LE DRAINAGE DANS UN SYSTEME D'IRRIGATION

FEUILLE D'EXTENSION NO. 44

JUIN 1987

PAR

R.H. PIZARRO-CARBONE

LE BUREAU EN HAITI

Le Drainage dans un système d'irrigation

Feuille d'extension No. 44
Par R.H. Pizarro-Carbone

1.- Généralités.

Compte tenu que l'irrigation n'est pas 100% efficiente, il y a un excès d'eau qui doit être retirée du terrain agricole; par ailleurs, dans les zones près de la mer ou dans le plateau il y a limitations à l'écoulement de l'eau. Pour palier à ces problèmes il s'avère nécéssaire l'installation d'un système de drainage et celui-ci devient une activité qui favorise la production agricole.

Le drainage consiste à éliminer l'excès d'eau. Il peut être superficiel ou souterrain. Dans les terres agricoles on considère que l'eau est en excès lorsque celle-ci limite la productivité des cultures de telle manière que le drainage agricole vise à l'évacuation de l'excès d'eau et de sels permettant l'obtention des conditions favorables pour la production agricole. En conditions naturelles le drainage est l'élimination de l'eau gravitationnelle de la surface du sol et de la zone des racines. Du point de vue de Génie Rural le drainage est le contrôle du niveau de la nappe phréatique et de la salinité afin de créer des conditions d'humidité et d'aéreation pour le développement des racines.

Dans les zones arides et semi-arides de faible précipitation et forte évaporation l'absence de drainage ainsi que la mauvaise application de l'eau à la parcelle sont à l'origine de la salinisation; si le niveau de la nappe phréatique est proche de la surface du sol il y a ascension des sels par l'écoulement capillaire.

L'excès d'eau en provenance de l'irrigation peut se présenter comme étant du ruissellement superficiel ou comme percolation profonde. L'excès d'eau dépend de la façon d'appliquer l'eau à la parcelle, du type de sol et des pertes d'eau dans les canaux. L'eau superficielle peut être contrôlée soit par l'amélioration de l'efficience d'application de l'eau, par les revêtements des canaux soit par la construction d'un système de drainage. La percolation favorise la remontée du niveau de la nappe phreatique ceci est controlé par l'installation d'un reseau de drainage.

2.- Les bénéfices du drainage.

Le drainage augmente l'aéreation du sol, facilite le labourage, améliore la structure du sol, augmente la profondeur effective des racines ce qui augmente la disponibilité de l'eau pour les plantes, diminue les problèmes phytosanitaires, évite la salinisation du sol et améliore la santé publique. Cependant, compte tenu que la production agricole est le résultat de l'interaction d'un ensemble d'éléments on ne peut pas isoler l'effet du drainage; par exemple il y a de sols de productivité marginale en absence de drainage qui deviennent très productifs lorsqu'il y a un système de drainage mais ces sols ont besoins d'autres intrants tels que l'irrigation, les fertilisants, la mécanisation, le contrôle des mauvaises herbes etc; lorsque le sol est drainé le planteur peut planter de cultures plus rentables ce qui augmente aussi son bénéfice.

3.- Facteurs à tenir compte dans le drainage.

Le sol.

Le drainage souterrain des terres agricoles est l'évacuation de l'excès d'eau et des sels. L'eau coule à travers le sol celui-ci peut être une contrainte pour le drainage. L'étude pédologique et la classification du sol sont préalables à la planification d'un système de drainage. Egalement on doit tenir compte de la qualité du sol aussi

bien du point de vue physique (structure, texture, porosité et conductivité hydraulique) que chimique (conductivité éléctrique et teneur en sodium, calcium, magnésium et le pH). Du point de vue chimique les sols sont classés en 1) alcalins si la teneur en sodium interchangeable dépasse 15%, la conductivité électrique du sol est inférieur à 4 mmhos/cm, et le pH est supérieur à 8,5; ce type de sol demande l'application d'amendements pour éviter la destruction de la structure. 2) Salins ceux dont la conductivité éléctrique dépasse 4 mmhos/cm, la teneur en sodium interchangeable inferieur à 15% et le pH est inférieur à 8,5; ces types de sols peuvent être améliorés par le biais du drainage et du lessivage avec de l'eau d'irrigation. 3) Les sols salins-alcalins possèdent une teneur en sodium interchangeable superieur à 15%, et la conductivité électrique superieure à 4 mmhos/cm.

Le type de culture.

Bien qu'il y a des cultures qui poussent convenablement sous une nappe phréatique superficielle, pour une production agricole économique il faut que le drainage favorise l'écoulement vertical de l'eau. Dans le cas où le niveau de la nappe phréatique est contrôllé afin de fournir de l'eau aux plantes par le biais du drainage on doit considérer le type de culture, la profondeur de racines, la précipitation et la texture du sol.

Le climat.

Dans le climat humide, le drainage consiste à évacuer l'excès d'eau aussi bien superficielle que souterraine provoqué par la pluie; par contre dans une zone aride le but du drainage est le contrôle de la nappe phréatique et la prévention de l'accummulation des sels dans la zone des racines.

La topographie.

L'écoulement de l'excès d'eau vers les drains souterrains se fait d'une zone de fort potentiel vers une zone à faible pententiel. La

loi de Darcy nous indique que le débit d'eau qui traverse une section du terrain est fonction de la conductivité hydraulique (K), de la pente (I) et de la section transversale du sol. (A).

$$Q = KIA$$

Si la section transversale A est grande et K et I sont petits, le débit sera grand.

Lorsque les couches souterraines ne correspondent pas à la topographie superficielle on peut avoir de limitation à la planification du drainage; par exemple dans une zone qui présente une surface ondulée, les couches peuvent être horizontales, l'écoulement descendant de l'eau peut trouver une couche imperméable, l'écoulement devient lateral et il se crée un problème ponctuel de drainage. Si la pente de la surface du sol est differente de la pente des couches souterraines celles-ci peuvent intersecter la surface du sol. Au point d'intersection l'infiltration se fait sur une plus grande surface. Les drains d'intercection doivent être placés suivant la ligne de changement de pente.

La profondeur de la nappe phreatique.

En général l'expérience montre que dans les zones arides les drains doivent être placés à 2.5 m de profondeur et dans les zones humides à 1.5 m. Cependant, pour determiner le niveau adéquat de la nappe phréatique on doit tenir compte du type de culture qu'on va planter ainsi que de la salinité du sol et de l'eau.

Le niveau de la nappe phréatique, dans les zones où il fonctionne un système de drainage, est une situation dynamique, elle monte à l'époque de recharge, (irrigation ou pluie), et elle tarit pendant le drainage entre deux événements de recharge. Dans les zones humides aussi bien que dans les zones arides le bilan annuel du mouvement de l'eau doit être la descente de la nappe phréatique mais la quantité d'eau déplacée dépend da sa disponibilité. Le débit de l'écoulement dépend du type de sol et du système de drainage. Si le niveau de la nappe phréatique pénètre la zone des racines il doit descendre dans un ou deux jours pour éviter de dommages aux cultures.

4. Choix du mode de drainage

	MANIFESTATIONS DE L'EXCES D'HUMIDITE				
	Engorgement localisé	Engorgement Généralisé Temporaire ou Permanent			Engorgement occasionnel
Situations	Mouillères, sources, eaux de ruissellement	Sols profonds	Sols à substrat peu profond		Sols non hydromorphes en profondeur, mais compacts ou battants.
		Alluviaux, colluviaux, limoneux, sableux, caillouteux, certains sols argileux.	Limoneux, limono-sableux, argileux stables ou à texture irrégulière.	Sols argileux stables	
Profondeur du substrat imperméable	Variable	Supérieure à 0.80 m	Inférieure à 0.60 - 0.80 m.		Sans
Conductivité hydraulique		Supérieure à 0.20-0.25 m/j	Inférieure à 0.20 m/j		
	Captages localisés, tranchées drainantes. Fosses d'intersection. Drainage des thalwegs.	Drainage classique à écartements calculés et assez larges.	Drainage à écartement faible ou techniques associées		Drainage systématique généralement non nécessaire.
			Sous-solage en sol friable	Drainage-taupe en sol plastique	
Précautions à prendre: à l'exécution:	Remblai grossier dans l'ouvrage	Enrobages en sol sableux, Gypse en sol salin. Chaulage en sol trop acide, etc.	Tranches très perméables		Amélioration Physico-chimique
	Prévention ou colmatage ferrique en sols organo-minéraux ou en présence d'eaux ferrugineuses				
après drainage	Bonne conduite culturale Amendements et pratiques culturales améliorantes				

5.- Le drainage souterrain naturel.

S'il y a un moyen d'évacuation le sol draine naturellement. Le débit depend des caractéristiques du sol et de l'état du drain évacuateur. Si la vitesse de l'eau d'arrivée dépasse la capacité de drainage naturel (celle-ci est déterminée par la conductivité hydraulique, la pente hydraulique et la section transversale), alors l'excès d'eau causera des problèmes de drainage. Quelques types de sols en zones arides présentent un drainage naturel limité, situation qui se met en évidence après la mise en place de l'irrigation. Dans les zones humides la limitation au drainage naturel est à l'origine des marécages.

Mouvement interne de l'eau dans le sol.

La conductivité hydraulique est la propriété physique du sol qui indique la capacité de celui-ci de transmettre de l'eau. Elle doit-être mésurée sur le terrain parce qu'elle synthétise les propriétés du sol, et sa valeur est employée pour la planification du système de drainage.

Le niveau naturel de la nappe phreatique est une indication du bilan hydraulique entre la capacité du drainage naturel et la recharge naturel. La position de la nappe phreatique dépend de la tapographie superficielle, de la position des couches du profil du sol et de l'état du drain évacuateur. Sous l'irrigation le niveau naturel de la nappe phreatique change parce que l'irrigation introduit un changement dans l'hydrologie de la zone. Si la capacité de drainage est élevée il n'y aura pas de changement dans le niveau de la nappe phreatique mais si la capacité de drainage naturel a de limitations, la nappe phreatique remonte jusqu'à ce qu'un nouveau état d'équilibre soit atteint.

Evacuation naturelle.

Le débit du drainage naturel d'une zone dépend du bilan hydrologique. (La difference entre l'eau qui arrive et l'eau consommée). L'entrée d'eau provient soit de l'irrigation soit de la pluie, l'eau est consommée par l'évaporation, la transpiration, l'infiltration, la percolation.

L'écoulement artesien.

La présence d'une couche perméable, (liée à une source d'alimentation en eau), entre deux couches imperméables, est a l'origine de la pression artesienne. Quand on pénètre la couche imperméable l'eau jaillit de la couche perméable parce qu'elle est sous pression. Dans certains cas la préssion est assez forte pour élever l'eau au delà de la surface su sol. Si l'eau sous pression traverse la couche supérieure laquelle est semi perméable le débit de drainage sera important et les drains seront placés très proche l'un l'autre. Pour évaluer l'eau artesienne il faut installer au moins trois (3) Piezomètres qui nous indiqueront la direction de l'écoulement.

Origine de l'excès d'eau.

Dans une étude de drainage il est important de déterminer l'origine de l'excès d'eau qui doit être évacuée. Dans la mésure du possible le problème de drainage doit être resolu à son origine; par exemple si l'excès d'eau provient de la filtration des canaux, leur revêtement peut être une alternative de solution, Si l'excès d'eau provient de l'irrigation abondante de zones plus élevées il faudra maitriser l'application de l'eau à la parcelle ou installer un drain intercepteur.

6.- Les drains à ciel ouvert.

Les drains à ciel ouvert servent à évacuer l'excès d'eau superficielle aussi rapidement que possible pour éviter les dommages aux cultures. Lorsque l'eau d'irrigation ou de la pluie ne peut pas s'infiltrer il se crée un problème de drainage superficiel. Le système de drains superficiels peut être installé par l'amélioration des drains naturels, par la construction de drains artificiels et ou par l'homogénisation de la surface du sol.

Les drains à ciel ouvert fonctionnent soit comme drains collecteurs soit comme drains d'évacuation. Les premiers collectent l'eau de la zone à drainer; leur tracé et leur dimensions doivent être d'accord avec

la topographie, le type de sol, l'aire de drainage et l'utilisation de la terre. On les localisera et ils auront la forme de telle manière que l'eau y débouchera avec le minium d'érosion; ceci peut être accompli si les drains sont superficiels et disposent d'un talus assez grand pourvu d'une protection végétative. La localisation des drains d'évacuation dépend de leur sortie. Les drains d'évacuation reçoivent l'eau de drains collecteurs, pour la transporter vers une sortie adéquate. Les drains latéraux ainsi que les drains principaux peuvent être classés dans cette catégorie. En général ces drains sont de forme trapezoidale. Sa capacité dépend du volume d'eau à évacuer. Ils doivent avoir la profondeur convenable pour recevoir l'eau des collecteurs.

Dimensionnement de la capacité d'un drain à ciel ouvert.

Pour dimensionner la capacité d'un drain à ciel ouvert, on doit:

1.- Obtenir l'information du terrain à drainer, élevation du terrain, dimension et localisation des drains existants, les points de contrôle et l'élévation de la surface libre de l'eau.

2.- Etablir les points de contrôle ainsi que la ligne de charge hydraulique.

3.- Déterminer la superficie de l'aire à drainer.

4.- Calculer le débit de projet à l'aval de chaque bief du drain.

5.- Déterminer les éléments de dimensionnement du drain tels que: le coefficient de rugosité (n), les fuites de berges, (z), la largeur minimale du radier, (b), et le tirant d'eau minimal au dessous de la ligne de charge hydraulique, (y).

6.- Dimensionner la capacité du drain pour évacuer le débit du projet tout le long du drain avec la ligne de charge hydraulique au dessous de l'élévation du terrain afin de drainer la zone concernée. L formule de Manning et l'hypothèse de l'écoulement normal sont employées pour calculer la vitesse et la section transversale du drain.

$$Q = AV$$

$$Q = A\frac{1}{n}R^{0,6667}\ I^{0,5}$$

où:

Q = Débit de projet pour le drain (m^3/s).

A = Aire mouillée du drain, normale à la vitesse de l'écoulement (m^2).

V = Vitesse moyenne de l'écoulement (m/s).

R = Rayon hydraulique; $R = \frac{A}{P}$, (m).

P = Périmètre mouillé du drain (m).

n = Cœfficient de rugosité du drain.

I = Pente de la ligne de charge hydraulique.

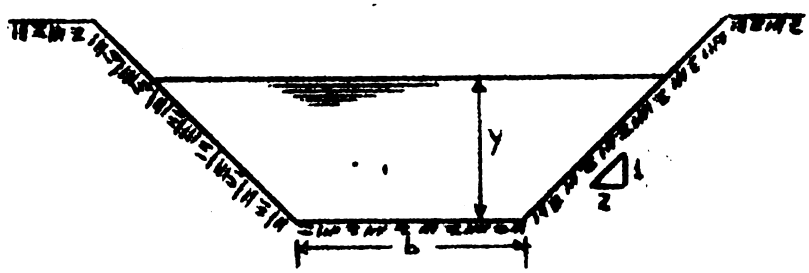
$A = by + zy^2$.

$P = b + 2y\ (1 + z^2)^{0,5}$.

b = Largeur du radier, (m).

y = Tirant d'eau dans le drain.

z = Talus du drain.



Construction de drains à ciel ouvert.

Pour que le drainage soit efficace il faut que la construction soit aussi de bonne qualité. Une fois qu'on a dimensionné le système de drainage, qu'on connait sa localisation ainsi que celle des structures auxiliaires on procède à l'implantation des ouvrages y compris l'emplacement des piquets qui indique la pente et l'axe du drain. Les moyens de construction ainsi que leurs capacités doivent être considérés dans le dimensionnement du système.

Les conditions du site: type de sol, sa stabilité, la dimension du drain, la déposition des matériaux ainsi que son volume et le délai de l'execution déterminent le moyen de construction. Parmi l'équipement employé pour le drainage nous avons: dragaline, backhoe, grader, bulldozer, excavatrice, la pelle mécanique et la charrue.

Entretien de drains à ciel ouvert.

Pour le bon fonctionnement du système de drainage il faut executer un programme d'entretien. L'entretien doit commencer immediatement après la mise en opération du système. Les problèmes qui empêchent le fonctionnement approprié sont la presence de végétation, l'accummulation des sédiments, la capacité de structures d'art inférieure à la capacité du drain qui crée un écoulement graduellement varie qui favorise la déposition des matériaux solides, l'érosion du drain et des talus. Les drains doivent être néttoyés fréquemment pour leur redonner leur capacité de fonctionnement.

7.- Drainage par tuyaux enterrés.

Le drainage par tuyaux enterrés se fait à l'aide de conduites installées dans le terrain pour évacuer l'excès d'eau souterraine. Les tuyaux sont placés dans une fosse et recouverts par une couche perméable au dessus de laquelle on place la terre arable de telle manière que le terrain est travaillé normalement. L'excès d'eau pénétre dans les tuyaux par les ouvertures et par les points de jonction. Les drains enterrés baissent la nappe phreatique laquelle est alimentée par l'excès

d'eau souterraine. L'avantage de ce type de drains est l'économie de la terre et la facilité pour réaliser les opérations de préparation de la terre, de semis et de recolte. Les tuyaux pour le drainage sont construit en argile, en béton et en plastique.

Dimensionnement des tuyaux enterrés

Le dimensionnement des drains enterrés comprend la determination de la profondeur à laquelle sera placée la ligne de tuyaux, l'écartement des lignes des tuyaux, le diamètre des conduites, l'enrobage des tuyaux, les structures auxiliaires et la sortie de l'eau. La profondeur et l'ecartement sont liés. Ils dependent de la conductivité hydraulique du sol. En général l'écartement croît lorsque la profondeur augmente.

Profondeur de ligne des tuyaux

Elle est controlée par la sortie au débouché du drain. Quand la sortie n'est pas une contrainte, la profondeur dépend de la culture, de la couche drainante et de l'écartement. Dans les zones arides, où la nappe phreatique est près de la surface du sol et la teneur en sels est élevée les tuyaux seront placés à 2,5m de profondeur. Dans les sols stratrifiés les tuyaux seront placés dans la couche perméable pourvu que sa profondeur soit inférieure au niveau auquel on veut descendre le niveau de la nappe phreatique.

L'écartement

La séparation entre les lignes de tuyaux depend de la texture et de la perméabilité du sol ainsi que de la profondeur de la ligne des tuyaux. L'eau se déplace plus vite dans un sol sableux que dans un sol argileux, c'est la raison pour laquelle l'écartement entre lignes des tuyaux sera plus important dans un sol sableux que dans un sol argileux.

La Pente

Pour faciliter l'écoulement dans les tuyaux on doit donner à la

ligne de conduite une pente telle que la vitesse soit aux environ de 0,3m/s.

Diamètre de la conduite

Pour déterminer le diamètre des tuyaux on utilise la formule de Manning.

$$Q = A\frac{1}{n}R^{06667}I^{0.5}$$

on recommande les valeurs suivantes pour n

tuyaux en argile ou en béton	0.012 à 0.014
tuyaux en plastique	0.015 à 0.016

Installation des drains enterrés

Les tuyaux doivent être placés de telle manière que la conduite ne soit pas déformée par les charges qui supportent le sol au dessus.

La résistance de la conduite est determinée par le poids unitaire du sol, par la largeur et la profondeur de la fossée et par la couche sur laquelle est posée la conduite ainsi que par la procedure de la mise en place de la conduite. Si la conduite est placée à lm de profondeur il y a risque d'écrasement par les charges d'impact produites par les machines lourdes. Les conduites rigides d'argile et béton font faillite par rupture de leurs parois.

Les tuyaux en plastique font faillite par déflexion. La capacité des conduites à supporter les charges depend de la résistance de leurs parois.

Enrobage pour la protection des drains souterrains

Les drains enterrés dans des zones irriguées sont recouverts par un matériel bien gradué lequel sert à prévenir la sedimentation, à faciliter l'écoulement souterrain vers le drain et à stabiliser la couche de support du drain ce qui fait une repartition uniforme des charges qui supportent

La sortie de l'eau

La sortie de l'eau d'un drain souterrain doit être telle que l'eau débouche dans le collecteur en chute libre. La sortie de l'eau doit se faire avec une chute au moins de 0,15m

Entretien des drains enterrés

Un bon dimensionnement du système facilite son entretien. Il est nécessaire d'observer très frequemment le débit à la sortie du drain pour suivre son comportement. La capacité du drain peut diminuer par deposition de sediments, par les racines de plantes, ou il peut être écrasé par les charges exterieures.

7.- Le drainage par pompage.

Le drainage par pompage peut être utilisé pour évacuer l'eau de drains à ciel ouvert lorsque la sortie gravitaire n'est pas possible par exemple lorsque la remontée de l'eau a cause de l'écoulement graduellement varié empêche le versement de l'eau vers un drain naturel. Dans les zones plates lorsqu'il n'y a pas de pente naturelle, le pompage peut fournir l'énergie nécessaire à facilitér l'écoulement. Parfois le pompage est le moyen le plus pratique pour contrôler le niveau de la nappe phreatique qui fournit l'irrigation souterraine.

La station de pompage doit être placé au point le plus bas du terrain à drainer et près d'un drain naturel. Le calcul de la capacité de la pompe et du moteur doit considerer la création de la ligne d'énergie de telle manière qu'il n'y ait pas de vitesses érosives dans le système de drainage.

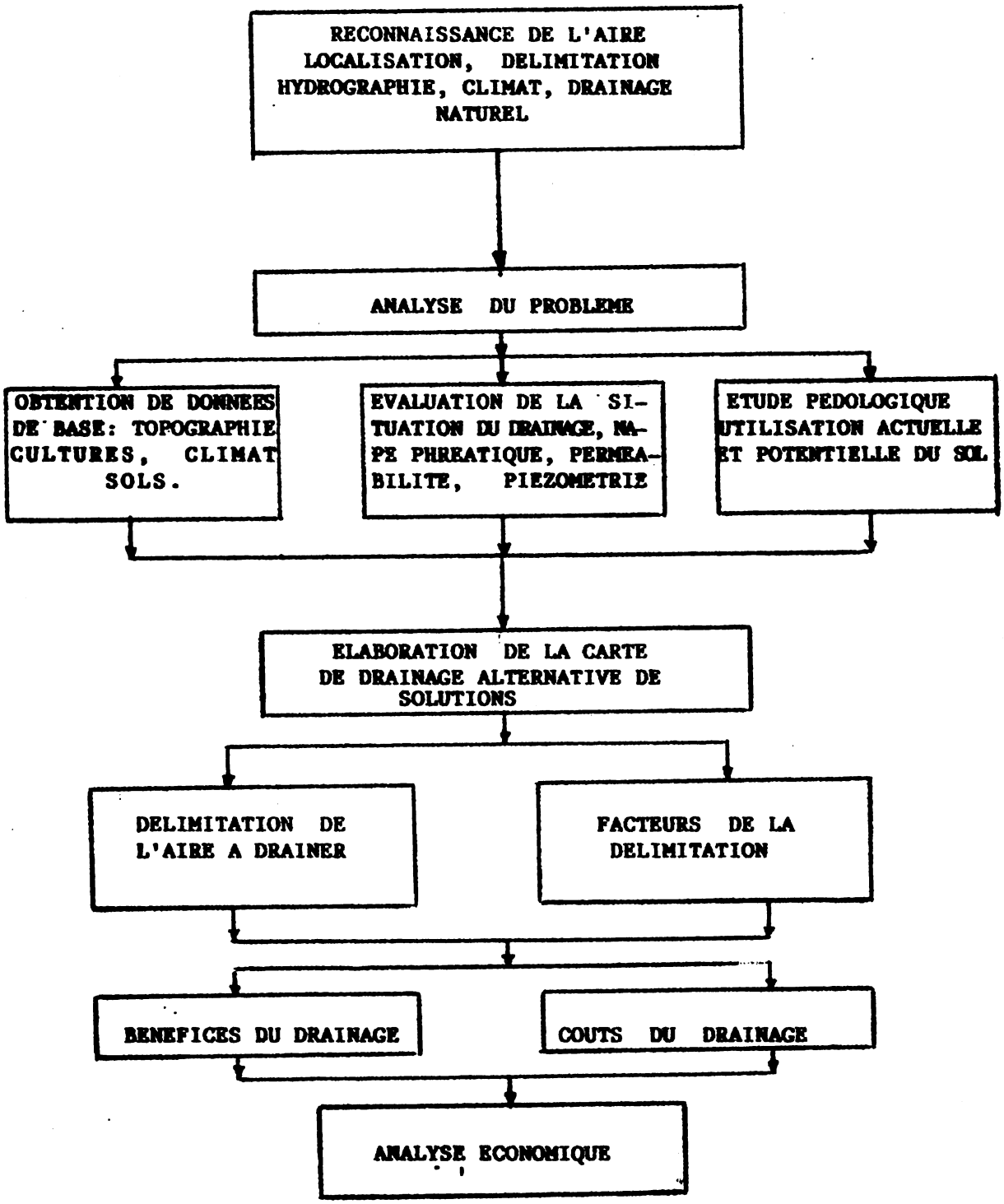
8.- L'Aspect Economique du drainage.

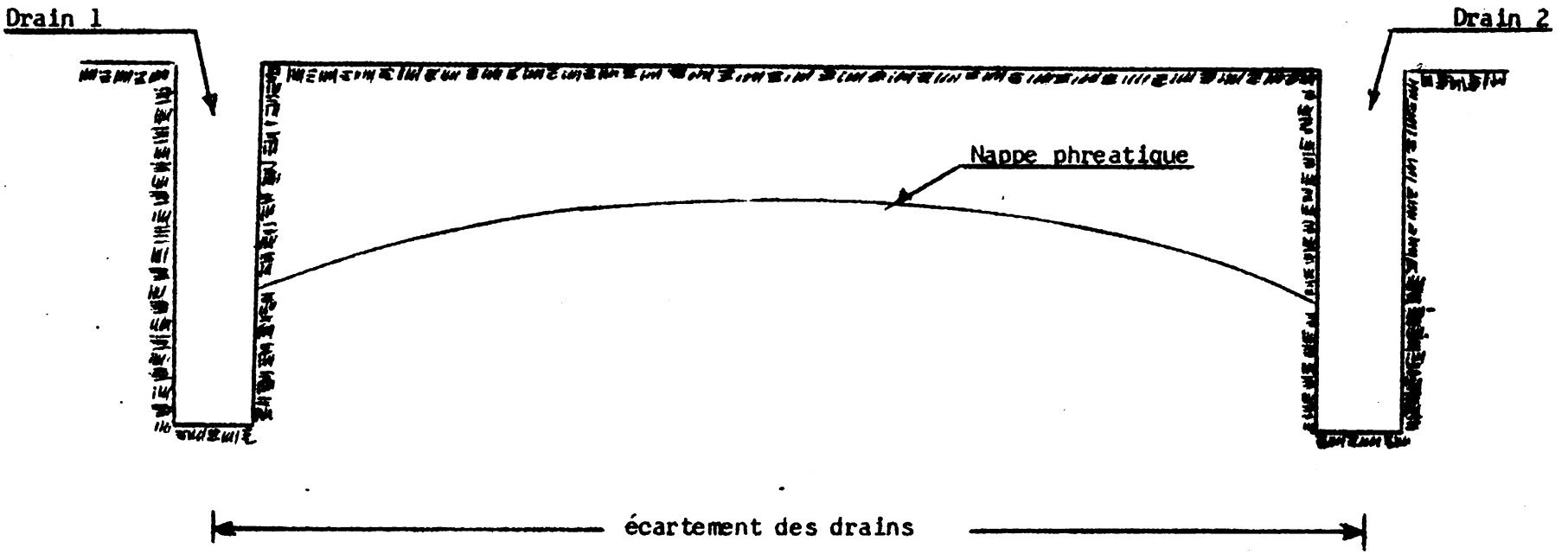
L'amélioration des conditions agricoles offerte par le drainage doit être telle que les coûts ne dépassent pas les bénéfices. Dans les projets de drainage de grande envergure une analyse économique doit faire partie de l'étude de factibilité.

9.- Conclusion.

Le drainage est une activité agricole qui s'avere très nécessaire dans un système d'irrigation dans un pays tropical comme Haiti parce que à l'époque d'averses (avril - juin ; septembre - decembre) on a besoin d'éliminer l'excès d'eau superficielle et à l'époque sèche on doit évacuer l'excès d'eau d'irrigation et controller le niveau de la nappe phreatique afin de créer des conditions favorables à la croissance des plantes. Les structures ainsi que les modalités de drainage doivent faire partie du dimensionnement du système Irrinage (irrigation et drainage) et la factibilité économique du système d'irrigation doit tenir compte de dépenses pour le drainage.

SCHEMA POUR LA REALISATION D'UNE ETUDE DE DRAINAGE





Schema de l'écartement de drains pour le contrôle du niveau de la nappe phreatique.