment de les représenter auprès des tiers. L'adhésion à une telle structure peut être obligatoire (ordre des Géomètres-Experts), ou, le plus souvent, libre et volontaire. C'est le cas des entreprises de drainage, qui, pour leur part, ont créé en 1969 le Syndicat National des Entreprises de Drainage, ouvert, non seulement aux entrepreneurs, mais aussi aux bureaux d'études et aux industriels de la filière drainage. Ces organisations sont le lieu de passage et souvent les instigatrices des échanges d'information et des études visant à organiser les marchés (d'un point de vue technique, réglementaire, normatif, etc...).

● Modalités d'échanges :

Les modalités d'échanges d'information sont multiples et peuvent apparaître parfois foisonnantes ou concurrentes pour un observateur étranger. On peut les classer en deux types principaux :

- diffusion interne du savoir-faire: c'est le rôle, surtout, de la formation continue dans l'entreprise,
- diffusion auprès des tiers: S'il s'agit de la diffusion des connaissances auprès des tiers, les voies en sont des manifestations telles que des journées d'Etude associées ou non à la publication par la presse professionnelle.

Le SNED, pour sa part, organise une réunion annuelle de ce type depuis une quinzaine d'années, relayée par une publication spécifique, dont on pourra prendre connaissance du contenu en annexe.

Le CEMAGREF⁽¹⁾ fait lui aussi périodiquement le point sur des aspects techniques spécifiques tels que : utilisation des logiciels de conception des réseaux, enrobages des drains...

D'autres organisations interviennent dans ce processus, s'appuyant parfois sur des expériences régionales importantes (Groupe d'Etude des problèmes de pédologie appliquée, Associations régionales de drainage, etc...).

On comprendra que le moteur de ces initiatives est le plus souvent associatif.

Lorsqu'il s'agit de mettre en place un travail pluridisciplinaire sur des questions touchant à l'organisation des marchés, le rôle de l'Etat devient alors déterminant.

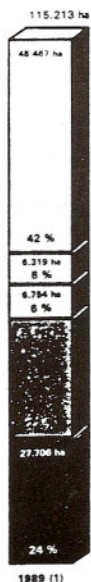


Figure 1:

Surfaces ayant donné lieu à un projet selon les opérateurs (source : enquête statistique SNED 1989)

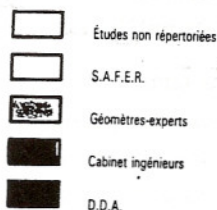
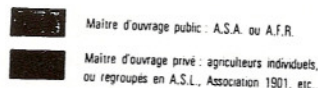


Figure 2:

Surfaces drainées par les réalisateurs selon la nature de la clientèle. (source : enquête statistique SNED 1989)



(1) Centre d'Etude du Machinisme Agricole, du Génie Rural des Eaux et Forêts.

- Le rôle de l'État :

Le Ministère de tutelle - Le Ministère de l'Agriculture et des Forêts - s'appuie plus particulièrement sur ses services extérieurs et les laboratoires nationaux, en particulier le CEMA-GREF.

Son rôle peut consister en une coordination des travaux mais il apporte le plus souvent un contenu technique ou scientifique.

Au cours des dernières années, deux types d'actions sont particulièrement significatives.

- Le Réseau national d'expérimentation et de démonstration

Le principe de la création d'un tel réseau (RNED) a été retenu à la fin de 1979. Son objet est d'intensifier et d'améliorer la diffusion du progrès en constituant un relais de la recherche et un appui au développement.

Relais de la recherche, le RNED a pour mission de coordonner par filière les activités d'expérimentation et de démonstration des multiples organismes (Recherche, Instituts Techniques, Etablissements, Exploitations de références), pour mieux répondre aux préoccupations des agriculteurs.

Point d'appui du développement, il doit mettre à la disposition des organismes de développement et des agriculteurs, des références techniques et économiques fiables et adaptées aux systèmes d'exploitation.

Pour couvrir l'ensemble des activités agricoles, le réseau a été organisé par secteur de production : élevage bovin, porcin, ovin, céréales, fruits et légumes, etc... avec un secteur horizontal : l'hydraulique agricole.

Ayant préalablement défini sa charge de travail à partir d'une enquête initiale auprès des prescripteurs et responsables de l'hydraulique agricole aux niveaux départemental et régional, le RNED, pour la part drainage, a élaboré les publications suivantes :

- Optimisation technique et économique de la conception et de la réalisation des travaux de drainage,

- Répertoire national des expérimentations de drainage agricole.

En effet, il est apparu qu'en France, au début des années 80, les priorités soulevées par les hommes de terrain concernaient, d'une part, l'entretien des cours d'eau et fossés aménagés et les dispositions techniques, juridiques et administratives à prendre pour assurer cet entretien, d'autre part, en matière de projet et de travaux de drainage, les dispositions permettant d'induire des économies sur les phases de l'exécution, tout en garantissant les meilleures conditions techniques à cet investissement.

Ces documents ont servi de support à l'animation de nombreuses réunions locales, le répertoire national des expérimentations constituant, à notre connaissance, une source d'information unique sur les références en matière de drainage.

- Les actions normatives et réglementaires :

L'Etat joue un rôle déterminant dans l'élaboration du cadre dans lequel se réalisent les marchés de drainage :

- la normalisation :

Une commission spécialisée de l'Association française de normalisation AFNOR composée de l'ensemble des partenaires, définit, depuis 1973, les normes adaptées au drainage agricole. Le travail d'élaboration ou d'amélioration des normes est quasi permanent.

Onze normes concernent directement le drainage agricole : neuf sur les drains annelés en PVC, deux sur les produits d'enrobage.

Ces dispositions sont complétées par un contrôle semestriel de production devant répondre aux spécifications des normes, qui aboutissent à un label de certification NF, obligatoire pour l'accès de ces matériaux aux marchés passés par les collectivités publiques.

Ces contraintes, acceptées par la négociation entre tous les partenaires, permettent d'assurer l'approvisionnement du marché en matériaux d'une qualité beaucoup plus régulière et satisfaisante qu'auparavant.

La démarche à l'intérieur de la CEE vise désormais à harmoniser les dispositions normatives au sein du Comité Européen de Normalisation (CEN), dont la France détient la Présidence du Groupe de Travail "Drainage".

■ la réglementation :

C'est sur un mode de travail similaire, rassemblant les composantes de la filière, que sont élaborés les cahiers des charges relatifs aux règles de l'art à mettre en oeuvre dans les marchés de conception et de réalisation de drainage.

Deux cahiers des clauses techniques générales (CCTG) sont élaborés :

- CCTG maîtrise d'oeuvre,
- CCTG travaux (nouvelle rédaction en cours) ainsi qu'un cahier des clauses techniques particulières relatif aux produits d'enrobage.

I-2 Les agriculteurs, utilisateurs du drainage agricole :

● Diffusion du savoir-faire :

Les agriculteurs, directement ou indirectement par leur représentations syndicales ou consulaires, sont toujours associés aux processus de concertation rassemblant les professionnels (RNED, AFNOR, CCTG, Journées d'Etudes). Un fonds documentaires, technique, est mis à leur disposition par les associations spécialisées (cahiers techniques du SNED) ou la presse professionnelle.

Nombre de nos clients sont ainsi à même de juger la qualité des prestations offertes au cours de la réalisation des chantiers.

Le drainage est aujourd'hui familier à beaucoup d'agriculteurs. Selon les résultats du dernier recensement général de l'agriculture, une exploitation agricole à temps complet sur quatre a engagé des travaux de drainage.

● La contractualisation

Son cadre est celui défini plus haut, par la normalisation et l'application des cahiers des clauses techniques générales. En outre, le SNED a conseillé depuis 1980 l'application d'une garantie de dix ans des ouvrages réalisés selon un marché type (annexe 2).

● L'utilisation du sol drainé

Il s'agit là, bien entendu, du domaine spécifique d'intervention de l'agriculteur dans le fonctionnement du réseau de drainage souterrain. Au cours des années 80, de gros efforts ont été fournis, en particulier par les chambres départementales d'agriculture - Organisation consulaire des agriculteurs - et leurs services techniques - Service d'utilité agricoles de développement (SUAD) - afin de proposer aux agriculteurs engageant le drainage, des conseils adaptés à leurs conditions de milieu, en matière de :

- Mécanisation, travail du sol,
- Fertilisation,
- Choix culturaux.

Le drainage est désormais intégré dans un renouvellement de la pratique agronomique de l'exploitation agricole. Nous en verrons quelques exemples dans la deuxième partie de cet exposé.

II- MODALITÉS PRATIQUES

Après avoir brossé ci-dessus le paysage structurel de la vulgarisation et de la formation en France en matière de drainage, nous aborderons ici le contenu technique de ces actions.

II-1 Le contenu de la formation auprès des professionnels :

Les particularités du système fiscal français⁽¹⁾ et les révolutions technologiques qu'a connu le drainage à la fin des années 70 (substitution rapide des draineuses sous-soleuses aux draineuses

(1) Versement obligatoire au titre du congé individuel de formation : Pour financer les congés individuels de formation, une fraction de la participation des employeurs égale au moins à 0,10% des salaires de l'année de référence, doit être obligatoirement versée à des organismes paritaires agréés par l'Etat (Code du travail, Art .L 950-2-2) avant le 1er Mars de chaque année. Ce versement est imputable sur le montant de la participation.

trancheuses, généralisation du laser rotatif comme mode de guidage) ont conduit la profession à se doter d'un centre national de formation du personnel des entreprises de drainage, destiné, comme son nom l'indique, aux employés des entreprises, mais aussi aux concepteurs de projet pour la partie de leur métier se situant à l'interface projet/réalisation, notamment, l'adaptation des projets aux techniques nouvelles et de contrôle des travaux.

Les stages dispensés par ce centre de Formation concernent les points techniquement sensibles de l'exécution des travaux ainsi que l'organisation générale des chantiers en vue d'optimiser la productivité. Les thèmes en sont les suivants :

- Pose manuelle et raccordement,
- Modes de guidage,
- Conduite et entretien des matériels de pose,
- Réalisation d'ouvrage d'art,
- Entraînement à la polyvalence des tâches.

D'une façon générale, ces stages sont menés dans le double souci de l'apprentissage des limites d'utilisation des technologies et de leur adaptation au milieu, d'une part, de la détection des incidents de chantier afin d'y remédier instantanément, d'autre part. On trouvera ci-dessous deux exemples.

● **Fonctionnement des matériels de drainage :**

Les principes de fonctionnement des machines sont décrits avec précision selon leur mode de creusement (trancheuse, sous-soleuse), et les choix mécaniques du constructeur :

- Solidarité ou non de l'ensemble chaîne et caisson de pose pour les trancheuses,
- Modes de contrôle de l'angle d'attaque du contre soussoleur pour les sous-soleuses.

D'une façon générale, les draineuses-trancheuses ne réagissent qu'aux variations de portance du sol en fond de fouille (et éventuellement à sa trop forte adhérence sur le caisson).

Les draineuses sous-soleuses sont, en outre, sensibles aux différences de cohésion du profil à pénétrer, ce qui impose l'emploi d'un système de transfert de poids pour neutraliser l'effet sur la stabilité de l'outil de l'effort de traction qui lui est appliqué.

Selon les machines, les modes de contrôle de la profondeur et de la pente de pose, ainsi que les précautions d'emploi en cas d'hétérogénéité de sous-sol sont décrits (Fig.3). Bien entendu, les règles d'entretien communes à tous les matériels sont également prises en compte.

Ces stages de formation ont toujours abouti à la rédaction de notices techniques originales. Le lecteur intéressé pourra se reporter utilement, concernant ce chapitre, au cahier technique n-5 du SNED- Matériel de pose.

● **Utilisation du Laser Rotatif :**

Les machines suivent, au moyen d'un récepteur photosensible, le plan de guidage imposé par un émetteur laser rotatif.

La caractérisation fondamentale des draineuses modernes (quel que soit leur type) est l'emploi d'un outil flottant qui assure à la fois la dé-solidarisation du talon poseur par rapport aux

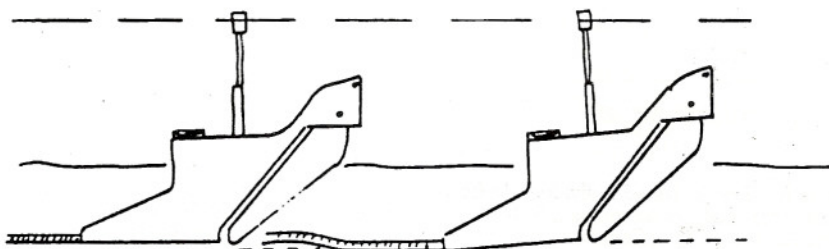


Figure 3 : Effet sur la ligne de pose d'une hétérogénéité marquée du sol en fond de fouille.

oscillations du châssis tracteur, la mise en forme du berceau de pose du drain et la possibilité de régler très précisément la ligne de pose en faisant varier l'angle d'attaque de l'outil par rapport au sol.

Cette précision de fonctionnement est encore améliorée si l'on dispose d'un système de guidage automatique par laser rotatif, qui assure un suivi de la ligne prévue à + 5 mm près (sensibilité du récepteur), un contrôle en continu (5 à 10 vérifications par seconde) et un temps de réponse quasi nul.

Néanmoins la qualité de pose finale du tuyau reste tributaire de l'intervention du conducteur qui, outre les problèmes de libre déroulement du drain ou de divers excessif du matériel, doit surtout contrôler très attentivement l'homogénéité du sol travaillé.

En effet, toute modification de ses caractéristiques percute sur l'angle de stabilisation de l'outil et peut décaler de façon importante la ligne de pose par rapport à la ligne de guidage qui ne concerne que l'avant de cet outil (nécessité inhérente à sa position flottante).

Ainsi, les limites d'utilisation du laser rotatif rejoignent les considérations sur les modes de fonctionnement des matériels. Mais, en outre, les stages relatifs à l'utilisation du laser prennent en compte :

- au niveau du personnel de chantier :
 - les principes de fonctionnement des différents éléments du système : récepteur, boîtier embarqué, roulette, mât.
 - le diagnostic de l'origine des pannes,
 - les réparations qui peuvent être faites sur chantier ou dans l'entreprise.
- au niveau des maîtres d'oeuvre :
 - les moyens de contrôle de l'horizontalité du plan de référence de l'émetteur,
 - l'orientation de l'émetteur,
 - la stabilité de l'outil de pose.

Ces informations sont elles aussi abondamment commentées dans un ouvrage spécifique et notamment reprises dans l'ouvrage de

la CIID "Guidelines on the construction of horizontal surface drainage systems" - édité par M. Bart Schultz.

A ce jour, 6300 heures de formation ont été dispensées par le Centre de Formation du personnel des entreprises de drainage. Une action fondée sur ces bases de formation a été menée au Pérou en 1985.

Il advient parfois que les réflexions résultant de la formation trouvent certaines applications industrielles :

- amélioration des raccords de branchement drains sur col-lecteurs,
- modification de la cinétique de certains attelages de contres sous-soleurs.

II-2 Pratiques culturelles et fonctionnement du drainage :

De nombreux services des chambres départementales d'agriculture apportent aux agriculteurs des recommandations en matière d'entretien et de conseil agronomique après drainage (Figure 4).

Les principales recommandations portent sur

- le maintien de l'efficacité et la pérennité du réseau,
- la valorisation économique de l'investissement.

● Le travail du sol :

Objectif : permettre une circulation correcte de l'eau vers le drain.

- Réaliser le travail en sol ressuyé.
- Limiter la battance : rôle des amendements calciques ou organiques.
- Briser la semelle de labour.
- Parfois, exigence du sous-solage.
- Respect du sens du travail du sol par rapport au drainage (figure 5).

● Fertilisation :

- les amendements : amélioration structurale parfois nécessaire.-

trancheuses, généralisation du laser rotatif comme mode de guidage) ont conduit la profession à se doter d'un centre national de formation du personnel des entreprises de drainage, destiné, comme son nom l'indique, aux employés des entreprises, mais aussi aux concepteurs de projet pour la partie de leur métier se situant à l'interface projet/réalisation, notamment, l'adaptation des projets aux techniques nouvelles et de contrôle des travaux.

Les stages dispensés par ce centre de Formation concernent les points techniquement sensibles de l'exécution des travaux ainsi que l'organisation générale des chantiers en vue d'en optimiser la productivité. Les thèmes en sont les suivants :

- Pose manuelle et raccordement,
- Modes de guidage,
- Conduite et entretien des matériels de pose,
- Réalisation d'ouvrage d'art,
- Entraînement à la polyvalence des tâches.

D'une façon générale, ces stages sont menés dans le double souci de l'apprentissage des limites d'utilisation des technologies et de leur adaptation au milieu, d'une part, de la détection des incidents de chantier afin d'y remédier instantanément, d'autre part. On trouvera ci-dessous deux exemples.

● **Fonctionnement des matériels de drainage :**

Les principes de fonctionnement des machines sont décrits avec précision selon leur mode de creusement (trancheuse, sous-soleuse), et les choix mécaniques du constructeur :

- Solidarité ou non de l'ensemble chaîne et caisson de pose pour les trancheuses,
- Modes de contrôle de l'angle d'attaque du contre soussoleur pour les sous-soleuses.

D'une façon générale, les draineuses-trancheuses ne réagissent qu'aux variations de portance du sol en fond de fouille (et éventuellement à sa trop forte adhérence sur le caisson).

Les draineuses sous-soleuses sont, en outre, sensibles aux différences de cohésion du profil à pénétrer, ce qui impose l'emploi d'un système de transfert de poids pour neutraliser l'effet sur la stabilité de l'outil de l'effort de traction qui lui est appliqué.

Selon les machines, les modes de contrôle de la profondeur et de la pente de pose, ainsi que les précautions d'emploi en cas d'hétérogénéité de sous-sol sont décrits (Fig.3). Bien entendu, les règles d'entretien communes à tous les matériels sont également prises en compte.

Ces stages de formation ont toujours abouti à la rédaction de notices techniques originales. Le lecteur intéressé pourra se reporter utilement, concernant ce chapitre, au cahier technique n-5 du SNED- Matériel de pose.

● **Utilisation du Laser Rotatif :**

Les machines suivent, au moyen d'un récepteur photosensible, le plan de guidage imposé par un émetteur laser rotatif.

La caractérisation fondamentale des draineuses modernes (quel que soit leur type) est l'emploi d'un outil flottant qui assure à la fois la dé-solidarisation du talon poseur par rapport aux

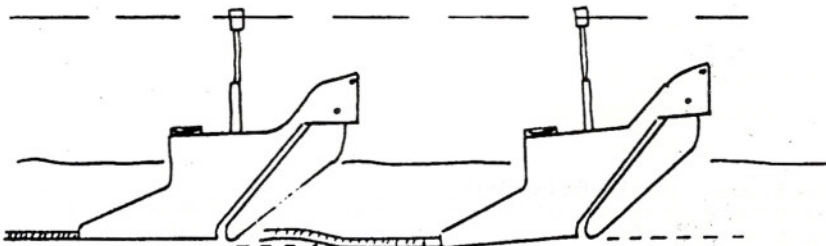


Figure 3 : Effet sur la ligne de pose d'une hétérogénéité marquée du sol en fond de fouille.

oscillations du châssis tracteur, la mise en forme du berceau de pose du drain et la possibilité de régler très précisément la ligne de pose en faisant varier l'angle d'attaque de l'outil par rapport au sol.

Cette précision de fonctionnement est encore améliorée si l'on dispose d'un système de guidage automatique par laser rotatif, qui assure un suivi de la ligne prévue à + 5 mm près (sensibilité du récepteur), un contrôle en continu (5 à 10 vérifications par seconde) et un temps de réponse quasi nul.

Néanmoins la qualité de pose finale du tuyau reste tributaire de l'intervention du conducteur qui, outre les problèmes de libre déroulement du drain ou de divers excessif du matériel, doit surtout contrôler très attentivement l'homogénéité du sol travaillé.

En effet, toute modification de ses caractéristiques percute sur l'angle de stabilisation de l'outil et peut décaler de façon importante la ligne de pose par rapport à la ligne de guidage qui ne concerne que l'avant de cet outil (nécessité inhérente à sa position flottante).

Ainsi, les limites d'utilisation du laser rotatif rejoignent les considérations sur les modes de fonctionnement des matériels. Mais, en outre, les stages relatifs à l'utilisation du laser prennent en compte :

- au niveau du personnel de chantier :
 - les principes de fonctionnement des différents éléments du système : récepteur, boîtier embarqué, roulette, mât.
 - le diagnostic de l'origine des pannes,
 - les réparations qui peuvent être faites sur chantier ou dans l'entreprise.
- au niveau des maîtres d'oeuvre :
 - les moyens de contrôle de l'horizontalité du plan de référence de l'émetteur,
 - l'orientation de l'émetteur,
 - la stabilité de l'outil de pose.

Ces informations sont elles aussi abondamment commentées dans un ouvrage spécifique et notamment reprises dans l'ouvrage de

la CIID "Guidelines on the construction of horizontal sur surface drainage systems" - édité par M. Bart Schultz.

A ce jour, 6300 heures de formation ont été dispensées par le Centre de Formation du personnel des entreprises de drainage. Une action fondée sur ces bases de formation a été menée au Pérou en 1985.

Il advient parfois que les réflexions résultant de la formation trouvent certaines applications industrielles :

- amélioration des raccords de branchement drains sur col-lecteurs,
- modification de la cinétique de certains attelages de contres sous-soleurs.

II-2 Pratiques culturelles et fonctionnement du drainage :

De nombreux services des chambres départementales d'agriculture apportent aux agriculteurs des recommandations en matière d'entretien et de conseil agronomique après drainage (Figure 4).

Les principales recommandations portent sur

- le maintien de l'efficacité et la pérennité du réseau,
- la valorisation économique de l'investissement.

● Le travail du sol :

Objectif : permettre une circulation correcte de l'eau vers le drain.

- Réaliser le travail en sol ressuyé.
- Limiter la battance : rôle des amendements calciques ou organiques.
- Briser la semelle de labour.
- Parfois, exigence du sous-solage.
- Respect du sens du travail du sol par rapport au drainage (figure 5).

● Fertilisation :

- les amendements : amélioration structurale parfois nécessaire.-

De nombreux services des chambres départementales d'agriculture apportent aux agriculteurs des recommandations en matière d'entretien et de conseil agronomique après-drainage (Figure 4).

GUIDE des OPERATIONS APRES DRAINAGE

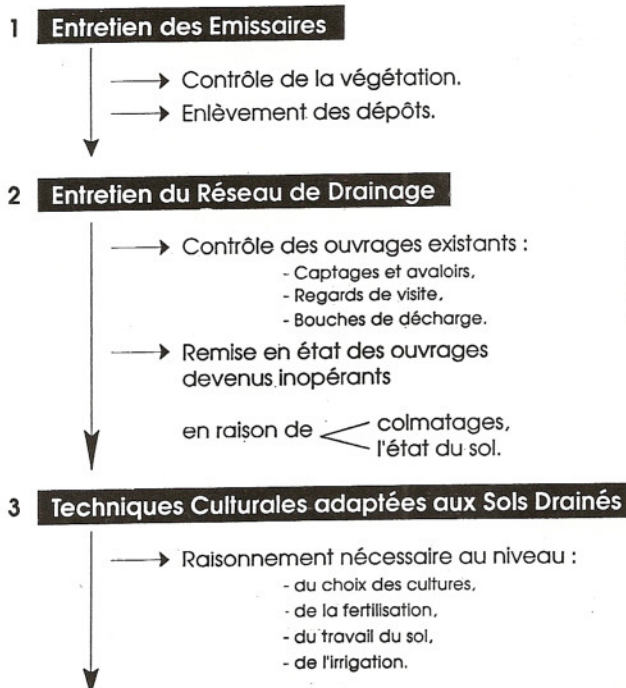


Figure 4 : Plan d'une plaquette diffusée par la Chambre d'Agriculture du Tarn auprès des agriculteurs.

- amendements calcaïques, selon pH.
- amendements organiques : porter attention à la régularité de l'enfouissement sur toute l'épaisseur du labour, sinon, on risque de créer un gley superficiel.
- fertilisation minérale :
 - adaptation aux besoins des cultures sachant que le drainage permet une augmentation de l'enracinement, donc une meilleure valorisation du stock minéral (de même que la réserve en eau).

Il est fréquent qu'à rendement supérieur, les agriculteurs n'augmentent pas la fumure - azotée en particulier - après drainage.

- fragmentation des apports azotés, permise par l'augmentation du nombre de jours disponibles pour les travaux, permettant de réduire les pertes d'azote par lessivage.

Dans tous les cas, ces comportements généraux sont adaptés par les agronomes et pédologues en fonction des conditions du milieu. L'acquisition d'une expérience et de références locales est une nécessité absolue.

III-3 L'acquisition de références

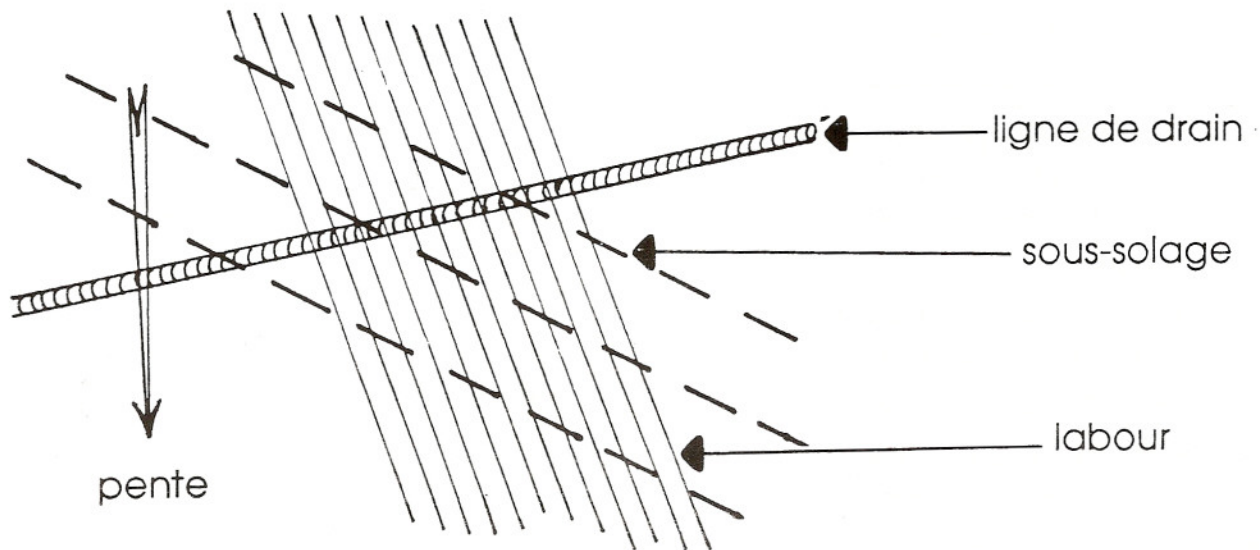
En préalable aux actions définies par le réseau national d'expérimentation et de démonstration (déjà citées), un effort de méthodologie a été accompli afin de répartir, à la fois les données disponibles et les besoins exprimés, selon le degré de l'action technique entreprise (ou à entreprendre). Ont été retenus les degrés suivants :

III-1-1 L'expérimentation

Il s'agit d'un processus lourd, qui, en drainage, exige un investissement coûteux, tant sur les réseaux (cloisonnements hydrauliques) qu'en métrologie (acquisition en continu des données, notamment pluviométriques, débitmétriques, échantillonnages ...). En France, la plupart de ces réseaux sont conçus, suivis et exploités par le CEMAGREF.

III-1-2 La démonstration

Il s'agit d'une mise à l'épreuve de données acquises par l'expérimentation, dont on confronte la validité dans d'autres contextes de milieu (extension de choix conceptuels, par exemple).



- Figure 5 -

III-3-3 La diffusion du savoir faire

Degré le plus large de diffusion des connaissances, de vulgarisation de données qui ont déjà fait preuve de leur validité dans leur contexte. Cet effort permet à la plus grande partie des agents économiques de disposer d'une source de données agronomiques, technologiques, économiques, adaptées et homogènes.

CONCLUSION

Les voies du développement du drainage en France, et du développement agricole en général, sont passées par une multitude d'initiatives qui, cependant, répondent à quelques impératifs :

- un inventaire soigneux des données disponibles ou manquantes qu'il s'agit de hiérarchiser en fonction de la qualité de leur acquisition,
- un partenariat effectif entre tous les acteurs de la filière.

ENTRETIEN ET RÉPARATION DES SYSTÈMES DE DRAINAGE COUVERTS

G.F. WESTLAND (1)

R É S U M É

L'origine de la plupart des causes de mauvais fonctionnement ou de non-fonctionnement des systèmes de drainage doit, le plus souvent, être cherchée dans l'insuffisance de la conception technique et des défauts de réalisation, plutôt que dans les obstructions d'origine naturelle. La plupart des problèmes d'entretien et de réparation peuvent donc être réduits ou éliminés par une bonne conception et une exécution soignée des travaux. Si ces insuffisances sont combattues, les causes d'origine naturelle, imprévisibles, comme l'envasement, les dépôts d'ocre, peuvent être facilement traitées par un entretien périodique.

A B S T R A C T

In most cases of malfunction/or non-functioning of covered drainage systems, the origin has to be searched in first instance in the insufficiency of the technical conception and the lack in construction more than in natural events causing the obstruction. Therefore, most of the maintenance and repair problems could be reduced, if not eliminated, by a meticulous execution of the project design and construction work. If these inadequacies were avoided, the unforeseeable causes of the natural origin, such as silting-up, ochre, could easily be treated only by a periodic maintenance.

I- DÉFINITIONS

Les définitions utilisées dans le document sont :

- le drain : il comporte le drainage de la parcelle proprement dit, réalisé en tuyaux plastiques ondulés et perforés, antérieurement en tuyaux en poterie ou en béton ;
- le (drain)-collecteur : il est destiné à collecter les eaux de drainage et à transférer celles-ci au système collecteur et de décharge principal. Il est composé d'un fossé à ciel ouvert ou d'un tuyau enterré en plastique (PE ou PVC) ondulé ou lisse, normalement non perforé, alternativement en asbestos ciment ou béton ;
- le collecteur principal : c'est le collecteur de décharge composé normalement de canaux trapézoïdes (système de collecteur ouvert), alternativement composés de tuyaux enterrés en béton, asbestos-ciment, avec regard d'inspection (système de collecteur fermé), ou une combinaison des deux.

II- CAUSES ET MESURES PRÉVENTIVES

II-1 Causes de non-fonctionnement du drainage

Il y a plusieurs causes possibles qui peuvent réduire ou bloquer le fonctionnement du système de drainage : obstructions ayant pour origine des malfaçons d'exécution dès l'étude ou à l'exécution des travaux, ou des causes naturelles.

II-1-1 Obstructions d'origine technique

II-1-1-1 Insuffisance de la section des drains

Même si un projet de drainage a été bien étudié et les sections des drains et collecteurs calculées suivant les règles et normes, les calculs sont théoriques et soumis aux conditions naturelles très variées. Par conséquent, les résultats d'étude ne sont qu'une base d'orientation en ce qui concerne la définition des paramètres du projet, à savoir

diamètre, profondeur et écartement du drainage. Seule l'expérience pratique peut déterminer la solution la plus adaptée. Pour cette raison, il est fortement recommandé de réaliser parallèlement à la préparation du dessin des projets pilotes ou champs de test pour simuler la réalité avec divers systèmes de drainage et des filtres sous conditions d'irrigation appliquées.

II-1-1-2 Insuffisance de la pente des drains

Si la pente est insuffisante la vitesse de l'eau sera inférieure à la vitesse minimale admissible, ce qui peut entraîner la formation de dépôts de sable ou d'argile. Cela ne doit pas se produire si le paramètre de drainage a été correctement étudié et le travail convenablement exécuté.

L'irrégularité de la pente d'exécution des travaux peut avoir deux origines, la machine de drainage et l'opérateur.

La machine porte déjà des erreurs dans sa configuration qui doit être équilibrée en considération de l'installation du guidage laser et de l'hydraulique de la machine. Cela doit être fait dès la réception de la machine en usine par un spécialiste. Une fois arrivée sur le site du projet, la draineuse (excavatrice ou draineuse à outil taupe), doit être améliorée et adaptée aux conditions locales. Des tests conduits par des experts doivent adapter par expérimentation les outils et le système de guidage aux conditions du sol et du climat.

Les erreurs humaines sont les plus fréquentes dans la qualité des travaux, notamment avec un guidage par nivelettes ou commande radio. Même l'utilisation du guidage laser ne peut résoudre le problème automatiquement.

La vitesse de travail de la draineuse est souvent source d'erreurs de pose. Spécialement la vitesse de travail de la draineuse à outil taupe peut être tellement élevée que la longue fréquence du laser rotatif peut dévier la machine.

Une formation adéquate des opérateurs de machine de drainage et des techniciens de laser, ensemble avec des tests de draineuse, est donc une des plus importantes mesures préventives,

II-1-1-3 Mauvaise qualité des tuyaux

Aujourd'hui presque tous les projets de drainage sont construits en tuyau en polyéthylène (PE) ou polyvinylchlorure (PVC). On peut donc éliminer les problèmes qui peuvent se poser par l'utilisation de tuyaux de poterie ou en béton de mauvaise qualité (sable/ciment), souvent fabriqués sur le chantier.

Les tuyaux en PE ou PVC sont généralement de bonne qualité mais le matériau PVC est sensible aux rayons ultraviolets. Le matériau perd sa stabilité s'il est exposé longtemps sans protection. En outre, le matériau est sensible aux grandes chaleurs et se déforme à partir d'une température d'environ 80°C.

II-1-1-4 Défectuosités pendant l'exécution des travaux

L'endommagement du système peut ressortir des casses de tuyaux pendant la construction (par exemple pendant le remblaiement), la rupture des connexions des tuyaux ou le dé raccordement drain/collecteur, par exemple par un tirage trop fort de la machine.

II-1-2 Obstructions d'origine naturelle

II-1-2-1 Pénétration dans les drains de petits animaux

Le colmatage de drains par les animaux peut être éliminé par l'utilisation de pièces spéciales de sortie en matériel rigide, avec une grille à la bouche.

II-1-2-2 Dépôts de matières minérales

L'ensablement ou l'envasement est très souvent observé dans les sols de faible stabilité (par exemple sols sableux ou argileux), notamment si l'exécution des travaux de drainage a été réalisée dans les sols saturés d'eau. L'ensablement ou l'envasement se produit généralement immédiatement après la pose du tuyau, pour continuer d'une façon atténuée, Si les conditions sont favorables à l'envasement, le drain doit être protégé par un filtre ou un matelas de couverture. Une protection complète du tuyau par un filtre est notamment nécessaire dans les sols sableux.

Les collecteurs ne sont normalement pas destinés à drainer l'eau mais à collecter l'eau des drains et à transporter celle-ci au système de décharge. Pour ces raisons les drains non perforés sont recommandés comme collecteurs,

Toutes les connexions, boîtes de jonction, regards d'inspection sont des sources potentielles d'ensablement ou d'envasement Afin de prévenir au maximum ces dangers, le raccord doit être étanché soigneusement.

Quand il y a un risque d'ensablement ou d'envasement dans le collecteur un dessableur est recommandé dans la boîte de jonction ou le regard d'inspection.

II-1-2-3 Colmatage par dépôts à réaction chimique

Le fer, le fer-sulfure, et le manganèse sont normalement responsables de cet effet.

Quand le Fe^{++} situé dans le sol entre dans le drain, il réagit avec l'oxygène à Fe^{+++} , ce qui produit ce dépôt. Souvent le problème s'arrête après quelques années d'opération Dans le cas extrême, par contre, la précipitation des dépôts de fer est tellement importante que le système de drainage est rendu inefficace après quelques semaines.

Les mesures préventives sont difficiles. Il existe un moyen qui consiste à réduire l'aération du système par une pièce spéciale à la sortie du drain. Mais le curage est toujours la mesure la mieux adaptée.

II-1-2-4 Blocage des tuyaux par des racines d'arbres ou arbrisseaux

Les racines de plantes qui poussent dans le drain dépendent des espèces des plantes avoisinant le système de drainage, de la profondeur des drains et des collecteurs, et des conditions climatiques.

Les racines entrent dans le drain par la perforation ou l'ouverture des connexions et des raccordements. Elles peuvent former un bouchon dans toute la section du drain. Ce sont les espèces de plantes qui sont utilisées comme brise-vents

(papolus, acacia, tamaris) qui causent ce problème, plus que les arbres fruitiers. Les racines peuvent atteindre 10 à 20 mètres.

S'il est impossible d'éloigner suffisamment les drains des arbres, on dispose des remèdes suivants :

- arbres isolés : on munit les drains, au voisinage des arbres, de manchons fixés avec du ciment ou on cimente simplement les drains ;
- arbres groupés : on dispose les drains pour qu'ils n'approchent des arbres que par leurs extrémités supérieures prévoit des drains protecteurs.

Bien évidemment, pour toutes traverses de brise-vents, un drain perforé doit être protégé par un tuyau non perforé contre entrée des racines.

Le collecteur posé le long des brise-vents doit avoir une distance de sécurité d'au moins 15 mètres. En plus il est préférable de couper des racines de brise-vent très près des arbres par un passage de la draineuse excavatrice. Un drain de protection le long du brise-vent peut aussi prévenir l'entrée des racines dans le système.

Une solution de rechange est l'installation du système de drainage à grande profondeur ou l'exécution du collecteur à ciel ouvert.

II-1-2-5 Racines de plantes cultivées

Les causes du mal proviennent soit de la terre jetée sur les tuyaux, empruntée à la couche supérieure du sol et contenant des semences de plantes, soit des racines attirées par l'aération du tuyau.

Il faut donc éviter de cultiver avant drainage, faire attention lors du comblement de la tranchée.

II-1-2-6 Développement dans les tuyaux d'algues spéciales

Ces algues vivent dans l'obscurité et forment de longs et volumineux paquets. Ces algues naissent surtout dans les sols acides où se forment des dépôts ferrugineux et dans les terrains plats où l'eau n'a pas une vitesse suffisante.

II-2 Insuffisance de la Conception technique

II-2-1 Système e des collecteurs

Déjà au moment de la conception du système de drainage l'impact et la fragilité du système ou entretien seront prédéterminés, C'est notamment la décision d'exécution des drains-collecteurs en tuyau enterré ou en fossé à ciel ouvert,

II-2-1-1 Collecteur en fossé ouvert

Le système le plus simple et le mieux adapté à l'entretien du drainage agricole est l'exécution des collecteurs en fossé à ciel ouvert. Le drain se décharge directement dans le fossé ; il est possible d'observer facilement le fonctionnement du drain ; il existe un accès direct au drain pour des mesures de nettoyage et de réparation. Le point faible de ce système est la nécessité d'un entretien permanent du collecteur-fossé à ciel ouvert.

II-2-1-2 Collecteur en tuyau enterré

Si pour des raisons diverses un collecteur en tuyau enterré doit être choisi, l'impact d'entretien se complique à cause de la non accessibilité directe au drain, L'observation du fonctionnement du drain individuel n'est possible qu'en creusant au raccordement drain-collecteur, Ce raccordement est le point faible du système drain-collecteur en tuyau.

Il existe plusieurs sortes de raccordement :

- pièces en PVC pour le raccordement drain flexible/collecteur flexible, souvent avec un tuyaux de curage (figure 2) ;
- pièces en PVC rigide en T ou Y pour le raccordement du drain flexible au collecteur rigide ou flexible ;
- boîte de raccordement pour la connexion des drains flexibles aux collecteurs ou tuyauteries rigides ;
- regard d'inspection pour le raccordement du drain-collecteur au collecteur principal (figure 1) ;

II-2-2 Profondeur du système

La philosophie concernant la profondeur d'un système de drainage est très divergente aux

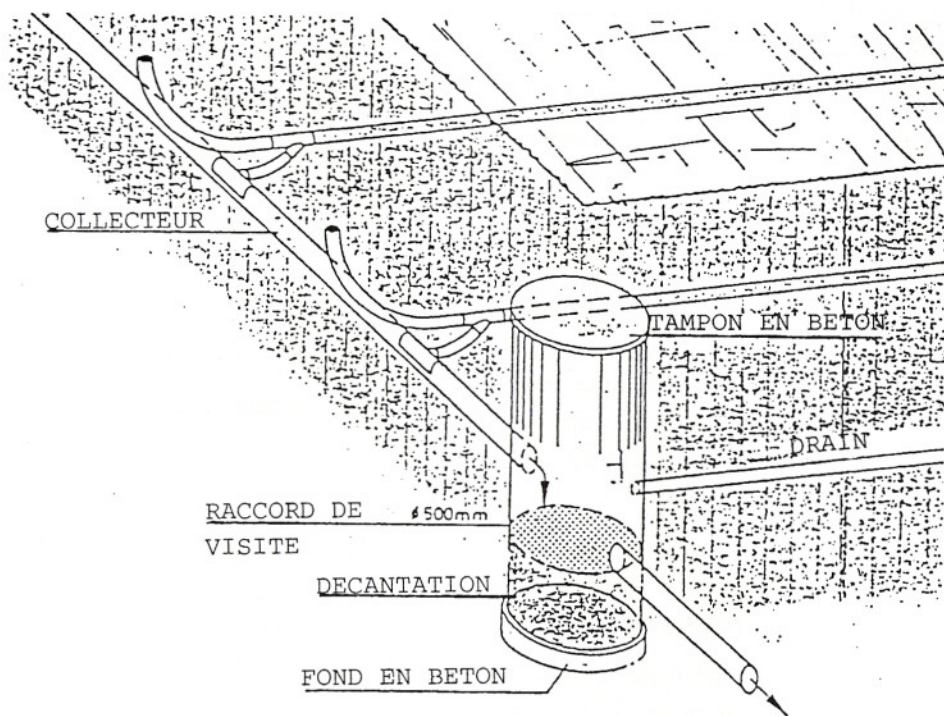


Figure 1 : Système de drainage en collecteur enterré

'Etats-Unis et en Europe. En Amérique du Nord, le drainage assez profond est appliqué, alors qu'en Europe on favorise le drainage peu profond.

Les caractéristiques pour le premier sont les suivantes profondeur du drain de 2 à 3 m, diamètre minimal de 100 mm, écartement de 50/100 m et plus.

Par contre, les caractéristiques européennes sont : 0,80 à 1,50 m de profondeur de drain, 50 mm de diamètre minimal, et 10/20 m et plus d'écartement.

Les conséquences sont importantes. Le système profond est plus ou moins attaché à un système de drain-collecteur en tuyaux pour éviter un très large fossé ouvert de 8 à 10 m de largeur, laquelle est de 5 à 10 m pour un système peu profond. En plus d'une augmentation du problème d'entretien, la perte en surface agricole est évidente. En outre, le système avec un large écartement possède plus de risque de fonctionnement en cas de blocage d'un drain que le système avec un écartement étroit où le non-fonctionnement d'un drain peut être compensé par les drains voisins.

II-2-3 Conséquences pour l'entretien

Il est évident que l'entretien et la réparation pour le système "collecteur-fossé à ciel ouvert" sont faciles à réaliser. Par contre, l'existence d'un problème dans le système "collecteur en tuyau enterré" ne sera généralement constatée que très tard. L'eau stagnante oblige à effectuer les travaux d'entretien ou de réparation dans les sols saturés d'eau, et le raccordement drain/collecteur se trouve sous l'eau. Dans les sols de faible perméabilité, cette opération peut être réalisée sous batardé. Dans les sols très perméables (sable) on n'arrive plus à faire baisser la nappe avec batardé, ce qui oblige à ouvrir sous l'eau le collecteur en un endroit quelconque pour évacuer l'eau stagnante. Plus le système est profond, plus cette opération est difficile.

II-3 Prévention des déficits de construction

La difficulté de déterminer la position exacte d'un drain à partir de la surface du sol a conduit l'Institute Leichtweiss de l'Université de

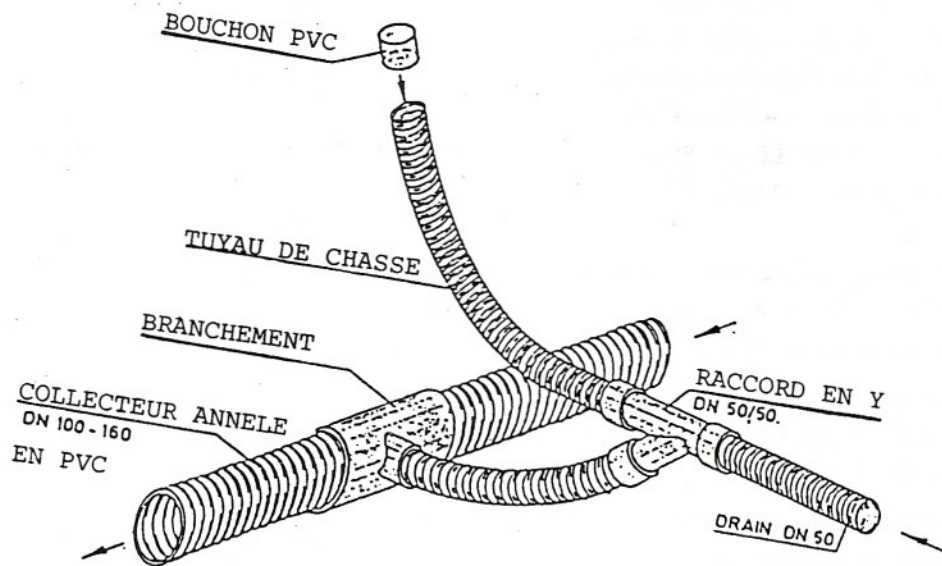


Figure 2 : Raccordement drain/collecteur

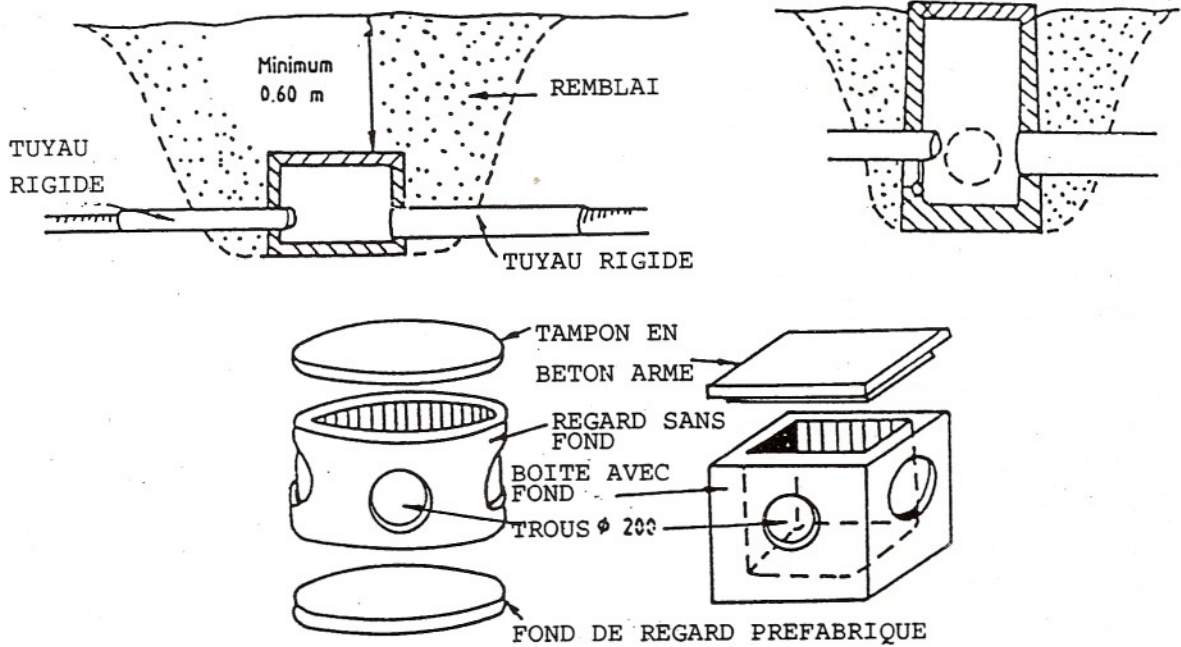


Figure 3 : Boîte de raccordement drain/collecteur

Braunschweig (Allemagne) à développer un appareil électronique hydrostatique capable de mesurer très précisément la position d'un drain enterré. Plus de 100.000 mètres de drains enterrés ont été positionnés et enregistrés à l'aide de cet appareil jusqu'à présent, et l'on peut en tirer les conclusions suivantes :

- très rarement, la position d'un drain peut satisfaire tout à fait aux tolérances prescrites par les normes ;
- on trouve difficilement sur le marché une draineuse sortant de l'usine qui travaille correctement ;
- le drain posé dans la tranchée ouverte (par draineuse excavatrice) change souvent de position pendant le remblaiement de la tranchée.

La norme allemande précise la tolérance du drain au gradient prescrit par ± 2 cm, la norme française prescrit ± 1 cm si la pente est inférieure ou égale à 0,5 %, et $\pm 1,5$ cm si la pente du drain est supérieure à 0,5%. Ces tolérances ne sont pratiquement pas à atteindre. Il n'est pas possible sinon impossible de poser un drain sur 200 m de longueur dans une profondeur de 1,50 m a plus ou moins

Pour ces raisons il est nécessaire de prescrire aux entrepreneurs de drainage des tolérances de pose réalisables et de refuser strictement et catégoriquement tous travaux qui dépassent ces limites, surtout vers une pente négative. Un compromis pour une tolérance praticable est le demi-diamètre du drain. Avec quelques soins, cette tolérance peut être réalisée pour l'exécution des travaux ; la diminution de la décharge hydraulique est minimale donc acceptable [Collins H.-J. (1988) JCID Dubrovnik, Requirements on effective Drainage Systems].

Bien évidemment ces tolérances ne sont pas appliquées pour des drains-collecteurs et collecteurs principaux.

La précision des travaux de pose est donc une condition essentielle pour une limitation des travaux d'entretien et de réparation.

Etant donné qu'une erreur de pose est plus grave en aval qu'en amont du drain, il est recommandé d'installer l'émetteur laser près de l'aval du drain pour compenser les erreurs introduites par la vibration du tripod par vent et par l'influence de la chaleur aux rayons laser à distance.

III- MÉTHODES D'ENTRETIEN ET ÉQUIPEMENT

III-1 Inspection des systèmes de drainage et leurs installations

Les collecteurs secondaire et principal doivent être inspectés au moins une fois par an, préférablement au printemps et en automne. Le collecteur-fossé à ciel ouvert sera révisé en considération de ses dimensions et profils dessinés, des écoulements qui ont pu se produire, de la pousse des plantes d'eau, de la stagnation de l'eau dans les fossés. Toutes ces observations seront reportées dans le cahier d'entretien pour l'exécution.

III-1-2 Surface drainée

La surface drainée doit être inspectée au moins une fois par an, et notamment après des précipitations intenses afin de contrôler l'efficacité du système de drainage et son fonctionnement. Une attention particulière doit être donnée aux aires qui ne sèchent pas continuellement ou très doucement, ainsi qu'aux drains individuels qui fonctionnent moins par rapport aux drains voisins.

En plus, l'observation des cultures permet des concernant l'efficacité du drainage

L'inspection consiste également à vérifier si les arbres et arbustes nouvellement plantés ne peuvent pas avoir d'effet défavorable sur les drains et collecteurs.

Tout ouvrage d'art (sortie drainage, regard d'inspection, station de pompage) doit être contrôlé. Tout signe d'ocre, d'ensablement et d'envasement doit être signalé

Une attention doit être donnée aux sorties de drain et à leur état afin de vérifier si les mesures pour prévenir l'entrée d'animaux sont toujours efficaces.

III-1-3 Constructions nouvelles

Au fur et à mesure, les observations concernant les constructions nouvelles dans le périmètre doivent être évaluées en raison de leur influence au fonctionnement du système de drainage, par exemple construction de routes et pistes, lignes d'eau, d'électricité, digues, bâtiments, etc.

III-2 Rectification d'interruption du drainage

Les méthodes de rectification d'interruption sont :

III-2-1 Observation

L'identification du point d'interruption peut être déterminée par observation de l'aire pendant le séchage. Dans les terrains plats, la cause est normalement localisée dans l'aire saturée d'eau. En terrain en pente, la cause peut également être située en amont du point saturé d'eau.

III-2-2 Excavation

L'excavation d'un certain nombre de points sera exécutée et le tuyau sera extrait et examiné.

III-2-3 Sondages

Dans le cas d'un endommagement local, le blocage à spécifique peut être localisé avec des barres en acier, câbles ou l'utilisation de l'équipement de nettoyage ou directement.

III-3 Systèmes de nettoyage de tuyaux

Il existe deux systèmes de nettoyage de tuyaux : le grattage et le curage.

III-3-1 Le grattage

Le grattage s'effectue à l'aide d'un tuyau en P.V.C. dur ou similaire et d'accessoires spéciaux utilisés conjointement pour éliminer les dépôts. Le

tuyau est introduit dans le drain pour secouer le dépôt et l'évacuer du drain. Il existe divers types d'outils, par exemple dumpling flat en acier, tuyau creux en acier, brosses, etc.

III-3-2 Le curage

Le curage s'effectue à l'aide d'une machine à curage. L'opération consiste à pomper de l'eau dans le drain au moyen d'un tuyau muni d'un jet. Le dépôt est mis en solution sous l'action du jet et expulsé avec l'eau injectée.

La demande d'eau pour le curage est très haute, variant entre 50 à 250 l/min.

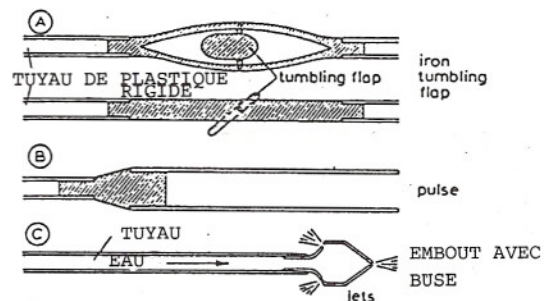
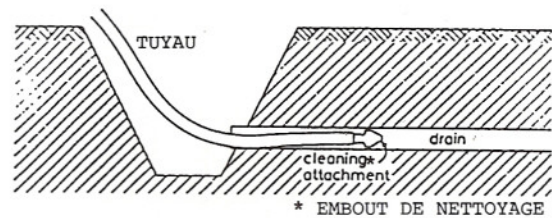


Figure 4 : outils de curage

Fig 4 : Outils de curage.

Il existe deux systèmes d'évacuation, à haute et à basse pression.

La machine d'évacuation à haute pression travaille à 80/120 atmosphères de pression de pompe tandis que la pompe d'évacuation à basse pression travaille seulement à 20/30 atmosphères environ. Les deux systèmes peuvent servir pour des drains jusqu'à une longueur de 350 m. Même des dépôts difficiles et limoneux dus à l'envasement peuvent être éliminés par récurage.

L'élimination de sable est très difficile.

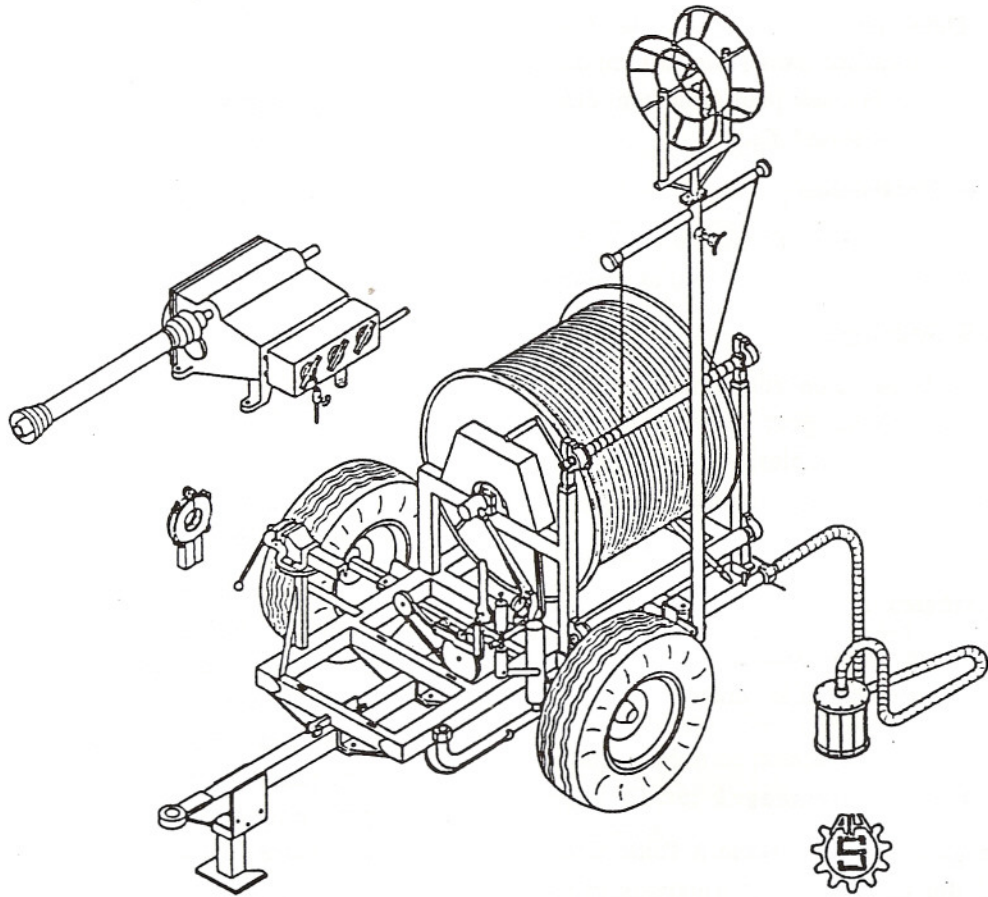
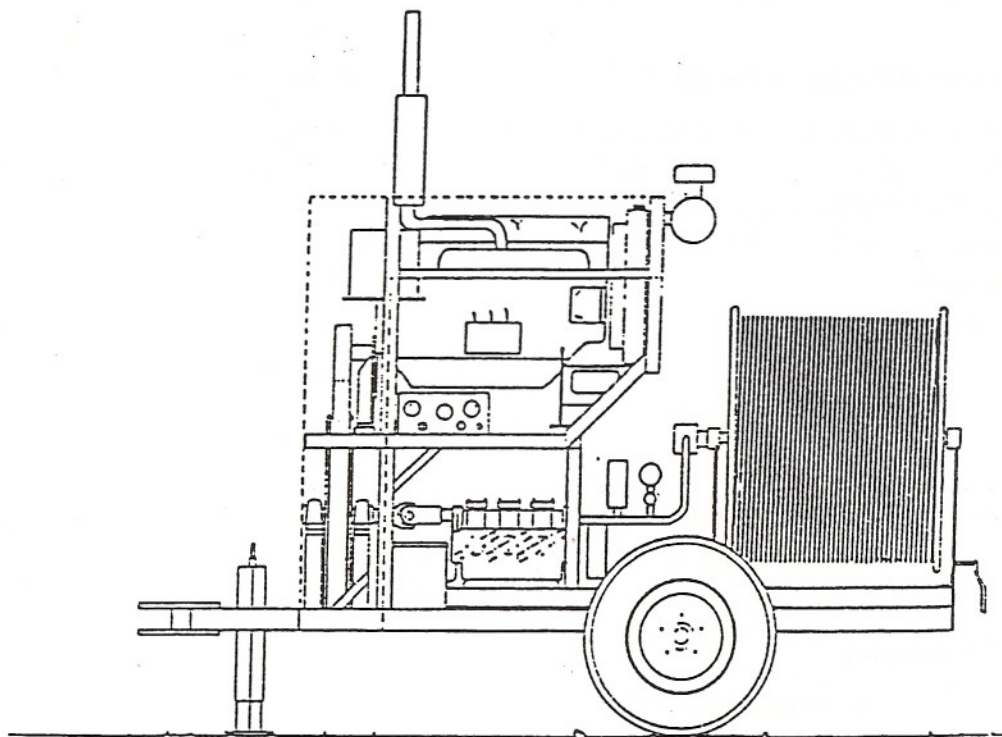


Figure 5 : Machine de curage

Les dépôts d'hydroxyde de fer peuvent être éliminés facilement par n'importe quelle méthode de nettoyage.

Par contre, le déblocage des racines de plantes est une opération habituellement difficile, même avec la machine à haute pression. Une solution serait l'emploi d'appareils en forme de lame de scie connectés avec le jet pour

détruire les racines dans les drains et évacuer les débris.

Très souvent le nettoyage des drains bloqués par des racines ne sera pas possible ; il ne reste que la possibilité d'excavation et reprise du drain entier ou de la pièce bloquée et le remplacement par un nouveau drain ou une nouvelle section de drain.

BIBLIOGRAPHIE

COLLINS, H.J. (1985) : German Program for International Seminars, Title "Drainage", Section Quality Control of Pipe-laying, page 255 - 279, (DVWK)

EGGELSMANN, R. (1981) : Drananleitung

Fachnormenausschuss Wasserwesen (FNW) im Deutschen Normenausschuss (1973) : DIN 1185, Part 1, 2, 3, 4, 5 - Regelung des Bodenwasser-Haushaltes durch Rohrdränung, Rohrlose Dränung und Unterbodenmelioration.

DIN 1187 (1973) : Dränrohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC hart) ; Masse, Anforderungen, Prüfungen.

International Commission on Irrigation and Drainage/Westland G.F., (1990) : Guidelines on the Construction of Horizontal Subsurface Drainage Systems, co-author section 5 Equipment, author section 6 Construction Methods, JCID.

International Institute for Land Reclamation and Improvement (1974) : Drainage Principles and Applications - Vol. IV, Design and Management of Drainage Systems.

OLLIER, Ch., POIREE, M., (1981) : Assainissement Agricole.

WESTLAND, G.F., (1985) : German Program for International Seminars, Title "Drainage", Section Sub-surface Drainage Construction,

Part I : Advanced Drainage Construction, page 172 - 196.

Part II : Construction Equipment, page 197 - 259, Lisbon, Portugal, DVWK.

WESTLAND, G.F., (1989) : International Seminar "Drainage", organized by CDG, ORMVAG, ANAFID, GTZ, DVWK in Kenitra, Marokko,

Subsection 6 : Matériel de construction

Subsection 8 : Installation des drains, DVWK.

WESTLAND, G.F., (1990) : 4th International Workshop Land Drainage (ICID) in Cairo, Egypt, Paper 12 : Quality Control, Monitoring and Evaluation, page 169 - 182, JCID.

MAINTENANCE DES RÉSEAUX D'ASSAINISSEMENT AGRICOLE

William POUBELLE (1)

R É S U M É

Après la réalisation des travaux de premier établissement, les maîtres d'ouvrage de travaux d'hydraulique agricole se trouvent confrontés à la nécessité d'entretenir les émissaires aménagés. L'auteur rappelle les différents points sur lesquels porte l'entretien du réseau hydraulique de surface et décrit les différentes solutions techniques de mise en oeuvre.

Il montre que les principales difficultés ne sont pas d'ordre technique, mais de nature institutionnelle et relationnelle. Parmi les facteurs de réussite d'une politique d'entretien, il souligne, notamment, (1) les dispositions de nature interne à la maîtrise d'ouvrage, et (2) les moyens juridiques mis à la disposition des maîtres d'ouvrage, en particulier vis-à-vis des riverains et tiers intéressés.

L'auteur conclut sur le rôle-clef joué par le maître d'ouvrage et les opérateurs chargés de l'entretien dans la mobilisation des intéressés sur les problèmes collectifs d'entretien des réseaux de surface.

MOTS-CLES : *Entretien des réseaux hydrauliques, Maintenance, Emissaires, Aspects juridiques.*

A B S T R A C T

Managers of irrigation and drainage systems need to develop maintenance plans, so that long-term works' operating may be achieved. The different elementary technical parts of maintenance and available techniques are described. The author emphasizes that the institutional aspects are the most touchy points of a maintenance policy.

Any management authority should develop well structured arrangements for user involvement in maintenance procedures. In legal matters, a special attention is to be paid on farmers' responsibilities within maintenance and on cost-sharing aspects.

William POUBELLE : Maintenance of open-ditch drainage networks

(1) Chef de Service, D.D.A.F. Maine et Loire, Cité Administrative, Rue Dupetit Thouars, 49043 ANGERS CEDEX

INTRODUCTION

Aussitôt après la réalisation des fossés d'assainissement agricole la végétation prend possession de leur lit.

On observe notamment la naissance de plantes aquatiques ou semi-aquatiques. Ces plantes, qui sont différentes selon la nature du sol et le climat en particulier, s'enracinent solidement par des rhizomes et, si la main de l'homme n'intervient pas, elles se développent et se multiplient rapidement. Elles envahissent alors progressivement les fossés, entraînant, d'une part, un ralentissement croissant de la vitesse d'écoulement de l'eau et, d'autre part, la formation d'atterrissements qui s'étendent de plus en plus et réduisent la section de l'émissaire.

On observe également que les perturbations générées par la réduction de section d'écoulement aux ouvrages de franchissement provoquent des atterrissements et des affouillements à leur entrée et à leur sortie ; s'il n'y est pas remédié, les premiers réduisent progressivement la section d'écoulement de ces ouvrages et les seconds entraînent notamment une érosion des talus. Des atterrissements et des affouillements se forment également aux changements de direction des fossés.

Des branches d'arbres tombent dans les fossés et constituent de nouveaux obstacles à l'écoulement des eaux. S'ils ne sont pas enlevés, ces obstacles sont parfois graves de conséquences lorsque, charriés par le courant, ils se bloquent à une entrée d'ouvrage de franchissement, ce qui se produit fréquemment en raison de la modeste section qu'ont, le plus souvent, ces ouvrages en matière d'assainissement agricole.

En l'absence de surveillance, on constatera aussi, malheureusement trop souvent, une dégradation des émissaires du fait de l'homme : débris divers jetés dans le lit ; détérioration des talus par les animaux et le matériel agricole ; ouvrages construits en bordure ou sur le fossé qui réduisent la section d'écoulement, etc.

Enfin, indépendamment des obstacles divers dont il a été fait état ci-dessus, le lit tend à s'encombrer des matières dont sont chargées les

eaux. Ces matières se déposent d'autant plus facilement que la vitesse d'écoulement est faible. Au fur et à mesure que les dépôts s'élèvent la section mouillée diminue.

C'est ainsi que si les fossés sont abandonnés à eux-mêmes, rapidement, quelques années suffisent parfois, ils ne peuvent plus assurer l'écoulement des eaux de ruissellement et de drainage. Il en résulte des débordements sur les terres riveraines qui, de plus en plus fréquemment inondées, retournent à leur état ancien. La surélévation du plan d'eau entraîne à son tour une mise en charge croissante et prolongée des réseaux de drainage, un ralentissement de la vitesse de ressuyage des terres, et des risques sérieux de colmatage des collecteurs et des drains. Quand l'envasement des fossés atteint la sortie des collecteurs, le débit de ceux-ci diminue progressivement pour devenir nul ; le drainage alors ne fonctionne plus et les tuyaux se colmatent rapidement, parfois irrémédiablement.

Préalablement à la détermination des travaux d'entretien sur les fossés d'assainissement agricole, il y a lieu de rappeler, puisqu'aujourd'hui l'assainissement des terres par fossés à ciel ouvert seuls apparaît très souvent insuffisant, qu'il est donné généralement à ces émissaires les deux fonctions suivantes :

(1) écouler les eaux de surface dans des conditions qui ne soient pas dommageables pour les terres riveraines, et,

(2) recueillir et évacuer les eaux provenant de réseaux de drainage. Ils sont parfois également utilisés pour évacuer les excès d'eau en collature pendant la période d'irrigation.

Les réseaux de fossés ont donc des fonctions qui ne sont pas identiques à celles des réseaux hydrographiques à écoulement pérenne, pour l'entretien desquels l'environnement (paysage, faune, flore..) est à prendre tout particulièrement en compte. La densité de ces derniers est, de plus, sensiblement moindre. Enfin, le régime généralement intermittent des fossés permet un travail "à sec" qui n'est pas possible dans les cours d'eau. Pour ces raisons, les moyens et méthodes à mettre en oeuvre seront différents.

L'entretien devra tendre à maintenir les fossés et ouvrages dans leurs section et profils d'origine ; il comprend les opérations suivantes :

- le faucardement ;
- l'enlèvement des obstacles à l'écoulement des eaux et la réfection des ouvrages ;
- le curage.

Il implique en outre une surveillance permanente du réseau.

Le faucardement

Le faucardement est l'opération qui consiste à faucher ou à détruire les plantes aquatiques et semi-aquatiques, la végétation ligneuse ou arbustive, les herbes susceptibles de gêner l'écoulement de l'eau, se développant dans le lit des fossés et sur les rives. Il ne doit cependant pas entraîner la destruction des herbes qui, recouvrant les talus et fonds des fossés, les protègent de l'érosion.

Les produits du faucardement doivent être rejetés sur les berges pour y être enlevés ou détruits. En aucun cas, ils ne doivent être rejetés dans les fossés où ils risquent de former, en raison de leur volume, de sérieux obstacles à l'écoulement des eaux, voire d'obstruer les ouvrages de franchissement de faible section.

Le faucardement est à faire en principe une fois par an, à l'approche de la saison des pluies. Il peut être effectué de trois manières :

a- Le faucardement annuel :

Le travail de coupe des herbes nuisibles est effectué à la faux à partir du fond du fossé. Cette manière de faire donne, en l'état actuel des choses, les résultats les plus satisfaisants. Mais elle exige une main d'oeuvre dont l'abondance est telle qu'elle ne peut être appliquée que si elle ne s'oppose pas à des contraintes humaines, sociales et économiques trop pressantes. Aussi, est-elle aujourd'hui abandonnée dans nombre de pays.

b- Le faucardement mécanique :

Il est généralement exécuté à l'aide d'une faucheuse, équipée ou non d'un panier qui ramasse la végétation coupée, ou par une débroussailluse.

Aucun de ces engins ne donne cependant entière satisfaction. Il conviendrait, en effet, qu'en une seule passe l'herbe soit fauchée sur toute l'étendue du lit, pulvérisée et rejetée sur les rives ; une telle machine à notre connaissance n'existe pas encore.

c- Le faucardement chimique :

Ce faucardement peut être efficace et est le moins onéreux. Il est effectué à l'aide de produits désherbants qui doivent être choisis avec la plus grande attention car il est indispensable qu'ils ne soient pas dangereux à l'homme ou à la faune, et qu'ils n'endommagent pas les récoltes. Ces produits doivent être sélectifs afin qu'ils ne détruisent pas la végétation qui assure la stabilité des talus.

Pour ces raisons, ce type de faucardement, dont les effets secondaires ne sont pas toujours perceptibles à brève, et, même, moyenne échéance, doit être mis en oeuvre avec les plus grandes précautions et, dans la mesure du possible, par des spécialistes.

L'enlèvement des obstacles à l'écoulement des eaux et la réfection des ouvrages

Cette opération a pour objet l'enlèvement des atterrissements et le comblement des affouillements, le dégagement du lit des branches, arbres et détritiques qui l'encombrent, la remise en état des talus érodés, le dégagement des ouvrages de franchissement, etc. Le travail doit impérativement être effectué une fois par an, de préférence avant la saison des pluies.

Le curage

Le curage a pour objet de débarrasser les fossés des vases dont ils sont envahis, et, s'il y a lieu, des herbes, détritiques et débris de toutes sortes dont l'amoncellement entrave l'écoulement des eaux. Il devient une opération de recalibrage lorsqu'il comprend une réfection des berges défectueuses. Sauf main d'oeuvre abondante et peu coûteuse, il est généralement exécuté à la pelle mécanique. Dans certains cas, en particulier lorsque le volume des vases à extraire est peu important, le recours à une cureuse, voire à une suceuse si la teneur en eau des vases le permet, peut être préférable.

Les produits de curage sont déposés en cordon le long des rives des fossés. Riches en azote notamment, ils sont régalez sur les terres riveraines après dessiccation. La périodicité du curage varie selon la nature des terres, la vitesse d'écoulement et le régime des eaux, le tracé des fossés. Il convient, pour qu'il soit efficace, qu'il soit exécuté sur des sections aussi longues que possible.

Pour permettre l'exécution de ces différentes opérations dans des conditions satisfaisantes, il est utile d'établir le long des rives une servitude de largeur suffisante pour le passage des engins mécaniques.

Surveillance

Il est indispensable qu'aucun riverain ne se livre sur le réseau des fossés, aménagement à caractère d'intérêt collectif, à des actions qui puissent compromettre le libre écoulement des eaux et, ainsi, porter atteinte aux intérêts des autres. Il est donc nécessaire qu'un règlement définisse les droits, devoirs et obligations de chacun. Ce règlement devra, en particulier, soumettre à autorisation la construction de tous ouvrages dans le lit ou au dessus des fossés susceptibles de perturber l'écoulement des eaux. Le respect de ces dispositions devra faire l'objet d'un contrôle régulier.

LES FRUITS DE L'EXPÉRIENCE

L'expérience de la mise en oeuvre de ces différentes opérations conduit à formuler quelques recommandations utiles.

Sur l'exécution des travaux

Les travaux d'entretien varient selon les régions, le climat, le régime des pluies, le relief, les sols et leur utilisation, les pentes, la végétation... et les hommes. Cette variabilité s'oppose donc à une certaine forme de planification. Elle exige également que les travaux soient effectués avec discernement ; il en résulte que l'entretien manuel, lorsqu'il est économiquement et socialement concevable, est celui qui offre le plus de garantie de bonne exécution.

Sur la fréquence des travaux

Les facteurs ci-dessus déterminent également la fréquence des travaux à exécuter, qui variera selon les réseaux, les fossés et même les sections de fossés. D'une manière générale, afin de réduire les dépenses, le faucardement et le curage des fossés peuvent être différés tant que leurs fonctions ne sont pas compromises.

Sur la maîtrise d'ouvrage des travaux

Les travaux d'entretien peuvent être exécutés ou par les riverains, ou par un organisme regroupant les intéressés, ou, enfin, par la ou les collectivités publiques concernées. Le choix entre ces différentes formules est fonction du contexte social, économique et administratif.

La première n'est cependant concevable que si les riverains sont les seuls usagers des fossés, ce qui n'est que rarement le cas lorsque ces ouvrages reçoivent des eaux de drainage ou des eaux excédentaires d'irrigation. Elle exige en outre un sens particulièrement développé de la solidarité et de la discipline. L'expérience montre que cette formule est vouée à plus ou moins long terme à l'échec, sauf, à la rigueur, à être soumise au contrôle d'une autorité vigilante et disposant de moyens de coercition efficaces.

La formule d'une exécution des travaux par une association réunissant l'ensemble des intéressés, riverains et non riverains, peut être envisagée plus particulièrement sous les deux formes ci-après :

1- l'organisme dirigeant de l'association assure la surveillance et la gestion du réseau, apprécie l'opportunité et l'étendue des travaux à exécuter, coordonne les actions à mener, et contrôle leur exécution. **Les travaux sont effectués par les intéressés**, mais, en cas de défaillance de certains d'entre eux, les travaux sont effectués d'office par l'association, à leurs frais.

2- en plus des missions indiquées ci-dessus, l'organisme dirigeant fait procéder lui-même aux travaux, les dépenses étant réparties entre les membres de l'association selon leur degré d'intérêt.

Une question se pose : ces associations doivent-elles regrouper les propriétaires ou les exploitants ? S'il n'y a pas d'obstacle juridique ou autre, la préférence doit être donnée aux associations d'exploitants, ceux-ci étant les plus soucieux du maintien en bon état du réseau de fossés.

Une maîtrise d'ouvrage assurée par une collectivité publique est assurément une formule séduisante, car administrativement plus simple. L'expérience montre cependant qu'avec le temps, les collectivités publiques, qui ne sont généralement pas directement concernées, ont tendance à négliger leur mission. Enfin cette prise en charge, quand bien même les intéressés sont-ils appelés à participer au financement des dépenses, les désresponsabilise, ce qui présente, à terme plus ou moins rapproché, de graves inconvénients.

Surveillance du réseau de fossés

Pour les réseaux de quelque importance, il est souhaitable que l'organisme chargé de leur entretien dispose des services d'un agent qui veille au respect des dispositions réglementaires par les intéressés. Cet agent, dont la mission est essentiellement de nature préventive plutôt que répressive, contrôle l'état des fossés. Il provoque l'intervention du maître d'ouvrage dès qu'elle est nécessaire. Tout désordre dans l'écoulement des eaux, la tenue d'un

talus ou d'un ouvrage auquel il n'est pas remédié dans les moindres délais s'aggrave en effet rapidement, et occasionne pour les maîtres d'ouvrage défaillants des dépenses sans rapport avec celles résultant d'une intervention immédiate. Un tel agent, qui peut également effectuer les travaux légers nécessaires, est en fait source d'économies.

CONCLUSION

L'entretien des émissaires revêt une importance fondamentale, au point de rendre inutile et illusoire tout investissement en matière d'assainissement agricole si les dispositions nécessaires à l'assurer d'une manière satisfaisante ne sont pas prises en temps utile. L'expérience démontre même qu'il est sage, voire nécessaire, de définir préalablement à la mise en oeuvre des travaux de premier établissement ses modalités d'exécution, son coût et son financement. A titre d'exemple, nous donnons, en annexe au présent texte, un modèle d'arrêté municipal réglementant l'entretien des émissaires d'intérêt général.

Si deux ou plusieurs maîtres d'ouvrage sont susceptibles de réaliser les travaux d'aménagement, le choix devra sans aucune hésitation et impérativement se porter sur celui qui offre les meilleurs garanties quant à la réalisation des travaux d'entretien.

ENTRETIEN MODERNE ET ÉCOLOGIQUE DES FOSSÉS

J. ARMBRUSTER (1)

R É S U M É

On appelle entretien les soins préventifs administrés à intervalles réguliers aux cours d'eau et fossés en vue de maintenir des conditions favorables à l'écoulement des eaux et au bilan hydrique du sol. Le maintien d'un débit suffisant est la base du bon fonctionnement de tout système d'assainissement. Lorsque les fossés d'assainissement ne sont pas entretenus la section d'écoulement se rétrécit et s'envase. Le débit spécifique relatif à l'ensemble du système d'assainissement, à ciel ouvert ou enterré, devient de plus en plus petit, l'efficacité de l'assainissement de plus en plus faible.

Les exigences techniques ne doivent pas occulter les aspects écologiques. Il est donc nécessaire de préparer et de planifier les travaux d'entretien avec rigueur et méthode.

Les opérations d'entretien des fossés et leur planification sont décrites à partir des solutions mises en oeuvre dans la plaine du Rhin supérieur.

A B S T R A C T

Maintenance is the regularly recurring routine servicing and taking care of the water and ditches, in order to maintain a good condition of the water flow and soil water-balance. The up-keep of a sufficient water runoff is the basis for the functioning of each drainage system. Open drains which are not maintained become overgrown and are filled up by sedimentation. The recipient for the whole surface and groundwater drainage system becomes constantly smaller and the success of drainage is seriously decreased. With these technical requirements also the ecological aspects have to be considered. Therefore, maintenance work must be prepared systematically and planned at a scheduled time. The extension of the maintenance work of ditches is shown by an example of the Upper Rhine Plain.

I- POURQUOI ENTRETENIR LES FOSSÉS ?

On appelle entretien les soins préventifs administrés à intervalles réguliers aux cours d'eau et fossés en vue de maintenir des conditions favorables à l'écoulement des eaux et au bilan hydrique du sol. De plus, ces travaux préserveront ou amélioreront l'aspect et les qualités touristiques du paysage.

Le maintien d'un débit suffisant est la base du bon fonctionnement de tout système d'assainissement. Lorsque les fossés d'assainissement ne sont pas entretenus la section d'écoulement se rétrécit et s'envase. Le débit spécifique relatif à l'ensemble du système d'assainissement, à ciel ouvert ou enterré, devient de plus en plus petit, l'efficacité de l'assainissement de plus en plus faible. Un entretien insuffisant entraîne, en principe, des dégâts importants, conduisant à des coûts de remise en état élevés.

Les exigences techniques ne doivent pas occulter les points de vue écologiques. Les travaux d'entretien ont des répercussions sur les biotopes des espèces peuplant un cours d'eau et ses environs, et, partant, sur l'évolution de leurs populations.

Aussi faut-il organiser les travaux d'entretien, à la fois dans l'espace et dans le temps, pour porter le moins possible d'atteintes à la faune et à la flore du cours d'eau et de ses environs. Il est donc nécessaire de préparer et de planifier les travaux d'entretien avec rigueur et méthode.

II- PROGRAMMATION DE L'EXPLOI- TATION ET DE L'ENTRETIEN DES OUVRAGES

Malgré la prise de conscience de la nécessité de travaux d'entretien, on constate que le manque d'entretien constitue, dans le monde entier, un chapitre particulièrement important de tous les projets d'assainissement. La diminution des capacités d'écoulement des fossés d'assainissement résulte, en règle générale, de l'une ou de plusieurs des causes énoncées ci-dessous :

- diminution des moyens financiers ;
- mauvais plans d'exploitation et d'entretien ;

- mauvaise technicité ou manque d'assistance des directions de services ;
- manque de personnel qualifié ;
- manque d'équipements spécifiques d'entretien ;
- mauvaise technique d'entretien ;
- aménagements mal conçus, ne prenant pas en compte les nécessités de l'entretien.

Un entretien de cours d'eau en bonne et due forme nécessite de la part des responsables de sérieux efforts.

Il faut réserver un budget adapté, prévoir la formation du personnel, définir clairement les responsabilités, concevoir ou disposer d'engins mécaniques adaptés, et, surtout, élaborer un programme détaillé d'entretien. De plus il faut un système de surveillance et d'évaluation, pour garantir la réalisation effective des travaux d'entretien, d'une part, pour améliorer les procédures et les techniques, d'autre part.

Tous les systèmes d'assainissement cohérents nécessitent des programmes d'exploitation et d'entretien détaillés.

Ces programmes définissent :

- les responsabilités de l'unité organisationnelle ;
- les travaux nécessaires et les directives d'exécution ;
- le planning des travaux ;
- la liste des engins nécessaires et leur répartition ;
- les directives sur la conduite à tenir en période de hautes eaux.

Le plan d'exploitation et d'entretien est un document évolutif, qui doit toujours être tenu à jour. Périodiquement, il convient de le soumettre à une révision globale pour montrer la nécessité d'améliorations. Il est important de compléter les plans d'exécution et d'enregistrer les modifications intervenues sur le terrain. Les plans de recollement sont, normalement, dressés par les entreprises chargées des travaux ; pour l'efficacité des équipes

d'exploitation et d'entretien ils sont d'une importance tout à fait particulière.

Les travaux de routine doivent être exécutés régulièrement et en temps opportun. Des check-lists

constituent un bon auxiliaire pour une exécution diligente des travaux par le personnel d'entretien. La Banque Mondiale (W.O. OCHS) propose la liste suivante :

Check-list pour l'entretien des fossés d'assainissement

Constat	Remèdes et travaux d'entretien
1- Obstacle à l'écoulement des eaux par suite d'envasement.	1- Curage à l'aide de pelles hydrauliques à câbles.
2- Dépôts généralisés sur plus du 1/4 de la profondeur du profil.	2- Curer à vieux-fond, chercher les causes des dépôts et stabiliser.
3- Dessableurs comblés.	3- Vider.
4- Glissement de berges et érosion.	4- Evacuer les matériaux gênant l'écoulement des eaux, reprofiler les berges.
5- Erosion excessive des berges.	5- Améliorer l'enherbement ; respecter la saison optimale pour la repousse, éventuellement pose de moellons ou de gabions.
6- Erosion du plafond.	6- Vérifier l'érosion des berges et réparer. Si l'érosion persiste et se renforce, stabiliser le plafond, prévoir des seuils.
7- Végétation surabondante.	7- Faucher, couper les haies gênantes.
8- Erosion ou surcreusement aux confluences latérales.	8- Dégager les débouchés, remblayer et compacter par minces couches successives (couches < 25 cm).
9- Usures ou dégradations aux confluences latérales.	9- Réparation ou remplacement des ouvrages détériorés.
10- Erosion à la confluence de fossés secondaires ou d'assainissement agricole.	10- Création d'un ouvrage d'entrée ou de chutes anti-érosion.
11- Détérioration de berges et de plafond par le piétinement des animaux.	11- Installation d'abreuvoirs et, éventuellement, engrillagement.

III- FORMATION ET ÉQUIPEMENT

Pour garantir la solide formation dont a besoin le personnel chargé de l'entretien le On-The-Job-Training (Formation sur les lieux de travail) est l'une des meilleures solutions. Dans le On-The-Job-Training le plan d'exploitation et d'entretien doit être perceptible dans ses principes fondamentaux, les bonnes techniques et les responsabilités sont à clarifier. La formation en salle doit souligner la signification des travaux et la possibilité d'obtenir des résultats tangibles et efficaces. La formation sur le terrain permettra de manoeuvrer les équipements et de se familiariser avec leur entretien. Cet aspect concret est aussi important que la formation en salle. Un bon programme de formation s'avère toujours profitable à long terme.

L'équipement en engins et outillage est un facteur particulièrement important. Tous les travaux doivent être pris en considération pour permettre le choix de l'engin offrant un optimum économique. Ce choix tiendra compte de la productivité des engins, des domaines d'emploi, des possibilités ou nécessités de combiner plusieurs engins, des exigences de l'infrastructure. On tiendra également compte des facilités de conduite des engins, de leur souplesse de mise en oeuvre sur des sites variés, des frais d'entretien, etc.

IV- SURVEILLANCE

La pérennité du fonctionnement des projets d'assainissement doit être surveillée ; les programmes d'inspection font donc partie intégrante du plan d'exploitation et d'entretien. Un tel plan doit définir les diverses responsabilités ainsi que le calendrier des visites. Une check-list relative à la surveillance sera élaborée : elle décrira précisément ce qui sera visité et comment les résultats seront évalués. De plus on y précisera les points qui doivent faire l'objet d'un compte-rendu détaillé aux responsables et à quel moment. D'après W. Ochs, les éléments suivants devraient toujours être contrôlés :

- 1- niveau d'eau ;
- 2- érosion et sédimentation dans les fossés ;

- 3- degré de salinité des sols ;
- 4- qualité physico-chimique des eaux des fossés d'assainissement ;
- 5- l'infiltration dans le sol ;
- 6- la sécurité des ponts ;
- 7- les arbres au-dessus des drains ;
- 8- végétation surabondante le long des fossés ;
- 9- glissement de berges ou instabilité des fossés et des digues.

V- EXEMPLE D'UN PROGRAMME D'ENTRETIEN DE FOSSÉS

Nous explicitons ces considérations générales à partir d'un exemple issu de la plaine du Rhin supérieur. Le périmètre AREKO comprend 600 km² et a été mis en place entre les années 1936 et 1967 pour atteindre les objectifs suivants :

- protection suffisante contre les crues sur l'ensemble du périmètre ;
- débits de transit et de drainage suffisants pour des zones humides et des zones marécageuses, respectivement ;
- création de nouvelles zones pour l'exploitation agricole ;

Ces objectifs ont été pleinement atteints grâce à un réseau complexe composé de 3 types de voies d'eau :

- canaux d'évacuation de crues avec bassins de retenues (en altitude) ;
- fossés profonds et efficaces pour l'assainissement des terres ;
- cours d'eau anciens pour l'utilisation de l'énergie hydraulique (maintenus pour les débits moyens).

Les canaux d'évacuation des crues comportent :

- 74 km de cours d'eau ;
- 5 bassins de retenue totalisant 8,4 millions de m³ ;
- 134 km de digues, et ;
- 45 ouvrages.

Les fossés d'assainissement comportent :

- 214 km de fossés, et ;
- 295 ouvrages.

Toutes ces installations sont entretenues par l'Etat, les fossés secondaires et les drainages parcellaires étant entretenus par les agriculteurs (propriétaires des parcelles).

Pour l'entretien, le Service de Gestion d'Offenbourg dispose de 5 spécialistes, 6 conducteurs d'engins et 4 équipes d'entretien de 7 hommes chacune. Avec 2 fonctionnaires (ingénieur, 1 technicien) on totalise ainsi 41 personnes.

On reviendra ultérieurement sur l'équipement en engins.

L'étendue des travaux d'entretien est déterminée par les facteurs ci-dessous :

● Faible pente

La pente moyenne de la plaine rhénane n'est que de 0,5 à 0,8 pour mille. Les vitesses d'écoulement sont donc très faibles, conduisant à de rapides dépôts. De plus, par suite d'un ombrage insuffisant, combiné avec les faibles vitesses, on assiste à un développement important de la végétation aquatique.

● Berges à pente raide

Beaucoup de fossés sont conçus avec des pentes de berges de 1 : 1,5 ou 1 : 2. Il s'agit en général de berges en terre sans protections particulières. Même de faibles hauteurs d'eau produisent souvent des attaques de berges. Comme le terrain riverain appartient généralement à des

tiers privés et fait l'objet d'une exploitation agricole intensive, ces attaques ne sont pas tolérées par les agriculteurs.

● Utilisation des terres riveraines

Le long de la plupart des fossés d'assainissement l'Etat ne possède aucune bande de terrain. Il n'est donc pas possible de construire des chemins pour l'entretien. Aussi, dans la plupart des cas, l'entretien n'est-il possible qu'après la récolte.

Les travaux d'entretien à réaliser une ou plusieurs fois par an comprennent :

- le faucardement du lit ;
- - le fauchage des berges.

Les travaux d'entretien à périodes de retour irrégulières sont :

- le curage des dépôts et le rétablissement du profil d'écoulement ;
- la protection des berges et du lit ;
- les travaux de débroussaillage et d'ébranchage.

VI- EXÉCUTION DES TRAVAUX MÉCANISÉS D'ENTRETIEN DES FOSSÉS

VI-1 Fauchage des berges

Les berges sont fauchées 1 à 2 fois par an. Les engins mis en oeuvre sont présentés dans le tableau 1, dans lequel le salaire horaire brut a été fixé à 33 DM.

Tableau 1

	Investissement DM	Rendement m ² /heure	Coûts pf/m ²	% des coûts salaires
Roto-faucheuse portée	63.000	1.655	4,1	48,5
Roto-faucheuse tractée	45.000	1.000	5,9	55,9
Faneur andaineur	34.000	950	6,3	55,0
Moto-faucheuse	7.500	480	9,3	76,7

Les engins ci-dessus sont utilisés en fonction du type de cours d'eau, les moto-faucheuses à commande manuelle sur des pentes particulièrement raides.

VI-2 Faucardement du plafond

Le fauchage de la végétation aquatique poussant sur le plafond des fossés se fait à l'aide d'un bateau faucardeur, dès lors que le tirant d'eau atteint environ 60 cm. Souvent on met le fossé en remous pour la durée de l'opération de faucardement. Les faucardeurs bon marché ne peuvent recueillir les produits de fauche. Les herbes coupées sont alors poussées vers l'aval, pour y être extraites à l'aide d'une pelle à câble, puis chargées sur camions et amenées sur une décharge.

VI-3 Panier faucardeur

Pour des fossés plus petits, qui ne sont entretenus qu'une fois par an, on utilise un système de fauchage qui réalise en une seule passe le fauchage des berges, le faucardement du plafond et un curage léger. L'outil spécialement construit pour cet usage est un panier faucardeur, monté sur une pelle hydraulique. Cet outil se compose d'une barre de fauchage derrière laquelle un panier-grille reçoit les produits de fauche. Cet équipement spécial s'est révélé très avantageux car les curages coûteux de ces cours d'eau sont beaucoup plus rares.

VI-4 Entretien des arbres et haies

Le long de beaucoup de cours d'eau on a, ces dernières années, planté des arbres ou des haies à l'intérieur ou à l'extérieur du profil d'écoulement. Cette végétation remplit d'importantes fonctions techniques et écologiques :

- protection des berges ;
- ombrage et réduction de la végétation aquatique ;
- protection contre le vent ;
- protection des oiseaux ;
- amélioration de l'aspect paysager.

Les haies et arbres doivent être entretenus régulièrement. Les obstacles à l'écoulement des eaux doivent être enlevés ; certains bois sont taillés et on procède, par ailleurs, à des replantations.

VI-5 Compostage

Les produits du faucardement et du fauchage, ainsi que les bois broyés sont compostés et, après 2 ans environ, le compost est généralement remis gratuitement à des agriculteurs intéressés.

VI-6 Curage des dépôts

Dans les fossés d'assainissement de la plaine du Rhin supérieur se produisent d'importants dépôts, tant et si bien que, tous les 10 ans, un curage général est nécessaire. Le profil est curé d'aval en amont à l'aide de pelles mécaniques. Le curage d'aval en amont s'impose pour que l'eau puisse s'écouler normalement.

Les produits de curage sont déposés sur les berges pour séchage. Ils ne sont incorporés aux sols voisins que lorsque la pente en direction du cours d'eau est préservée. Très souvent il est nécessaire d'évacuer les produits pendant la saison sèche. Ils sont alors déposés en minces couches sur des parcelles agricoles basses.

VI-7 Attaques de berges, érosion du plafond

Il y a une quinzaine d'années encore, les attaques de berges et les sections sujettes à érosion du plafond étaient pavées. Avec minutie, on insérait des moellons de protection sur les surfaces planes ou on les noyait dans du béton, suivant le cas. Ce mode de réparation est, d'une part, très onéreux (uniquement travail manuel) et, d'autre part, peu naturel car offrant des surfaces lisses. Les animaux et végétaux n'y trouvent pas de gîte. Aujourd'hui on procède à la pose de moellons en vrac. Ce mode très bon marché est, de surcroît, très favorable aux animaux et végétaux qui trouvent dans les nombreux vides leur gîte.

L'érosion du plafond est évitée par la mise en place de seuils, généralement en moellons jetés, plus rarement en bois.

Ces seuils fixent le niveau du plafond. L'érosion régressive dans les fossés latéraux est également arrêtée par des jets de pierres dans la zone de confluence.

Les berges menacées par l'érosion sont souvent plantées sur l'une des rives, afin que le tissu

Plan d'entretien

Cours d'eau : Rheinniederungskanal

N° d'ordre	Désignation des travaux d'entretien	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1	Faucardement du lit (avec bateau-faucardeur) 3x					■	■	■	■	■	■		
2	Fauchage des berges (Côté lit) 2x							■	■	■	■		
3	Curage de dépôts reconstitution du profil d'écoulement.	■	■	■	■								
4	Travaux de consolidation des berges et du plafond. Suppression des dégâts de crues.						■	■	■	■	■		
5	Travaux d'entretien des arbres et haies.	■	■								■	■	■

Tableau n° 3

Importance des travaux d'entretien dans le périmètre de l'AREKO

Type de travaux d'entretien	Heures de travail 1978		Heures de travail 1981		Heures de travail 1984	
	h	%	h	%	h	%
1. Fauchage, Faucardement	23 811	43.22	22 557	42.10	21 561	43.54
2. Elimination des produits de fauche	9 744	17.69	11 148	20.81	7 610	15.37
3. Curages et dégâts aux berges et lit	15 097	27.40	14 016	26.16	11 839	23.91
4. Entretien des ouvrages	1 803	3.27	2 970	5.54	2 955	5.97
5. Entretien haies, arbres, plantations	881	1.60	1 312	2.45	5 036	10.17
6. Service hautes eaux	3 753	6.82	1 572	2.94	516	1.04
SOMME	55 089	100.00	53 575	100.00	49 517	100.00

radiculaire fixe les terres. L'effet secondaire est l'ombrage.

La plantation unilatérale préserve la faisabilité du curage mécanique des fossés. On ne plantera pas de trop longues sections d'un seul tenant. Chaque plantation a besoin de soins tous les 4 ans, pour que les jeunes plantes ne dépérissent pas.

VI-8 Programmes d'entretien

Tous ces travaux sont décrits dans les programmes d'entretien et répartis sur l'année. Ainsi peut-on planifier l'intervention du personnel et la mise en oeuvre de l'équipement. De plus, il est possible de mieux tenir compte des aspects écologiques par le choix de périodes d'intervention adaptées. A titre d'exemple le tableau 2 reproduit un tel programme.

En comparant l'étendue des divers travaux au cours d'années successives, on constate que les travaux de fauchage ne sont pas modifiés, tandis que les travaux d'entretien de la végétation sont passés de 1,6 % à 10 %, démonstration, s'il le fallait, de l'importance grandissante des préoccupations écologiques (tableau n°3).

VI-9 Utilisation d'herbicides

En R.F.A. on constate, ces dernières années, une diminution de la consommation d'herbicides dans ou le long des cours d'eau. En eau courante, l'usage d'herbicides est interdit. Sur les berges on ne les utilise pratiquement plus car on ne peut exclure leur contact avec l'eau. Sur des berges sèches l'emploi d'herbicides peut éventuellement être envisagé. Le Service de Gestion d'Offenbourg

n'utilise plus d'herbicides depuis plus de 10 ans car, dans le passé, leur emploi a provoqué des mortalités de poissons et des effets négatifs sur des parcelles agricoles riveraines.

Du point de vue écologique l'usage d'herbicides est à proscrire en raison d'effets possibles sur les cours d'eau et l'environnement.

VII- COMPARAISON DES COÛTS ET ÉQUIPEMENTS

VII-1 Eléments de coût de l'entretien

Le choix des engins tiendra compte des éléments suivants :

- coûts d'investissement ;
- coûts de personnel ;
- productivité ;
- coût/m² ;
- fiabilité ;
- disponibilité des pièces détachées ;
- polyvalence des engins.

VII-2 Fauchage des berges

Pour le fauchage des berges on trouvera en VI-1 les productivités horaires ainsi que les coûts/m². En prenant pour base une surface de 100.000 m² on a : (Tableau 4)

Pour une disponibilité en pièces détachées moyenne la fiabilité d'un seul engin par rapport à la mise en oeuvre de 2 ou 4 est plus faible.

En prenant un salaire horaire brut valant respectivement 11, 22 et 33 DM/h on a : (Tableau 5)

Tableau 4

E n g i n	Temps de fonctionnement (h)	Salaire horaire 33 DM		Salaire horaire 22 DM		Salaire horaire 11 DM	
		Coûts Horaire	Σ	Coûts Horaire	Σ	Coûts Horaire	Σ
Rototracteur porté	60	68	4.080	57	3420	46	2760
Rototracteur tracté	100	59	5.900	48	4.800	37	3.700
Faneur-andaineur	105	60	6.300	49	5.145	38	3.990
Motofaucheuse	208	43	8.944	32	6.656	21	4.368

Tableau 5

Engin	Durée(h) avec 1 engin	Nbre d'engins nécessaires pour une durée	Investissement en DM égale	Personnes	Fiabilité
Rotofaucheur porté	60	1	63.000	1	0
Rotofaucheur tracté	100	2	90.000	2	+
Faneur audaineur	105	2	68.000	2	+
Motofaucheuse	208	4	30.000	4	++

Sur cette base on constate que même la réduction du salaire horaire de 33 DM à 11 DM ne modifie pas les relations entre les divers engins. Même pour un salaire horaire de 11 DM, le rendement du rotofaucheur porté reste le facteur déterminant : dans le cas de l'AREKO on utilise des rotofaucheurs portés ou tractés (lorsqu'il y a beaucoup de transports annexes) combinés avec des moto-faucheuses.

Les moto-faucheuses ne sont toutefois utilisées qu'à des endroits particulièrement délicats, c'est-à-dire des berges excessivement raides ou en l'absence de voie de roulement.

VII-3 Faucardement du lit

Le coût d'un bateau faucardeur est de l'ordre de 75.000 DM, conduisant à un prix de faucardement de 5 Pf./m². A ce prix s'ajoutent les frais d'extraction, en des points particuliers, des herbes coupées. Sans extraction des herbes faucardées on provoquerait une forte réduction de la teneur en oxygène de l'eau et donc une mortalité des poissons.

Une pelle hydraulique avec panier-faucardeur coûte environ 160.000 DM, conduisant au coût, très élevé, de 22 Pf./m². Il faut toutefois remarquer qu'avec le panier-faucardeur on ne réalise pas seulement les travaux de faucardement mais aussi des travaux de curage. De surcroît, une seule passe permet de traiter le lit et les berges. La pelle avec panier-faucardeur est utilisée pour des petits fossés avec de faibles tirants d'eau. Chaque fois que le tirant d'eau le permet, on utilise un bateau faucardeur.

VII-4 Équipement

La composition de la liste d'équipements dont dispose chaque équipe d'entretien de l'AREKO, composée d'un chef d'équipe et de 6 hommes, a été arrêtée comme suit :

- 1 Minibus
- 1 Rototracteur porté ou tracté
- 3 Motofaucheuses.

A l'échelon central l'AREKO dispose, de plus, de matériels communs à toutes les équipes :

- 1 bateau faucardeur
- 1 pelle à câble
- 1 pelle hydraulique avec panier-faucardeur
- 1 Unimog avec outils agricoles
- 1 niveleuse
- 1 camion (d'autres sont loués, besoin 4)
- 1 camion léger d'approvisionnement (acheminement de pièces détachées)
- 4 véhicules de chargement.

Le personnel de surveillance dispose d'un véhicule léger ; les transmissions, particulièrement importantes en période de hautes eaux, se font par radio.

VIII- CONCLUSION

Les travaux d'entretien réalisés par le Service sont complétés, lorsqu'ils atteignent une certaine ampleur, grâce au recours à des entreprises. Pour des besoins de pointe on loue d'autres pelles, des camions, etc, payés à l'heure.

Une gestion économique des cours d'eau implique la couverture des pointes - surtout s'agissant d'activités courantes - par des entreprises extérieures. Le matériel du Service doit couvrir les travaux de base et des fonctions spéciales.

L'exécution des travaux d'entretien de l'AREKO répond de façon satisfaisante aux souhaits et à l'attente des communes et des propriétaires qui, de leur côté, réalisent eux-mêmes l'entretien des fossés secondaires (communes) et des parcelles (propriétaires).

Cette satisfaction a plusieurs motifs :

- le Land Bade-Wurtemberg supporte les frais d'entretien à 100 % ;

- le personnel d'entretien est motivé et bien formé ;
- les outils et moyens financiers nécessaires sont disponibles ;
- les programmes d'entretien ont été coordonnés avec les communes et les agriculteurs ;
- le contrôle est permanent et les défauts constatés sont immédiatement réparés.


La motivation des ouvriers résulte pour partie du fait que la plupart d'entre eux ont simultanément une activité agricole annexe, dans le périmètre qu'ils entretiennent, et qu'ils connaissent donc l'importance de leur travail.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

OCHS W.J., 1988 - Réalisation et entretien des réseaux d'irrigation et de drainage. 15^{ème} conférence régionale européenne de la C.I.I.D. sur l'aménagement des eaux en agriculture. Dubrovnik. Volume 3.

Wasserwirtschaftsamt Offenbourg - Note interne.


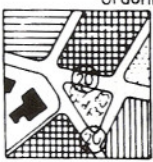

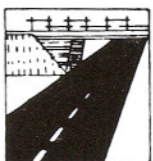


DVWK., 1984 - Aspects écologiques de l'aménagement et de l'entretien des cours d'eau. DVWK, Merkblatt 204.



المغرب
SCET-MAROC

الشركة المركزية لتجهيز البلاد المغرب
SOCIÉTÉ CENTRALE POUR L'ÉQUIPEMENT DU TERRITOIRE - MAROC
SCET.MAROC
Société anonyme au capital de 3 800 000 DH
RABAT Tel (07) 320 22 / 320 23 / 304 49 / 33, 20
30, Charia Al Alaouyine - RABAT - Telex n° 31 9057 M
Filiale CAISSE DE DEPOT ET DE GESTION (C.D.G.)

NIVEAU DES ETUDES

<p>Etude Générales, Plans Directeurs Factibilité Avant-projet sommaire Avant-projet détaillé, Projet d'exécution</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>DEPT INFRASTRUCTURES URBAINES</p> <p>Alimentation en eau potable (Adduction, distribution) Assainissement, Traitement d'eau potable et usée, Stations de pompages, Equipement de lotissements, VRD</p> </div> </div>	<p>Dossiers de consultation des entreprises Contrôle général des travaux Ordonnancement, pilotage et coordination</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>CELLULE URBANISME</p> <p>Schéma, Directeurs d'aménagement et d'urbanisme, Aménagement de quartiers, Etudes de plans masse et de lotissement</p> </div> </div>
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>DEPT DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET RESSOURCES EN EAU</p> <p>Inventaire des ressources en eau Pédologie et classement des sols Inventaires culturaux Etudes agroéconomiques, Aménagements hydroagricoles, Barrages collinaires, Ouvrages hydrauliques</p> </div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>CELLULE TRAVAUX PUBLICS ET OUVRAGES D'ART</p> <p>Etudes routières routes nouvelles, Confortement et réaménagement routes existantes, carrefours, ouvrages, portuaires et ferroviaires, Ouvrages d'art</p> </div> </div>
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>DEPT BATIMENT - BETON ARME</p> <p>Toutes études bâtiments tous corps d'état, Ensembles immobiliers, Complexes, Hôtels et touristiques, Ensembles Hospitaliers, Ensembles Industriels Programmes, Education: Lycées techniques, Facultés E.N.S.</p> </div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>CELLULE INFORMATIQUE</p> <p>Réalisation et exploitation de logiciels en gestion et calcul scientifique, Mise en place de systèmes organisationnels et informatiques.</p> </div> </div>