



HAL
open science

Maîtrise du ruissellement et de l'érosion : conditions d'adaptation des méthodes américaines

Jean-Joël Gril, Bernard Duvoux

► **To cite this version:**

Jean-Joël Gril, Bernard Duvoux. Maîtrise du ruissellement et de l'érosion : conditions d'adaptation des méthodes américaines. Cemagref Editions, pp.157, 1991, 2-85362-235-5. hal-02576190

HAL Id: hal-02576190

<https://hal.inrae.fr/hal-02576190v1>

Submitted on 24 Apr 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Jean Joël GRIL
Bernard DUVOUX

Maîtrise du ruissellement et de l'érosion

Conditions d'adaptation
des méthodes américaines

1^{ère} édition

Avec la collaboration de :

J.F. OUVRY, Association Régionale pour l'Etude et l'Amélioration des Sols -
76460 Saint-Valéry-en-Caux.

C. LILIN, Ministère de l'Environnement - Atelier Central de l'Environnement -
92524 Neuilly-sur-Seine.



CEMAGREF

CENTRE NATIONAL
DU MACHINISME AGRICOLE
DU GÉNIE RURAL
DES EAUX ET DES FORÊTS

GRUPEMENT ANTONY
DIVISION O.E.P.P.
14, avenue de Saint-Mandé
75012 Paris
Tél : (1) 43 43 97 84

Chez le même éditeur
Collection "Guide pratique"

Récolte et traitements du sang des abattoirs - 1988 - 2ème édition - Bruno HOULIER - Volume broché 17 x 24 - 90 pages - 195 F TTC.

L'irrigation localisée - 1988 - Fascicule de 6 cahiers 21 x 29,7 - 52 pages - 90 F TTC.

Filets brise-vent - Choix et mise en place - 1989 - 1ère édition - Michel TILLIE, Jacques JAUBOURG, Georges CARROTTE - Volume broché 17 x 24 - 63 pages - 80 F TTC.

Les moteurs à essence - Technologie et fonctionnement des moteurs à allumage commandé - 1989 - 1ère édition - Daniel GAUTHIER, Camille CEDRA, Marc BAZIN, Didier LOUIS - Volume 17 x 24 - 168 pages - 185 F TTC.

Produits de graissage et de protection - 1989 - 5ème édition - Amor BOUHAGEB - Volume broché 17 x 24 - 262 pages - 185 F TTC.

Les moteurs diesel - Technologie et fonctionnement - 1990 - 1ère édition - Camille CEDRA, Daniel GAUTHIER, Marc BAZIN, Didier LOUIS - Volume broché 17 x 24 - 195 pages - 185 F TTC.

Irrigation - Guide pratique - 1990 - 1ère édition - Léopold RIEUL - Volume broché 17 x 24 - 319 pages - 240 F TTC.

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés,
réservés pour tous pays

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que "les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants-droit ou ayants-cause, est illicite" (alinéa 1er de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Maîtrise du ruissellement et de l'érosion - Conditions d'adaptation des méthodes américaines - 1991- 1ère édition - ISBN 2-85362-235-5 - Jean Joël GRIL et Bernard DUVOUX, CEMAGREF Antony - Dépôt légal 2ème trimestre 1991 - Photo de couverture : Aménagement antiérosif dans l'Iowa. SCS. Des Moines Iowa (USA) - Coordination de l'édition : Julienne Baudel - Mise en page PAO : Valérie Pagneux - Impression : Imprimerie Louis Jean à Gap - Édition et diffusion : CEMAGREF - DICOVA - BP 22 - 92162 Antony Cedex - Diffusion aux libraires : TEC et DOC, 14 rue de Provigny, 94236 CACHAN - Prix : 120 F TTC.

Le CEMAGREF est un organisme de recherches dans les domaines de l'eau, de l'équipement pour l'agriculture et l'agro-alimentaire, de l'aménagement et de la mise en valeur du milieu rural et des ressources naturelles.

En contact permanent avec les agents économiques et les collectivités, il cherche à constituer des outils mieux adaptés dans différents secteurs d'activités :

- eau, hydrologie, hydraulique agricole, qualité des eaux
- risques naturels et technologiques
- montagne et zones défavorisées
- forêts
- machinisme et équipement agricoles
- équipement des industries agro-alimentaires
- production et économie agricoles.

Le CEMAGREF est un Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique sous la tutelle des ministères de la Recherche et de la Technologie, de l'Agriculture et de la Forêt.

Il emploie 970 agents dont 420 scientifiques répartis en 10 groupements : Aix-en-Provence, Antony, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Grenoble, Lyon, La Martinique, Montpellier, Nogent-sur-Vernisson, Rennes.



SOMMAIRE

RÉSUMÉ	7
INTRODUCTION	9
1. LES DÉGÂTS CAUSÉS PAR LE RUISSELLEMENT ET L'ÉROSION	11
2. LES CONTEXTES PHYSIQUES ET HUMAINS.	21
3. LES MÉTHODES DE CONSERVATION DES SOLS ET DES EAUX EMPLOYÉES AUX ETATS-UNIS.	31
4. L'APPLICATION AU NORD-OUEST DE LA FRANCE.	45
5. L'APPLICATION À D'AUTRES RÉGIONS DE FRANCE.	53
CONCLUSION.	57
BIBLIOGRAPHIE.	59
ANNEXES.	65



RÉSUMÉ

Les Etats-Unis sont confrontés depuis longtemps à de graves problèmes d'érosion des terres agricoles et, dès 1935, un service chargé de la mise en oeuvre des mesures de protection des sols et des eaux a été créé : *le Soil Conservation Service (SCS)*.

Cet organisme a acquis une grande expérience en la matière et dispose d'une panoplie de techniques bien éprouvées, qu'il pourrait être intéressant d'expérimenter en France.

Cependant, avant de proposer la transposition de ces techniques dans un environnement différent, il est nécessaire de comparer attentivement la nature des problèmes et les contextes dans lesquels ils sont posés ; après quoi, l'adoption ou l'abandon de certains procédés pourra être effectué en fonction de leur opportunité dans le contexte qui nous intéresse.

Dans cet esprit, l'exposé aborde successivement les points suivants :

- La comparaison des contextes naturels et humains des Etats-Unis et du Nord-Ouest de la France.

- Les Etats-Unis subissent avant tout un problème de conservation du sol ; l'érosion de versant et l'érosion concentrée y sont également représentées. Dans le nord-ouest de la France, les dégâts agricoles sont présents mais beaucoup plus modestes qu'aux USA et secondaires par rapport aux dégâts subis par les habitations et les équipements collectifs ; le ruissellement et l'érosion concentrés dominent largement, l'érosion de versant restant en général modérée.

- Parmi les facteurs naturels, la différence d'agressivité des pluies paraît être le principal facteur expliquant la différence d'amplitude de l'érosion.

- Enfin, l'orientation du parcellaire est mieux adaptée aux USA qu'en France à la lutte contre l'érosion.

- L'inventaire des procédés employés par le SCS (aménagement et techniques culturales), en précisant le rôle de chacun dans le dispositif général de lutte : techniques d'aménagement et pratiques culturales anti-érosives
- Les deux procédés finalement sélectionnés pour le nord-ouest de la France : ce sont les chenaux enherbés et les "Wascobs" (sorte de petits bassins créés par le barrage de talwegs à l'intérieur des parcelles).

Ces deux techniques ont en commun d'être conçues spécifiquement pour réduire le ravinement concentré et non l'érosion de versant et de ne pas nécessiter de modifications sensibles du parcellaire existant.

Cependant, dans les situations où la maîtrise de l'érosion de versant est nécessaire (cas particuliers dans le nord-ouest de la France, sans doute plus fréquents dans d'autres régions comme le Sud-Ouest), d'autres techniques mises en oeuvre par le SCS (banquettes, cultures en courbes de niveau, techniques culturales) mériteraient d'être testées.

INTRODUCTION

Depuis les années 1970, les dégâts liés à l'augmentation du ruissellement et à l'érosion des terres agricoles ont connu une aggravation notable dans certaines régions de France [4]. Cette évolution a provoqué une sensibilisation croissante et, parallèlement, le lancement de recherches et d'études. Cet ensemble de travaux permettra à terme l'élaboration de techniques de lutte adaptées aux différents contextes régionaux.

Mais actuellement, il reste difficile de répondre à des interrogations pressantes. Aussi, a-t-il paru opportun d'examiner comment ces problèmes étaient résolus dans un pays tel que les Etats-Unis ; les dégâts causés par l'érosion y ont pris très tôt une gravité extrême et, de ce fait, certaines méthodes de lutte y sont bien rodées et largement appliquées.

Il ne s'agit évidemment pas de proposer une copie conforme des techniques de lutte antiérosives mises en oeuvre aux Etats-Unis sans discuter leur applicabilité dans un contexte différent : en l'occurrence, celui des **plateaux limoneux du Nord-Ouest de la France**.

Analyser l'applicabilité de techniques étrangères conduit à poser deux questions :

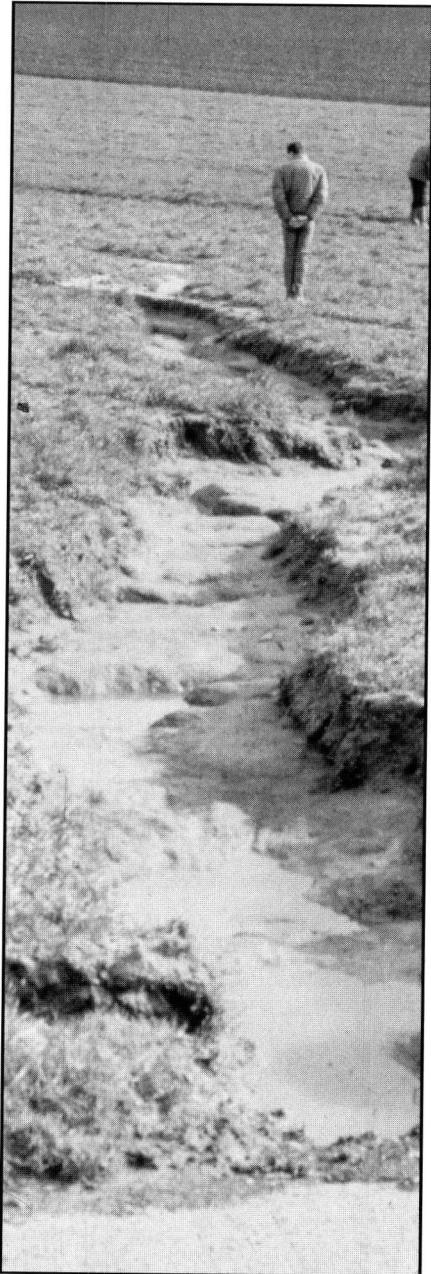
- Les objectifs poursuivis sont-ils les mêmes et, dans l'affirmative, sont-ils hiérarchisés d'une manière identique ?
- Comment tenir compte des différences entre les deux milieux pour procéder à une transposition adéquate ?

Cette réflexion devra permettre d'examiner si, parmi les méthodes "américaines", certaines conviennent au contexte qui nous intéresse ici et, le cas échéant, de suggérer des adaptations.

Tel est l'objet du présent document qui s'appuie :

- sur l'information recueillie au cours de deux missions aux USA [2,3] * et dans la documentation qui a pu être réunie.
- sur les connaissances acquises dans deux secteurs caractéristiques du quart nord-ouest de la France :
 - le Val d'Oise, qui a fait l'objet d'une étude menée par le CEMAGREF.
 - le Pays de Caux (Seine Maritime), qui, dans le cadre d'une "opération pilote" d'étude de l'érosion, a fait l'objet de l'intervention de l'Association Régionale pour l'Etude et l'Amélioration des Sols (AREAS) et de l'INRA.

* [...] : voir bibliographie p.59



- La classification des dégâts 14
- Situation aux États-Unis 16
- Situation dans le Nord-Ouest de la France 17
- Conclusion 19

Rappel

Nous ne reviendrons pas ici sur la description des mécanismes du ruissellement et de l'érosion, qui ont déjà fait l'objet de nombreuses publications [4,15,34,35]. Nous nous en tiendrons à un bref rappel :

- *Les gouttes de pluie brisent les mottes ("splash"), projettent la terre en tous sens et réduisent la perméabilité du sol (battance). La fraction de l'eau qui ne s'infiltré pas commence par ruisseler selon la pente naturelle (**ruissellement en nappe**) pour rapidement se concentrer dans le modelé cultural (lignes de semis et traces de roues), si la pente n'est pas trop forte et si ce modelé est suffisamment marqué. Lorsque il s'efface, il y a débordement et le ruissellement suit à nouveau la pente naturelle pour aboutir dans un nouveau collecteur. Son tracé reste rectiligne si le modelé cultural suit lui-même la pente naturelle ou s'il est suffisamment marqué pour qu'il n'y ait pas débordement. Ce ruissellement possède une énergie dont la déperdition permet l'érosion : tout d'abord **érosion en nappe**, puis **érosion en rigole** (fig. 1).*
- *Le ruissellement, après avoir circulé sur le versant de la manière qui vient d'être décrite, se concentre dans les dépressions naturelles (talwegs) en provoquant le **ravinement** (fig. 2). Ce ravinement peut être temporaire s'il est susceptible d'être effacé par les travaux culturaux annuels, ou permanent lorsqu'il est suffisamment marqué pour nécessiter une intervention plus lourde de terrassement.*

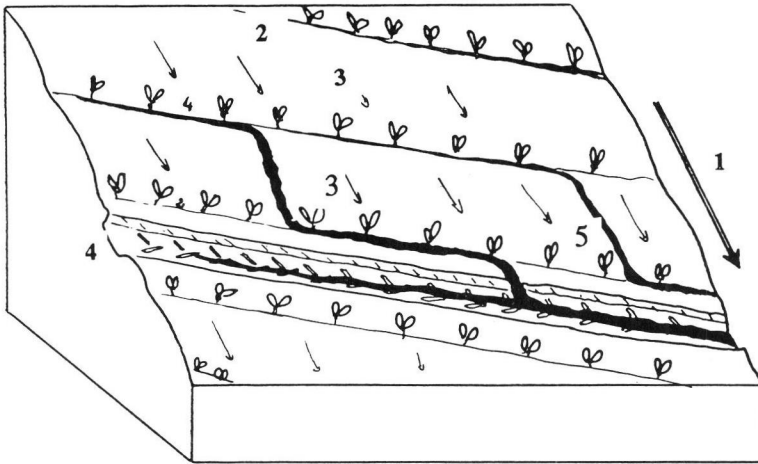


Figure 1 : L' "érosion diffuse"

- | | |
|---------------------|---|
| 1 : pente naturelle | 3 : ruissellement et érosion en nappe |
| 2 : ligne de semis | 4 : concentration dans les lignes de semis et les traces de roues ; formation des rigoles |
| 5 : débordement | |

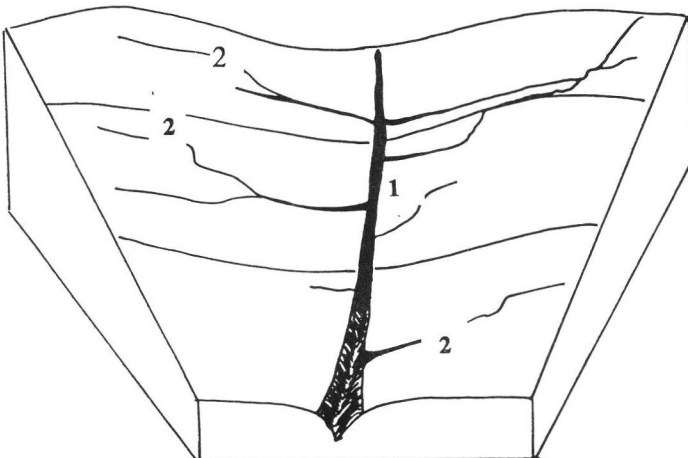


Figure 2 : Ruissellement concentré et ravinement des talwegs (1) et liaison avec l'érosion diffuse (2)

La classification des dégâts

• Les dégâts causés à l'agriculture

Quatre catégories peuvent être distinguées :

- *La diminution d'épaisseur de la couche arable.* La gravité de ce phénomène dépend de la vitesse de l'érosion et de l'épaisseur de la couche, mais aussi de la nature du substrat : l'ablation d'un sol développé sur un matériau loessique épais n'a pas les mêmes conséquences que celle d'un sol sur argile à silex ou sur substrat rocheux.

- *La réduction de la superficie cultivable* du fait du ravinement permanent.

- *La gêne occasionnée aux travaux agricoles* par le ravinement permanent.

- *Les dégâts annuels occasionnés aux cultures* par arrachement (rigoles et ravinement temporaire) et ensevelissement.

• Les dégâts en aval des terres agricoles

Les dégâts aux collectivités.

Il s'agit des dégâts à l'habitat, à la voirie et aux autres équipements collectifs, causés par la brutalité de l'écoulement, l'ennoiement temporaire et les dépôts de terre qui subsistent ensuite. Aux dommages matériels, qui peuvent être importants, s'ajoutent parfois la perte de vies humaines.

Dans le cas des dégâts causés aux cultures, seuls les mouvements de terre (ravinelements, dépôts) sont mis en cause, les dommages causés par l'excès d'eau (hydromorphie) étant de toute autre nature : le

ruissellement n'est incriminé qu'indirectement, comme étant un des facteurs de l'érosion. Dans le cas des dégâts aux collectivités, l'eau et la terre apparaissent comme causes distinctes de dégâts.

L'incidence sur la qualité des eaux

Les eaux superficielles sont principalement concernées : envasement des plans d'eaux, atteinte à la reproduction des organismes aquatiques, pollution des prises d'eau potable, etc...

Des problèmes de pollution de nappes sont parfois signalés, notamment en milieu karstique.

• **Coût des dégâts et "fréquences de projet"**

Le coût - économique, mais aussi social - des dégâts varie selon leur type. La fréquence d'apparition du risque qui est prise en compte pour une action de prévention va dépendre de l'importance de ce coût.

Ainsi, l'agriculteur - s'il se place d'un point de vue strictement économique - ne s'intéresse à la lutte anti-érosive que dans la mesure où les dommages causés aux récoltes se produisent fréquemment. Il ne se préoccupe des événements plus rares que si ses parcelles risquent d'être sérieusement endommagées (atteinte à la valeur vénale ou patrimoniale de la terre).

Une collectivité est en revanche peu concernée par des phénomènes annuels qui ne font qu'endommager des récoltes. Par contre, elle sera éventuellement prête à investir dans des ouvrages de protection destinés à maîtriser des événements dont la probabilité d'occurrence est faible, mais qui peuvent provoquer des dommages considérables.

Situation aux Etats-Unis

Dès 1930 environ, l'érosion hydrique des terres s'est avérée être un problème très grave, susceptible de mettre en cause la production agricole sur d'immenses territoires - au même titre que l'érosion éolienne. Cette situation a abouti à la création du *Soil Conservation Service* (SCS), organisme chargé de la mise en oeuvre de la protection contre l'érosion (annexe p.66). Les actions de recherches sont menées par un organisme distinct : l'*Agricultural Research Service* (ARS).

L'importance des moyens déployés est en relation avec l'ampleur des dégâts subis par l'agriculture. Le taux annuel d'érosion des terres cultivées (1982) indiqué dans le tableau 1 (12 t/ha) est très élevé, s'agissant d'une moyenne à l'échelle nationale (bien que la lutte antiérosive soit appliquée sur une proportion importante des terres). Dans le Mississippi et le *Corn-Belt*, cette valeur moyenne atteint 17 t/ha [5,6]. Ces moyennes cachent une grande disparité et les zones sensibles sont loin de faire toutes l'objet d'aménagements antiérosifs. Nous ne disposons pas de statistiques au niveau national mais, dans le Mississippi, un tiers seulement des terres à protéger l'étaient effectivement en 1982.

Occupation du sol	Surface totale 10 ⁶ ha	Lutte antiérosive		Érosion (t/ha)	
		Surface	% S. tot.	hydrique	éolienne
Cultures	169	92	54	12	8
Prairies	53	25	47	4	0
Ranges (*)	162	104	64	3	3
Forêts	158	24	15	2	0

(*) Parcours d'élevage extensif

Selon des résultats déjà anciens (1962) mais obtenus sur un échantillon important [7], un tiers de la quantité de terre érodée est produit par des pluies de période de retour inférieure à l'année, un tiers par des pluies de périodicité de 1 à 2 ans et un tiers pour une périodicité supérieure à 2 ans : l'érosion chronique est donc importante, tout en étant aggravée par les événements de type "catastrophique".

Les dégâts aux collectivités sont parfois signalés et, de plus en plus, les effets de l'érosion sur la qualité des eaux sont présentés comme méritant une attention particulière. Mais, encore actuellement, ils n'arrivent que derrière l'érosion agricole.

Situation dans le Nord-Ouest de la France

Comme cela a été dit précédemment, nous prendrons pour exemple le Val d'Oise et le Pays de Caux qui ont été particulièrement étudiés. Les conclusions qui vont être rappelées ici restent globalement valables pour l'ensemble du Nord-Ouest, en particulier le Nord-Pas-de-Calais et la Picardie.

• Le Val d'Oise

Les dommages causés à la production agricole sont globalement faibles, même s'il peuvent avoir localement et épisodiquement une certaine importance. Il s'agit alors de perte de récolte, surtout par recouvrement de semis. Le ravinement temporaire domine, les ravines permanentes sont très rares [1,15].

Les dommages causés aux eaux superficielles dans le département existent, mais leur importance par rapport à d'autres sources de pollution est mal connue, et sûrement marginale.

Les dégâts causés aux collectivités, en revanche, ont une ampleur significative. Ils concernent les villages isolés, mais surtout la frange de contact entre l'agglomération parisienne et les terres agricoles.

A la différence des inondations fluviales, ces dégâts sont causés par des flots boueux qui transitent très rapidement en provoquant des dommages dus à la brutalité de l'inondation, mais aussi et surtout à la boue : une bonne partie du coût (financier et psychologique) est à attribuer aux dépôts sur les routes, dans les maisons, dans les réseaux et dans les bassins d'orages.

Ces dommages sont causés par des événements pluvieux intenses survenant généralement au printemps. Leur occurrence en un point donné est assez faible, mais ils apparaissent assez souvent en un point ou un autre du département.

• Le Pays de Caux

Les dégâts agricoles dans le Pays de Caux ne sont pas négligeables ; il s'agit pour l'essentiel de dégâts aux cultures : atterrissements et ravinements, ces derniers occasionnant parfois une gêne pour la circulation dans les parcelles [24,32,33].

Le BDPA, qui a réalisé la carte des terres agricoles de la région de MONTIVILLIERS-LE HAVRE, a estimé les superficies de cultures détruites par les atterrissements et le linéaire de ravines à partir d'une mission photographique aérienne de 1983 [36].

Sur un territoire de 30.000 ha de Surface Agricole Utile (dont 45 % de prairies permanentes) environ 30 ha de surfaces couvertes par des atterrissements et 55 km de ravines ont été recensés. En admettant une largeur moyenne de 0,50 m pour ces dernières, elles représentent une superficie de moins de 3 ha : *la superficie totale concernée* par les dégâts agricoles cette année-là est donc de 33 ha, soit 0,11 % de la SAU ou 0,24 % des terres labourables, ce qui est très peu.

Ces chiffres sont probablement un peu en dessous de la réalité car ils résultent de l'analyse d'une mission aérienne unique ; toutefois, ces observations ont été effectuées sur un des secteurs les plus sensibles à l'érosion du Nord-Ouest de la France et lors d'un printemps particulièrement humide et propice à la manifestation de dégâts d'érosion : les dommages aux cultures causés par l'érosion dans le nord-ouest de la France, restent bien inférieurs à ce qui peut être observé couramment aux Etats-Unis !

Les dégâts aux collectivités sont fréquents, et d'une gravité incontestable. Comme le montre une étude effectuée par l'INRA [30], ces dommages sont le plus souvent occasionnés par les orages printaniers, mais aussi, quoique dans une plus faible proportion, par de longues pluies hivernales qui affectent des territoires plus étendus que les premiers.

L'érosion provoque également la pollution des petits cours d'eaux côtiers comme le montrent certains travaux [37] ; mais si l'existence de ce problème est reconnu, il ne paraît pas encore actuellement provoquer une importante sensibilisation locale, comme c'est le cas pour les dégâts aux collectivités.

Conclusion

Ainsi, les conclusions qui ont pu être tirées à propos du Val d'Oise restent valables pour le Pays de Caux et probablement pour tout le Nord-Ouest : si l'érosion (sous la forme de ravinement concentré dans les voies d'écoulement plus que de l'érosion de versants) occasionne certaines années et sur un certain nombre d'exploitations des dégâts assez importants, *elle reste pour la profession agricole un problème marginal par rapport aux préoccupations structurelles et économiques que celle-ci connaît actuellement.*

En revanche, les collectivités situées en aval des terres agricoles sont concernées à la fois par l'eau qui ruisselle brutalement lors des orages et par la terre qui subsiste après le passage du flot.

Les Etats-Unis connaissent avant tout des problèmes dus à l'ablation de la terre des champs. L'érosion de versants est importante, ainsi que le ravinement concentré dans les voies d'écoulement. Dans ce contexte, la profession agricole est directement bénéficiaire des mesures de correction. **Par ailleurs, en traitant les problèmes de l'amont, les dommages engendrés en aval sont également réduits.**

La comparaison des contextes, à la fois physiques et humains permettra, dans un premier temps, de comprendre pourquoi il en est ainsi, puis de procéder à une analyse critique de l'éventuelle transposition des méthodes américaines.



- Les milieux physiques 22
- Les contextes humains 26
- Conclusion : ressemblances et différences 29

Il serait difficile de tenter une comparaison entre le nord-ouest de la France et un pays aussi vaste et diversifié que les Etats-Unis. On limitera géographiquement cet examen à deux Etats, l'IOWA et le MAINE, que nous avons visité dans le cadre de ce travail.

L'IOWA est représentatif du *Corn-Belt*, région où la lutte contre l'érosion a pris très tôt une grande extension compte-tenu de sa gravité; de ce fait, il y existe une expérience ancienne et de nombreux aménagements. Le MAINE a été choisi car ses caractéristiques paraissaient plus proches de celles du Nord-Ouest.

Il ne s'agit pas non plus d'établir une monographie complète de ces régions, mais simplement de faire ressortir les aspects intéressants notre propos.

Les milieux physiques

• Le climat

Quelques données sont rassemblées dans le tableau 2. Elles montrent un contraste beaucoup plus marqué entre hiver et été dans ces régions des USA que dans le Nord-Ouest.

Ces données permettent de préciser les moyennes climatiques et l'amplitude de leurs variations.

Régions ou villes	Précip. moy. annuelle (mm)	ETP moy. annuelle (mm)	Précip./ périod. végét. % P. an.	Températ. moy. (°C)		Nombre de jours sans gelée
				Janvier	Juillet	
Corn belt						
Nord	750	760	50	- 9	22	140
Sud	900	900	50	- 4	22	170
Maine	1000	(-)	70	- 10	24	110
Le Bourget						
St Quentin	590	650	50	3	18	200
Rouen	680	590	50	2	18	190
(* = Dieppe)	770	640*	45	4	18	200

Références : - USA : [20]
- France : [21]

Tableau 2 : Quelques données climatiques du Corn Belt, du Maine et du Nord-Ouest de la France

Deux caractéristiques pluviométriques permettent de décrire l'influence des types de précipitations sur le ruissellement et l'érosion (tab. 3) :

** L'érosivité des pluies*

L'érosivité, ou agressivité érosive de la pluie, est classiquement mesurée par le facteur R de l'"équation universelle de perte en terre" (USLE) de WISCHMEIER et al. [8]. Ce paramètre est utilisé pour estimer l'aptitude des pluies à produire de l'érosion de versants (incluant la formation de petites rigoles dans les lignes de semis) en intégrant sur une période donnée tous les événements susceptibles d'y contribuer. Son intérêt est donc de permettre d'apprécier le risque climatique de dégradation du sol à plus ou moins long terme.

Le tableau 3 montre que *R* est environ 3 fois plus faible dans le nord-ouest de la France que dans le Maine et 6 fois plus que dans l'Iowa : ceci explique la faible importance de l'érosion de versants observée dans le Val d'Oise et dans le Pays de Caux.

Régions ou villes	Précip. de durée 1 heure (mm)	Précip. de durée 24 heures (mm)	P (1h) ----- P (24h)	Érosivité R (USLE) (unit. US)
Iowa Nord Maine NE	60 ¹⁰ 35 ¹⁰	110 ¹⁰ 88 ¹⁰	0,55 0,40	150 ⁸ 75 ⁸
Le Bourget Rouen Bohain (St Quentin)	28 ⁹ 15 ¹⁸ 20 ¹⁸	46 ⁹ 44 ¹⁸ 52 ¹⁸	0,61 0,34 0,38	29 ¹⁹ 23 ¹⁹ 17 ¹⁹

(références en exposant)

Tableau 3 : Hauteurs de précipitations décennales et valeurs annuelles de l'érosivité des pluies (facteur R de l'équation de perte en terre [USLE] de WISCHMEIER)

** Les relations "Hauteur - Durée - Fréquence"*

Ces relations traduisent la probabilité d'apparition d'un événement pluviométrique caractérisé par sa hauteur (ou son intensité) et sa durée.

Le tableau 3 montre que, à fréquence égale, les pluies horaire et journalière sont environ deux fois plus élevées dans l'Iowa qu'au Bourget.

A partir des mêmes données [9,10], mais en fixant cette fois la hauteur, on aboutit aux constatations suivantes :

- Une pluie horaire de 40 mm est biennale dans l'Iowa et cinquantennale au Bourget

Le rapport $P(1h)/P(24h)$ est comparable dans les deux pays. Il donne une indication sur la structure des pluies, dont l'intérêt apparaîtra plus loin pour les calculs hydrologiques (annexe p.71).

• Les sols et la morphologie

Les sols limoneux battants dominant dans le nord-ouest de la France. Ces limons varient selon leur teneur en argile, leur épaisseur, la présence plus ou moins marquée d'un horizon d'accumulation. La teneur en argile de ces sols augmente (et parallèlement, leur sensibilité à l'érosion diminue) de la côte de la Manche vers l'intérieur : l'horizon superficiel des sols du Pays de Caux maritime a une teneur en argile voisine de 10%, ceux du Val d'Oise se situent plutôt aux environs de 20%. Ceci explique l'importance plus grande des dégâts observés dans les champs du Pays de Caux, par rapport à ceux du Val d'Oise, ainsi qu'une proportion plus grande de dégâts hivernaux subis par les collectivités normandes, du fait du ruissellement sur les céréales d'hiver.

Les mêmes types de sols dominant également dans l'Iowa et le Maine (ainsi que sur une proportion importante du territoire agricole américain), avec plus ou moins les mêmes variations de teneur en argile. Dans l'Iowa ils sont développés sur un manteau loessique très épais (ce qui explique l'apparition de ravines profondes en l'absence de lutte anti-érosive) ; dans le Maine, au contraire, les sols sont peu épais et reposent sur un substrat schisteux, ce qui a une incidence sur la conception des aménagements .

L'organisation du relief est également comparable : les paysages de plateaux dominant dans l'Iowa, comme dans le Val d'Oise et le Pays de Caux. Dans le Maine on rencontre une situation analogue, avec parfois un relief plus accidenté.

Dans un contexte caractérisé par des précipitations peu agressives et des sols limoneux battants comme celui du nord-ouest de la France, ce type de relief aux pentes moyennes assez faible - mais où de longs talwegs collectent l'eau d'impluviums de grande superficie - est favorable au ruissellement concentré et au ravinement des talwegs ; l'érosion des versants reste par contre assez peu importante. Dans les Etats américains visités, dont le contexte géomorphologique et pédologique est proche, mais où, en revanche, les pluies sont beaucoup plus agressives, le ravinement et l'érosion des versants se manifestent tous deux avec une gravité certaine.

Les contextes humains

Nous nous intéresserons ici aux productions et aux structures agricoles ainsi qu'à l'urbanisation.

• Les productions agricoles

Dans l'Iowa et dans le Maine, comme dans la plupart des régions des USA, les conditions climatiques favorisent les cultures de printemps. Dans l'Iowa (et dans tout *le Corn Belt*), le maïs et le soja dominent à côté de superficies plus faibles de prairies permanentes (20% de la SAU dans l'ouest de l'Etat) ; les cultures à faible écartement sont pratiquement absentes [23]. La production agricole du Maine est dominée par la pomme de terre [3].

Dans le Val d'Oise, les cultures d'hiver (blé, escourgeon...) et les cultures de printemps représentent actuellement des surfaces à peu près équivalentes : respectivement 55% et 45% dans le Bassin du Croult en 1984 [1]. Parmi ces dernières, les cultures à grand écartement (maïs, betterave, pomme de terre...) l'emportent sur les cultures à faible écartement (pois). Les prairies sont très peu représentées.

Dans le Pays de Caux les assolements sont souvent plus complexes que dans le Val d'Oise, mais on retrouve le même rapport entre les surfaces en cultures d'hiver et en cultures de printemps [33]. La proportion de prairie est très variable, mais peut représenter la moitié de la Surface Agricole Utile.

La situation paraît donc plus favorable à la manifestation des dégâts printaniers dans ces régions des USA que dans le Nord-ouest, car les cultures de printemps y sont plus représentées. Mais cette constatation doit être nuancée car l'évolution de l'agriculture française conduit à privilégier les cultures de printemps aux dépens de celles d'hiver.

• Les structures d'exploitation

Nous ne disposons pas de données écrites à ce sujet, mais seulement d'informations orales recueillies auprès de spécialistes locaux :

* Dans l'Iowa, la taille moyenne des exploitations est de 150 ha, certaines atteignant 500 ha. La taille moyenne des parcelles est de 15 ha. Toutefois, sur les pentes les plus fortes (10% environ), elle est bien plus réduite.

* Dans le Maine la taille moyenne des exploitations est un peu plus faible (120 ha), ainsi que les surfaces des parcelles.

Il s'agit donc d'exploitations importantes, adaptées à l'emploi de machines agricoles puissantes. Mais la situation n'est pas très différente de celle de la grande culture du Bassin Parisien : si les exploitations de Normandie sont généralement de taille plus réduite, par contre, un bon nombre d'exploitations du Nord-Ouest (Vexin, Vieille France, Picardie..) n'ont rien à envier aux fermes du Corn Belt! L'observation de la dimension et du nombre des bâtiments et des machines confirme cette analogie.

C'est probablement plus à l'ouest (Texas, Grandes Plaines) que se rencontrent les très grandes exploitations plus conformes aux "clichés" habituels...

Par contre, il est frappant de constater à quel point *la disposition dans le paysage du parcellaire américain est différente de celle du parcellaire français* :

- Dans l'Iowa comme dans le Maine, la plus grande dimension des parcelles est *généralement perpendiculaire à la plus grande pente* : les champs sont "en courbes de niveau" (en fait, en conservant souvent une légère pente, comme on le verra plus loin).

- En France, la plus grande dimension des parcelles est, au contraire, *habituellement parallèle à la plus grande pente* ; les plus grandes parcelles ont une forme qui tend approximativement vers le carré.

Cette différence s'explique aisément : les problèmes d'érosion grave sont apparus aux Etats-Unis vers 1930, comme on l'a vu, donc avant la mécanisation. *Les restructurations foncières successives ont donc continuellement pris en compte les méthodes de conservation des sols.*

Dans le Nord-Ouest de la France, les dommages n'ont pris une certaine ampleur que plus récemment et, de plus, sans vraiment compromettre la production agricole ; de ce fait, les opérations de remembrement menées depuis l'après-guerre n'en ont pas tenu compte.

• L'urbanisation

En l'absence de données permettant une comparaison entre l'urbanisation en France et aux USA, on peut simplement constater que la pression urbaine est moins forte dans le Maine et l'Iowa que dans le Val d'Oise : la nécessité y est sûrement moins grande de construire jusque dans les fonds de vallons.

Cependant cette constatation ne peut pas suffire à expliquer pourquoi les dégâts aux collectivités ne semblent pas être aussi préoccupants aux USA qu'en France.

On peut évoquer deux raisons supplémentaires :

- Les événements orageux qui provoquent des écoulements violents dans les vallons y sont plus fréquents : les mémoires en conservent donc plus aisément le souvenir, ce qui aide à éviter des choix d'implantation fâcheux...qui sont d'ailleurs déconseillés par la publication de cartes d'inondabilité, au moins dans certaines collectivités très exposées [29].

- L'intégration de la protection des collectivités dans les programmes américains de conservation des sols ne représente qu'un ajout à un coût déjà important et dont l'utilité n'est pas contestée. De plus, une partie des problèmes de l'aval se trouve résolue par le traitement systématique des problèmes de l'amont.

Conclusion : ressemblances et différences

Cette comparaison met en évidence certains points communs entre les deux situations, ou des divergences trop peu marquées pour expliquer une hiérarchisation différente des problèmes ou pour poser des difficultés sérieuses à la transposition des techniques. Citons dans l'ordre de l'exposé : les sols et la morphologie, les productions agricoles, les structures d'exploitation.

On remarquera en revanche des différences importantes concernant les aspects suivants :

** La différence d'agressivité des pluies est suffisamment nette pour expliquer à elle seule la différence de gravité de l'érosion agricole. Si le Nord-Ouest connaissait de telles pluies, la France serait dotée depuis longtemps d'un Service de Conservation des Sols !*

** La différence d'orientation du parcellaire par rapport à la morphologie est une conséquence de cette situation qui complique l'application éventuelle des méthodes américaines de conservation en France, comme on va le voir.*

** La hiérarchie des problèmes, enfin, est différente : aux Etats-Unis, la lutte contre l'érosion dans les terres cultivées est prioritaire.*

Dans le Nord-Ouest de la France, ce sont les conséquences du ruissellement concentré en aval des terres qui constituent la préoccupation principale; actuellement du moins, l'érosion agricole reste en arrière-plan.

Aussi, aux Etats-Unis, les actions techniques concerneront essentiellement l'aménagement des parcelles cultivées. Dans nos régions, la nécessité d'intervenir à ce niveau n'est pas perçu comme allant de soi et sera en règle générale justifiée par les limites techniques et économiques des aménagements réalisés en aval (réseaux, bassins d'orages...).



- Les aménagements 32
- Les techniques culturales antiérosives (*Conservation tillage*) 39
- La cohérence de la conservation des sols et de l'eau aux Etats-Unis 41
- Action des techniques sur le ruissellement 43

Le *Soil Conservation Service* applique des méthodes de conservation des sols et des eaux bien rodées et en nombre relativement limité qu'il convient maintenant de passer en revue.

Il faut distinguer deux groupes : les méthodes d'aménagement et les pratiques agricoles.

Les aménagements.

- Les aménagements intraparcéllaires et la collecte des eaux en amont des bassins versants.

La culture en courbe de niveau (contouring) et la culture en bandes alternées (strip cropping)

Le *contouring* est un aménagement du parcellaire permettant la culture en lignes suivant les courbes de niveau ou suivant une légère pente (de quelques mm/m à quelques cm/m) : l'emploi du mot *contour* (traduit littéralement par "courbe de niveau") n'est donc pas ici d'un emploi rigoureux, mais est consacré par l'usage.

Cette technique a pour fonction de limiter l'érosion de versants et non le ravinement. Elle peut être améliorée en alternant culture fourragère et culture annuelle ou deux cultures à période de végétation décalée (maïs et blé d'hiver par exemple) : c'est le *strip-cropping*.

On considère aux U.S.A. que ces techniques perdent leur efficacité pour une pente supérieure à 7 % ; la longueur de pente ne doit pas dépasser la valeur calculée par l'équation de Wischmeier, une fois

fixée la valeur de la perte en sol maximale admissible. Ce seuil est précisé localement, en fonction des conditions pédologiques, agronomiques et économiques.

Les banquettes (terraces).

Les banquettes sont des chenaux en travers de la pente, confectionnés en modelant la surface du sol.

Avertissement. Dans la terminologie française de la restauration des sols (montagne, Algérie...), les "terraces" américaines sont nommées "banquettes". Le terme français de "terrasse" désigne en fait les aménagements en escalier bien connus dans le pourtour méditerranéen...et que les américains nomment "bench terraces".

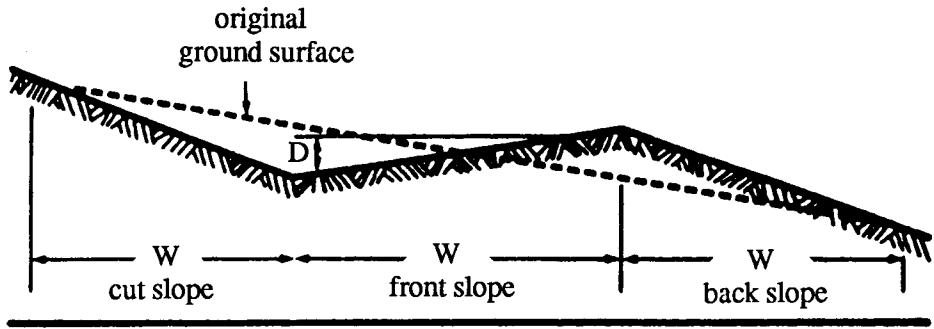
Les banquettes impliquent la pratique de la culture en courbes de niveau⁽¹⁾. Elles sont classées selon leurs sections transversales, leur pente longitudinale et le mode d'évacuation des eaux.

Section transversale (fig.3).

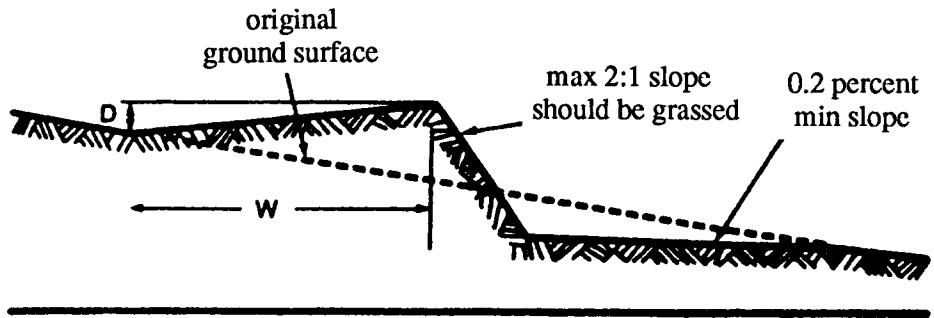
- *banquettes à base large* : cultivées sur toute leur surface.
- *banquettes à talus aval enherbé* : cultivées sur leur pente amont.
- *banquettes étroites* : non cultivées sur leurs talus amont et aval, mais à faible emprise.

Très utilisées anciennement, les banquettes à base large ont tendance à disparaître : pour les adapter aux largeurs de travail des outils actuels, il faut déplacer des volumes de terre importants.

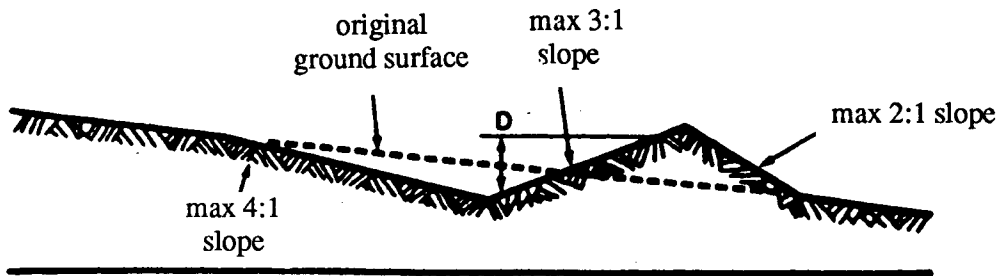
(1) Certains agriculteurs cultivent cependant dans le sens de la pente les champs équipés de banquettes à base large : cela reste rare et déconseillé par les techniciens du S.C.S. à cause des problèmes de maintenance (sédimentation importante dans la rigole d'évacuation de la terrasse).



Broad-base terrace cross section



Steep back-slope terrace cross section



Narrow-base terrace cross section

Figure 3 : Différentes sections de banquettes classiques (brochure S.C.S.).

A l'inverse, les banquettes étroites se développent car leur réalisation coûte moins cher.

Autant que la topographie le permet, les banquettes sont réalisées parallèles entre elles pour ne pas gêner les travaux culturaux.

Quand le sol est trop peu épais, on confectionne des *diversion terraces*, qui sont des chenaux enherbés à très faible pente construits comme des banquettes (fig.4).

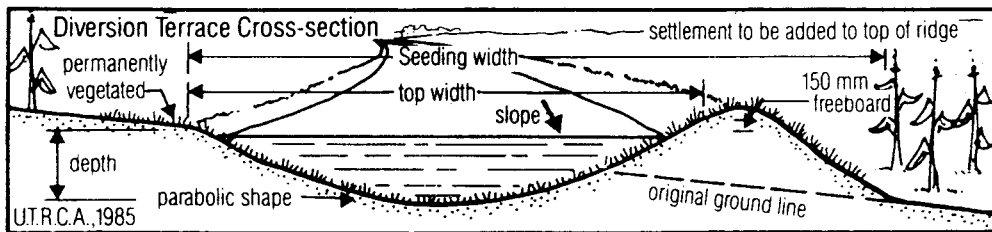


Figure 4 : Banquette - Diversion du Maine et du Canada [25].

pente longitudinale (fig. 5 à 7).

- *pente nulle* : banquettes horizontales sans évacuation (dites aussi "à infiltration totale"). Cette technique est utilisée en région aride pour retenir l'eau, ou lorsque le sol est suffisamment perméable pour qu'il soit possible de faire l'économie des ouvrages d'évacuation de l'eau.

- *pente non nulle* (mais faible : 0,1 à 1 % maximum), avec une évacuation : chenal d'évacuation enherbé (*grassed waterway*) ou drains (*tile outlet*).

Les chenaux enherbés (fig. 6 et annexe p.89).

Ils sont utilisés soit comme évacuateur des eaux des banquettes, soit pour protéger contre l'érosion un petit talweg en amont d'une banquette, surtout quand elles sont assez espacées.

Lorsque la pente est forte et le débit à évacuer important, les chenaux sont parfois empierrés. La vitesse limite d'écoulement admissible dépend de la nature du sol et de la végétation implantée (annexe p.101).

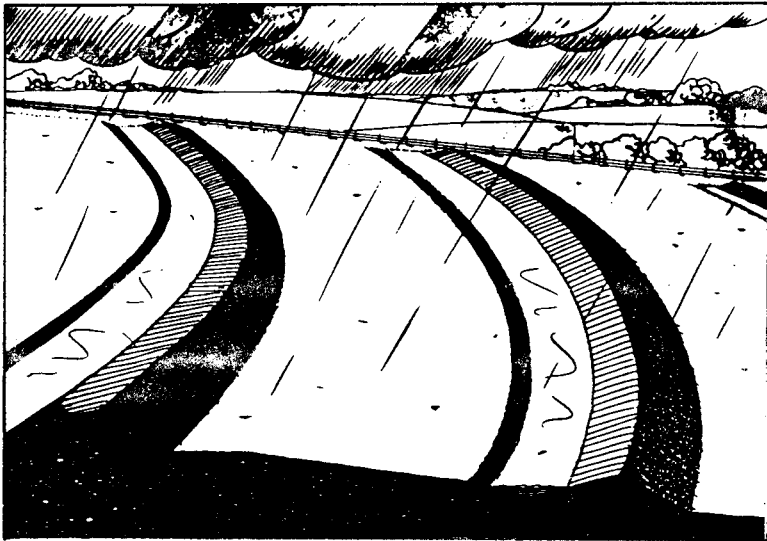


Figure 5 : Banquettes à pente nulle (*level terraces*) sans évacuateur [11].

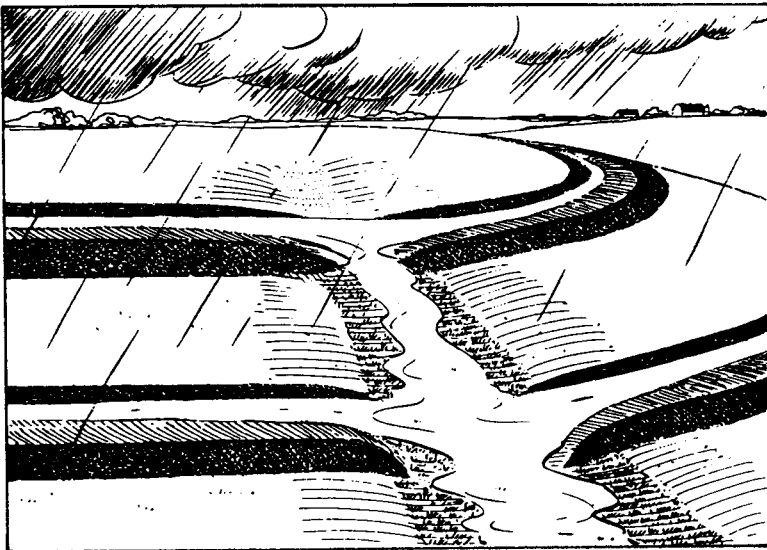


Figure 6 : Banquettes à pente non nulle (*gradient terraces*) avec évacuation par chenal enherbé (*grassed waterway*) [11].

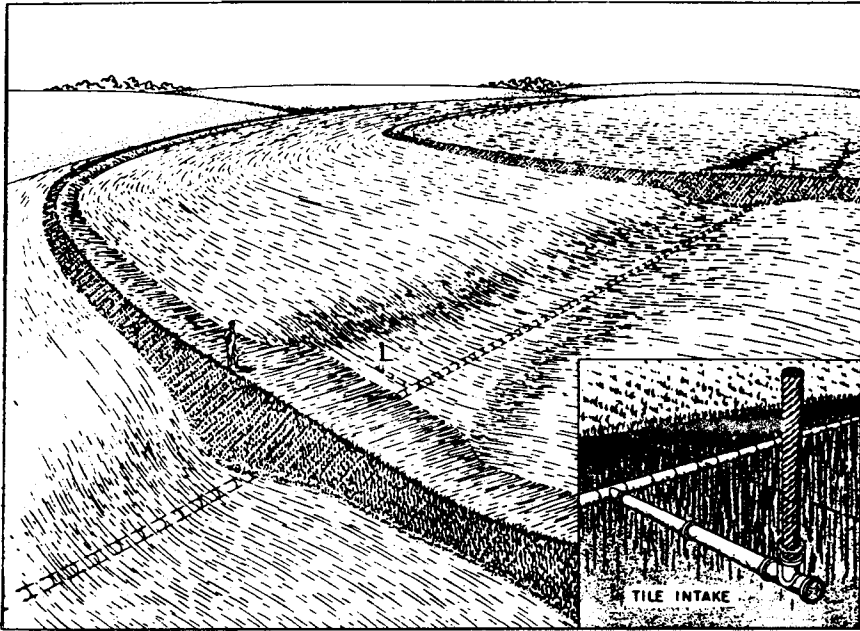


Figure 7 : Banquettes à pente non nulle, avec évacuation par drains [11].

Les diversions.

Il s'agit de chenaux enherbés jouant le rôle de fossés de dérivation. Ils sont implantés à l'amont d'un champ pour protéger la culture, ou au contraire à l'aval, pour protéger des habitations ou des ouvrages.

Les diversions peuvent aussi remplacer les banquettes classiques quand le sol n'est pas assez épais pour réaliser ces dernières.

Les "Water and Sedimentation Control Basins" (= WASCOBS).

Il s'agit d'éléments de banquette (fig.8 et annexe p.78)) barrant un petit talweg. Ils sont installés en complément des banquettes ou bien seuls, si un aménagement plus ample n'est pas justifié.

Typical Cross-section of Narrow-base Water and Sediment Control Basin (W.A.S.Co.B)

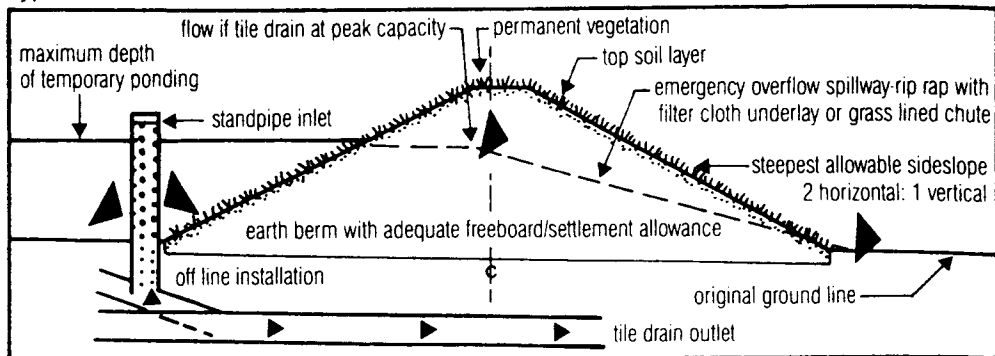


Figure 8 : Water and Soil Control Basin (Wascob) : élément de banquette avec évacuation par un drain élémentaire. [25].

Ce sont des ouvrages de dimension modeste, conçus pour limiter le ravinement en amont. Leurs dimensions sont beaucoup plus modestes que celles des bassins d'orage, et leur conception beaucoup plus simple. Ils sont néanmoins susceptible de remplir un certain rôle hydraulique qui est discuté en annexe p.78.

- **L'aménagement de la collecte de l'eau dans le bassin versant.**

Les *waterways* et les diversions contribuent au laminage de l'écoulement mais sont surtout destinés à maîtriser l'érosion concentrée.

Dans ce schéma général, deux autres types d'aménagement sont aussi mis en place : les dispositifs de correction de ravine (*gully correction structures*) et les bassins d'orage.

La correction des ravines.

Cette technique rappelle la restauration des terres en montagne (RTM). Pour corriger et stabiliser les ravines profondes que leur dimension ne permet plus de faire disparaître complètement, une série de petits seuils est mise en place (fig. 9).

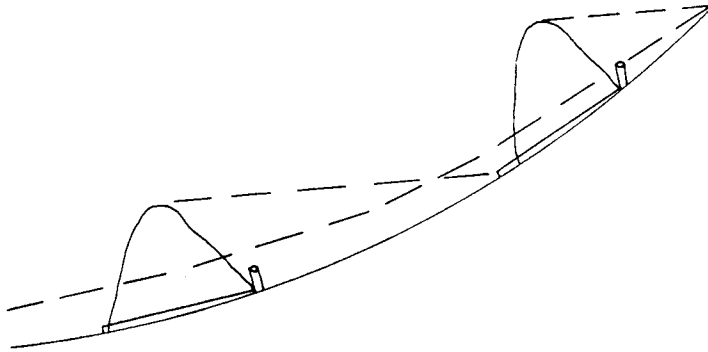


Figure 9 : Correction de ravine permanente par endiguement.

Les bassins d'orage.

Ils sont analogues dans leur fonction et dans leur conception aux aménagements réalisés en France, mais la pluie de projet habituellement utilisée (Précipitation Maximale Probable) conduit à des volumes plus importants que ceux qui sont le plus souvent retenus en France [3].

Les techniques culturales antiérosives (Conservation Tillage).

Le *conservation tillage* regroupe, selon la définition qu'en donne le SCS, toutes les techniques de travail du sol qui permettent de conserver des résidus végétaux sur au moins 30 % de la surface du sol.

Le *conservation tillage* a débuté dans les années 1960 mais ne connaît un réel développement que depuis 10 ans environ. Ce qui s'explique par deux séries de causes :

* L'augmentation du coût de l'énergie a constitué une opportunité pour promouvoir des techniques réduisant les coûts énergétiques et les coûts des aménagements (écartement plus grand des banquettes, voire possibilité de les éliminer dans certains cas).

* Apparition d'outillages plus sophistiqués et d'herbicides plus élaborés - pour lesquels, d'ailleurs, la conservation des sols est devenue un argument commercial.

Le *conservation tillage* se fonde sur la propriété des résidus à protéger la surface du sol : il s'agit là encore de limiter les pertes en terre et non le ruissellement même si ces techniques exercent une certaine action sur l'infiltration.

Le rôle de la rugosité du sol (et donc de la détention superficielle du sol) est reconnu. Cependant, en termes de lutte contre l'érosion, **il n'en est pas tenu compte** car son contrôle est jugé trop aléatoire, compte-tenu de la violence des pluies aux Etats-Unis.

La base des techniques de *conservation tillage* est l'abandon de la charrue traditionnelle (*moldboard plow*) qui retourne la terre et donc enfouit les résidus végétaux.

La protection de la surface du sol (rôle principal) permet de réduire l'érosion diffuse et le maintien de la cohésion du sol exerce un effet protecteur contre le ravinement.

Il existe différentes techniques de *conservation tillage* :

* la plus courante est le labour au chisel. Son succès, d'après un spécialiste du SCS, serait surtout dû à des raisons psychologiques du fait qu'il reste assez proche du labour à la charrue.

* le *strip tillage* (travail d'une bande étroite de part et d'autre de la ligne de semis) est critiqué actuellement car il produit une terre très fine dans un chenal bien moulé que la pluie transforme en pâte ou que le ruissellement peut entraîner.

Il en existe toutefois une variante, adaptée aux sols peu profonds sur substrat argileux (Géorgie, Alabama), qui consiste à faire pénétrer une dent de chisel devant la dent du semoir.

* le *no-till* correspond à notre semis direct.

* Le *ridge tillage* ou culture sur billon : un petit billon de 10 cm de haut est confectionné lorsque la plante (maïs ou soja) a atteint environ 40 cm. L'année suivante, le billon est écrêté. La semence est localisée dans la base du billon, et celui-ci est reformé dans les mêmes conditions que l'année précédente.

Cette technique conserve l'avantage du semis direct (bonne couverture par les résidus), tout en permettant un meilleur réchauffement de la graine. Le développement actuel de la culture sur billon est impressionnant : les surfaces concernées ont augmenté de 43 % en 1 an dans le *Corn Belt*.

Il est toutefois réservé à la monoculture ou aux rotations de cultures susceptibles d'être semées avec le même écartement (maïs et soja).

La cohérence de la Conservation des Sols et de l'Eau aux Etats-Unis.

"Conservation" des sols et "conservation" de l'eau sont étroitement liées. Cependant la priorité peut être donnée à l'une ou l'autre.

Avant de discuter l'applicabilité en France des méthodes employées aux Etats-Unis, il paraît donc nécessaire de bien faire apparaître la logique qui les sous-tend.

Suivant la situation dans le bassin, la priorité est donnée à la "conservation" du sol ou de l'eau.

- A l'échelle des travaux culturaux.

Les techniques qui relèvent du travail du sol s'intéressent à la limitation de la perte en sol. Le *strip cropping* et le *conservation tillage* ont pour but de limiter l'érosion en nappe et l'érosion en rigoles le long des lignes de cultures.

- A l'échelle de l'aménagement parcellaire.

L'ensemble banquettes + évacuateurs a également pour objectif de retenir la terre : les banquettes qui découpent l'espace parcellaire servent à limiter l'érosion en nappe et en rigoles et les évacuateurs (chenaux ou drains) font disparaître l'érosion concentrée ; les banquettes sans évacuateurs jouent les deux rôles à la fois. Les *Wascobs*, installés sur des lignes d'écoulement secondaires, ont également pour but de réduire le ravinement.

A ce niveau, la rétention de l'eau n'est un objectif clairement poursuivi qu'en conditions arides (banquettes sans évacuateurs).

- A l'échelle du petit bassin versant.

La correction des profondes ravines permanentes s'attache aussi principalement à les stabiliser. La rétention de l'eau apparaît parfois significativement à ce niveau, mais comme un objectif secondaire.

- A l'échelle du "grand" bassin versant.

A cette échelle, la rétention temporaire de l'eau a pour objectif de protéger les hameaux et les agglomérations. Souvent, les bassins d'orages ainsi aménagés sont aussi destinés à d'autres usages (irrigation, alimentation en eau du bétail, loisirs).

Action des techniques sur le ruissellement

Bien qu'un intérêt secondaire soit porté par le SCS à l'effet de ces techniques (*conservation tillage*, banquettes ...) sur l'infiltration de l'eau ou sur sa rétention provisoire, cet effet n'est cependant pas nul.

- **Le *conservation tillage*** entraîne une limitation certaine du volume du ruissellement, mais celle-ci est très variable en fonction du procédé et de l'importance de la pluie : d'après les nombreuses expérimentations, le ruissellement peut être diminué de quelques % à 60 % par rapport à celui obtenu sur une culture conventionnelle.

- **Les banquettes horizontales** sans évacuation retiennent une forte quantité d'eau, assez aisée à calculer.

Le débit de fuite des drains d'évacuation des *tile outlet terraces* est lui aussi relativement simple à calculer. On peut en attendre une assez grande efficacité, plus pour limiter les débits de pointe que pour augmenter l'infiltration. **Les banquettes avec évacuation par chenaux enherbés** ont probablement une action plus limitée et surtout plus difficile à estimer : limitation du volume du ruissellement par infiltration dans l'herbe et surtout limitation du débit de pointe par augmentation du temps de concentration (allongement du circuit et rugosité hydraulique élevée).

Peu d'informations nous ont été fournies à ce sujet par les spécialistes rencontrés. Les calculs des lames ruisselées par la méthode du *Curve Number* [11,12,13,14] prennent en compte une certaine efficacité des banquettes, comme le montre l'exemple suivant : (tableau 4) :

	CN	Lame ruisselée (mm)	Coefficient de ruissellement
sans aménagement	86	21,3	0,43
avec banquettes	74	8,8	0,18

**Tableau 4 (d'après [11]) : Classe hydrologique du sol : B
Précipitation : 50 mm
Culture : sarclée**

Les hydrologues du SCS n'ont pu toutefois nous dire à quel type de banquette cela s'applique. S'agissant de données déjà anciennes (obtenues par l'analyse du fonctionnement de nombreux bassins versants), on peut supposer qu'elles concernent des banquettes avec évacuateurs enherbés, car ceux-ci représentent le système le plus anciennement pratiqué. Il paraît toutefois délicat de préconiser l'implantation de banquettes avec évacuateurs dans le but de réduire les volumes ruisselés sans avoir approfondi ce point.

La rapide analyse présentée en annexe p.89 met en évidence un effet positif non négligeable - sinon important - de l'enherbement du talweg sur le débit de pointe .



- La protection des collectivités 46
- La conservation des sols et la protection des cultures 51

La discussion de l'intérêt de l'application des techniques du SCS dans le nord-ouest de la France doit être menée en fonction du type de dégâts contre lesquels on veut agir : dégâts causés à l'activité agricole ou aux collectivités. Les problèmes très spécifiques posés par la protection des rivières contre l'érosion dans les terres sont traités par ailleurs [38].

La protection des collectivités

• Position du problème

Les "coulées de boue" que subissent les collectivités posent le double problème de la maîtrise du ruissellement et de la limitation de l'érosion dans les terres cultivées. Or les techniques du SCS, comme nous l'avons vu, sont conçues pour lutter contre l'érosion et non pour maîtriser le ruissellement (hormis les classiques bassins d'orage). Cela ne signifie pas que ces techniques n'aient pas une action positive à ce niveau, mais que celle-ci reste limitée.

Cependant, le contrôle de l'érosion présente en lui-même un grand intérêt pour les collectivités, même sans une réduction sensible du volume et du débit de l'écoulement :

* s'il existe un bassin d'orage, celui-ci sera protégé contre un envasement rapide, ce qui est un facteur de sécurité et d'économie.

* en l'absence de bassin d'orage, ce sont les réseaux pluviaux qui profiteront de la réduction de la charge en terre : leur colmatage constitue un facteur certain d'aggravation des dégâts et les dépôts sont difficiles à éliminer.

De plus, il faut noter que le coût et l'impact psychologique des dommages subis par les collectivités sont dus en général plus aux dépôts de terre qui subsistent après l'orage, qu'à l'eau elle-même qui transite rapidement pour ce type particulier d'inondations.

• La maîtrise du transfert de terre vers l'aval

A la différence des Etats-Unis, l'érosion sur les versants reste le plus souvent un phénomène assez mineur dans le nord-ouest de la France. En revanche le ravinement causé par le ruissellement concentré dans les talwegs est plus marqué et plus répandu [cf. conclusion] : c'est à ce niveau qu'il conviendra d'agir préférentiellement pour limiter les transports de terre vers l'aval.

* Les techniques conçues spécifiquement pour maîtriser l'érosion de versants (*conservation tillage, contouring, strip-cropping*) présentent donc un intérêt limité.

* L'appréciation de l'intérêt des banquettes est plus complexe, car leur fonction est double : la banquette proprement dite limite l'érosion de versants en segmentant la pente, et le système d'évacuation bien stabilisé maîtrise le ravinement. Si on privilégie le contrôle de ce dernier, le dispositif peut être limité :

- au chenal enherbé (*grassed waterway terraces*)
- ou encore au drain d'évacuation (*tile outlet terraces*), mais complété dans ce cas par des petits barrages transversaux de talweg, pour permettre la récupération de l'eau par le drain,... ce qui correspond exactement aux *wascobs* du SCS !

Contrairement aux banquettes, ces dispositifs posent peu de problèmes d'intégration dans un parcellaire non conçu pour la conservation des sols, comme le montre la figure 10. Leur mise en

place ne conduit pas à modifier les limites parcellaires, ni les conditions de circulation des engins agricoles, même s'il nécessitent quelques précautions élémentaires.

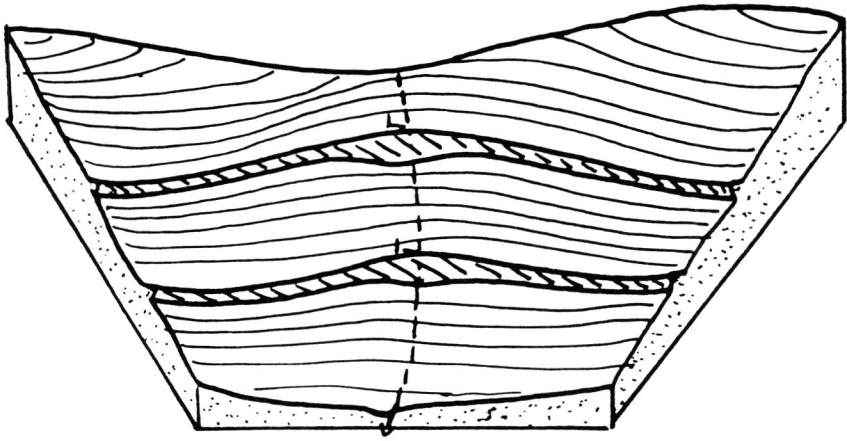
La consolidation de la voie de passage des eaux peut être obtenue autrement que par l'enherbement : dans le Maine, l'enrochement est pratiqué pour les talwegs pentus ou collectant de grandes quantités d'eau (annexe p.89). Par contre, les américains ne semblent pas pratiquer le non-déchaumage ni le tassement des talwegs de très faible pente ou collectant un faible impluvium : ces pratiques, qui sont expérimentée actuellement dans le Pas de Calais et en Haute Normandie, auraient probablement une efficacité trop limitée dans le contexte climatique très agressif des Etats-Unis.

• La maîtrise du ruissellement

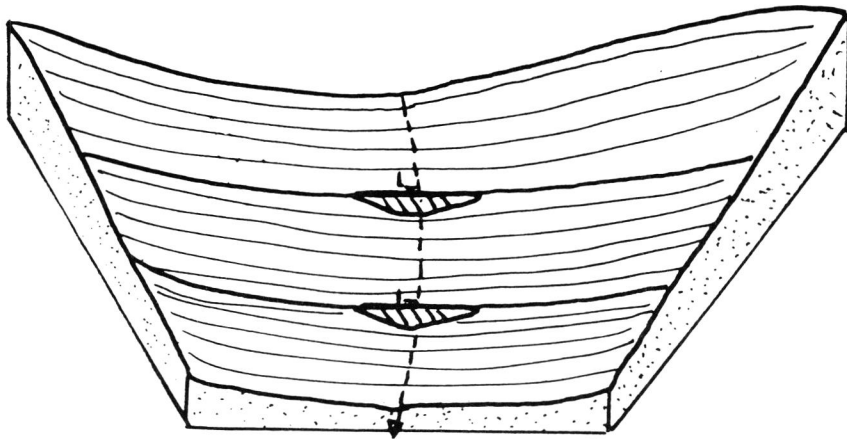
L'amélioration de l'infiltration

La manière la plus radicale de contrôler le ruissellement consiste à en réduire le volume par l'augmentation de l'infiltrabilité du sol ; or, on a vu que le *conservation tillage* présente une efficacité très variable à cet égard. Des essais effectués dans le Val d'Oise [15] ont par ailleurs montré les limites d'une simple adaptation des techniques courantes. D'autres essais, conduits actuellement dans le pays de Caux (AREAS [24], INRA [32]) devraient permettre de mieux préciser ce qu'il est possible d'attendre de modifications de techniques culturales compatibles avec le maintien des systèmes de production actuels. Il y a peut-être également des progrès à attendre de techniques d'origine allemande [16,17].

Toutefois l'efficacité de ces techniques vis-à-vis des pluies intenses *reste à vérifier*. Ces techniques sont en effet probablement plus efficaces quand les dégâts sont causés par des pluies longues et d'intensité modérée, ce qui a rarement été le cas dans le Val d'Oise.



Parcellaire en contours :
Lutte contre l'érosion diffuse et concentrée
au moyen de banquettes avec évacuation par drain
(*tile outlet terraces*).



Parcellaire sans contours :
Lutte contre l'érosion concentrée seulement.
Les *Wascobs* se substituent aux banquettes.

Figure 10 : Intérêt des *Wascobs* dans le contexte français.

De plus, le recours à des pratiques agricoles pour protéger une collectivité implique qu'elles soient mises en oeuvre par la majorité des agriculteurs exploitant le bassin versant incriminé : cela est difficilement envisageable à court terme lorsqu'on a affaire à des techniques encore rarement appliquées et peu connues.

Il est néanmoins souhaitable que l'évolution des techniques de travail du sol se fasse en prenant en compte cet aspect. Mais on ne peut pas espérer une progression très rapide dans ce domaine.

L'allongement du temps de concentration

S'il n'est pas possible de limiter sensiblement le ruissellement à la source, il reste à ralentir l'écoulement par des aménagements qui devront remplir en amont la même fonction que le bassin d'orage en aval.

* Le rapide calcul présenté en annexe p.89, montre que l'implantation d'un chenal enherbé dans un talweg raviné permet - dans cet exemple - de réduire le débit de pointe à son exutoire d'environ 15 %. Cet abattement n'est pas négligeable, mais il reste trop faible pour que ces chenaux soient à même de remplacer un bassin d'orage.

* *En revanche, la mise en place des wascobs peut exercer une action notable sur le débit de pointe, du moins dans certaines conditions (pentes faibles).*

Par ailleurs, même si l'influence directe de ces dispositifs sur le débit de pointe du ruissellement est secondaire, ils présentent l'intérêt de contribuer au maintien en bon état de fonctionnement des ouvrages hydrauliques (bassins, fossés, canalisations) [p.46].

Si le S.C.S. aménage des bassins d'orages pour protéger les collectivités, il ne faut pas oublier que le système de banquettes et d'évacuateurs mis en place dans le cadre du même projet, protège ces

bassins d'un envasement accéléré. En France, les ouvrages sont souvent rendus partiellement inefficients car le coût de leur curage conduit à trop espacer les opérations d'entretien.

Enfin, la mise en place d'un chenal enherbé-diversion peut protéger un hameau ou une ferme isolée, en dérivant les écoulements.

La conservation des sols et la protection des cultures

Comme on l'a vu précédemment, cet objectif est secondaire à court ou moyen terme pour la profession agricole, même dans les secteurs particulièrement touchés. Néanmoins, certains agriculteurs expérimentent des solutions curatives, de leur propre initiative ou avec l'aide des quelques spécialistes régionaux (Pays de Caux, Pas de Calais).

Cette approche se distingue de la protection des collectivités sur un certain nombre de points.

* *La maîtrise du ruissellement n'est plus un objectif en soi. On ne s'intéressera au ruissellement qu'en tant que facteur de l'érosion.*

* *Les dégâts aux cultures peuvent se manifester sous l'effet de pluies relativement moins intenses ou moins longues que celles qui engendrent des dommages aux collectivités, surtout lorsque les sols sont très érodibles : c'est le cas en particulier de toute la frange maritime du Bassin Parisien. Or, les techniques culturales antiérosives sont plus efficaces pour les pluies faibles que pour les pluies intenses.*

* *Ces techniques sont conçues pour lutter contre l'érosion de versants. Leur mise en oeuvre n'a donc d'intérêt que dans les secteurs où cette forme d'érosion est significative : par exemple sur les versants à forte pente de collines ou de rebords de plateaux. Ce type de*

situation , on l'a vu, n'est pas la plus fréquente : d'une part, parce que leur extension spatiale est limitée, mais aussi parce que les sols de ces pentes sont souvent moins érodibles (limons argileux ou rendzines) - à l'exception des versants sableux.

** Ainsi, dans la majorité des cas, l'agriculteur s'intéressera surtout à la limitation du ravinement, ce qui renvoie aux procédés sélectionnés précédemment : les chenaux enherbés et les *wascobs*.*

Ces aménagements sans être très courants en France, n'y sont pas totalement inconnus.

Pour limiter le ravinement des sols peu épais sur argile à silex, un agriculteur de l'Eure a mis en place depuis une dizaine d'années des *wascobs* non drainés qui se sont avérés efficaces et satisfaisants à l'exception de l'absence de drainage, dont il confirme a posteriori l'intérêt.

Les chenaux enherbés ont fait leur apparition dans le Pays de Caux, à l'instigation de l'Association Régionale pour l'Etude et l'Amélioration des Sols.

Il convient de signaler par ailleurs les essais de stabilisation des talwegs dans le Pays de Caux [24] et en Artois [39] au moyen de techniques agronomiques comme le compactage et le non-déchaumage des talwegs.



- Le Sud-Ouest 54
- Vignobles de côteaux 55

Les critères de sélection des techniques américaines utilisés dans cette étude, à partir des expériences du Val d'Oise et du Pays de Caux, restent valables pour l'ensemble du nord-ouest de la France, sous réserve de vérification locale de la validité de l'ensemble des paramètres utilisés pour effectuer les comparaisons.

En revanche, la transposition à d'autres régions demanderait de reprendre la discussion pour s'adapter à des conditions physiques et humaines spécifiques. A titre d'exemple, nous dirons quelques mots du Sud-Ouest et des vignobles de coteaux.

Le Sud-Ouest

Plusieurs régions de grande culture du Sud-Ouest sont très touchées actuellement par les dégâts d'érosion : les collines du Lauragais, les terrasses de Gascogne et du Béarn. Contrairement au Nord-Ouest, les dommages subis par les collectivités semblent actuellement assez limités (en distinguant bien les "inondations boueuses" des inondations fluviales). Par contre, les dégâts agricoles atteignent une certaine ampleur qui a justifié la mise en place d'une "opération pilote" à l'instar de celles du Pays de Caux et de l'Artois.

Cette sensibilité peut être expliquée par certains facteurs physiques :

- l'agressivité plus grande des pluies ;
- un important déficit hydrique estival ;
- de fortes pentes (Lauragais) ;
- des sols souvent peu épais, développés sur un substrat peu fertile (mollasse).

L'amenuisement de l'épaisseur des sols a ici des conséquences fâcheuses pour la productivité agricole (diminution de la réserve hydrique en particulier), à plus court terme que dans le Nord de la France.

Les méthodes de lutte contre l'érosion de versants pratiquées par le SCS (techniques culturales antiérosives, banquettes...) sont donc susceptibles d'avoir dans le Sud-Ouest un intérêt plus grand que dans le Nord-Ouest. La culture sur billons, en particulier, pourrait convenir à la monoculture de maïs.

Il faut toutefois signaler que l'application des méthodes du *conservation tillage* demande une adaptation du matériel de travail du sol et une très bonne maîtrise technique, en particulier en matière de traitements herbicides : elle concerne donc des agriculteurs d'un bon niveau technique et conduisant une exploitation relativement importante.

Vignobles de coteaux

Les techniques de contrôle du ruissellement et de l'érosion sont mieux connues en France dans les vignobles de coteaux qu'en grande culture. Certaines méthodes utilisées ne diffèrent pas fondamentalement de celles du SCS, mais sont adaptées à une culture pérenne en forte pente et à un parcellaire de faibles dimensions :

- le paillage et l'enherbement des vignes s'apparentent au *conservation tillage* (protection par la végétation ou par un mulch).
- la confection manuelle de petits talus en travers de la pente pour diriger le ruissellement vers des collecteurs (éventuellement maçonnés) est une version "jardinée" des banquettes américaines...

L'aménagement des talwegs sensibles à l'érosion au moyen de *wascobs* ou de chenaux enherbés pourrait être intéressant dans certains cas. La pérennité de ces derniers pourrait toutefois être mise en cause par l'emploi important d'herbicides, mais ce point reste à vérifier.

CONCLUSION

La comparaison des contextes physiques et humains du nord-ouest de la France et des Etats-Unis conduit à ne retenir, parmi la panoplie offerte par le *Soil Conservation Service*, que deux techniques d'aménagement : l'enherbement des talwegs (*grassed waterways*) et les *water and sediment control basins* (*wascobs*).

Ces aménagements sont conçus avant tout pour contrôler le *ravinement concentré*, ce qui justifie de leur accorder un grand intérêt. De plus, si les chenaux enherbés n'ont qu'une action limitée sur les débits (annexe 4), en revanche les *wascobs* peuvent jouer un rôle plus important, du moins dans certaines conditions (annexe p.78).

Les chenaux enherbés, installés en position de *diversion* peuvent également protéger localement un hameau ou une ferme isolée.

La pratique de ces aménagements n'est pas très courante en France, mais ils ne sont pas totalement inconnus, comme on l'a vu p.51.

Il serait intéressant que d'autres exemples de ces dispositifs soient mis en place à titre expérimental sur des sites sensibles : les annexes 3 et 4 fournissent des éléments techniques destinés à en faciliter la réalisation.

Les autres techniques préconisées par le SCS ont été écartées, car elles ne sont pas conçues pour résoudre le problème posé, ou seraient trop difficiles et coûteuses à mettre en oeuvre dans la situation actuelle.

Cependant celle-ci peut évoluer sur divers plans : productions, techniques culturelles, aggravation des dégâts..., ce qui peut conduire à revoir cette sélection.

Enfin, outre les techniques appliquées aux Etats-Unis et qui font l'objet du présent document, il existe d'autres procédés en cours d'élaboration ou d'amélioration, en particulier dans le cadre des opérations pilotes de lutte contre l'érosion (Seine Maritime, Pas de Calais et Haute-Garonne).

BIBLIOGRAPHIE

Références citées

1. CEMAGREF, 1986. Les dégâts causés par les pluies intenses dans le bassin du CROULT (Val d'Oise). 46p.
2. OBERLIN G., GRIL J.J. 1985. Compte-rendu de mission aux USA (Indiana et Mississipi). Recherche et application en conservation des sols et des eaux. CEMAGREF. 43p.
3. GRIL J.J., LAVABRE J., 1987. Maîtrise du ruissellement et de l'érosion aux U.S.A.. Rapport de mission. 48p.
4. AUZET A.V. 1987. L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grande culture. Aspects agronomiques. Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture. 60 p.
5. U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE. 1982. Mississippi Nonfederal Land Resources ; Summary of 1982 National Resources Inventory. 32 p.
6. LAFLEN J.M., MOLDENHAUER W.C., 1985. Soybean production and soil erosion problems. in World soybean research conf. III ; Proceedings. Ed. Richard Shibles, Westview press, Boulder CO. pp. 1166-1174..
7. WISCHMEIER W.H. 1962. Storms and soil conservation. J. Soil Water Conserv. vol. 17 n^o2, pp. 55-59.
8. USDA. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. A guide to conservation planning. Agriculture Handbook n^o 282. 58p.
9. CEMAGREF, 1986. La genèse du ruissellement sur les terres agricoles . Approche par simulation de pluie dans le Val d'Oise. 36p.
10. U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, 1963. Technical Paper n^o40. Rainfall frequency atlas of the United States.

11. U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE. Engineering Field Manual.
12. U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE 1986. Urban hydrology for small watersheds . Technical Release n° 55. 159p.
13. VAN TE CHOW, 1964. Handbook of applied hydrology. Mc Graw-Hill Book Company.
14. SINE L. 1968. Une méthode de calcul des crues pour petits bassins versants hydrologiques. Bull. Rech. Agron. Gembloux, vol 3 n° 4, pp. 712-736.
15. CEMAGREF, 1987. Les dégâts causés par les pluies intenses. Recherche de remèdes. Techniques culturales pour limiter la genèse du ruissellement. 38p.
16. STRASMAN A., 1986. Rapport de mission en R.F.A. sur les systèmes de culture sans enfouissement profond des résidus végétaux (HORSCH et DUTZI) BTMEA n°10, pp. 19-33.
17. CEMAGREF, Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture, 1986. Maîtrise de l'érosion des terres agricoles en Bavière (R.F.A.). Rapport de Mission. 34p.
18. MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. 1980. Synthèse nationale sur les crues des petits bassins versants. Fasc. 1, Eléments de pluviométrie. 45 p.
19. PIHAN J. 1979. Risques climatiques d'érosion hydrique des sols en France. in Colloque sur l'érosion des sols agricoles en milieu tempéré non méditerranéen. ULP Strasbourg 1978. pp. 13-18.
20. ALLMARAS R.R., DOWDY R.H. 1985. Conservation tillage systems and their adoption in the United States. Soil and Tillage Research, Vol. 5, n° 2, pp. 197-222.
21. ATLAS CLIMATIQUE DE LA FRANCE.
22. U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE. 1987. Evaluation of the watershed protection and flood prevention program. 57p.
23. U.S.D.A. ARS. Agricultural Information Bulletin n° 442. Crop Residue Removal and Tillage. Effects of Soil Erosion and Nutrient Losses in the Corn Belt. 33 p.

24. OUVRY J.F. 1987. Bilan des travaux de la campagne 86-87 de l'opération régionale de lutte contre les inondations et l'érosion des sols. AREAS. Doc. dact. 187 p.
25. UPPER THAMES RIVER CONSERVATION AUTHORITY. 1985. Structural Erosion Control Measures on Agricultural Land. 20 p.
26. MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. Sept. 1977 . Techniques des barrages en aménagement rural. II-4, Etude Hydrologique.
27. WISCHMEIER W.H. 1976. Use and Misuse of the Universal Soil Loss Equation. J. Soil Water Conserv. vol 31, n° 1. pp. 5-9.
28. PAPADAKIS C., KAZAN N. 1986. Time of concentration in small rural watersheds. Technical Report University of Cincinnati, Ohio. 68p.
29. JAMES L.D. 1986. Risk Information for Floodplain Management. J. Water Resources Planning and Management, vol.112 n° 4. pp. 485-499.
30. PAPY F., DOUYER C. 1988. Les déterminants des catastrophes liées au ruissellement des terres agricoles en Pays de Caux. INRA-SAD. 44p.
31. US GOVERNMENT. 1981. Watershed Protection and Flood Protection Act. 4p.
32. BOIFFIN J., PAPY F., EIMBERCK M. 1988. Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré. I. Analyse des conditions de déclenchement de l'érosion. Agronomie, 8(8). pp. 663-673.
33. PAPY F., BOIFFIN J. 1988. Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré. II. Evaluation des possibilités de maîtrise du phénomène dans les exploitations agricoles. Agronomie, 8(9). pp. 745-756.
34. ROOSE E. 1977. Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest ; vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. Travaux et Documents de l'ORSTOM n 78. 108 p.
35. GRIL J.J., DUVOUX B. 1987. L'érosion des sols cultivés. BTMEA n° 15-16. pp. 23-30.

36. BDPA, DDA de Seine-Maritime. 1984. Carte départementale des terres agricoles, Montivilliers-Le Havre. 58p. + carte.

37. VERVIN R. 1982. Etude du bassin modèle de la Saane (Seine-Maritime). Evolution des teneurs en nitrates des eaux superficielles et souterraines ; influence du ruissellement de surface sur la qualité des eaux de rivières. Etude de l'Université de Rouen pour le Ministère de l'Agriculture et l'AFB Seine-Normandie. 232p.

38. DUVOUX B. 1991. Protection rapprochée des cours d'eau contre les effets de l'érosion des terres agricoles. Etude du CEMAGREF pour le Ministère de l'Environnement.

39. DERANCOURT F. 1988. Programme hydrosol. Compte-rendu technique : les actions possibles contre l'érosion dans les bassins versants. Chambre d'Agriculture du Pas-de-Calais. 10p.

Documentation consultable au CEMAGREF

Les documents suivants, relativement difficiles à se procurer en France, peuvent être consultés à la Division Qualité des Eaux du CEMAGREF, 14 av. de Saint-Mandé 75012 PARIS (tél.[1] 43 43 97 84).

• U.S.D.A. Soil Conservation Service.

*Engineering Manual for conservation practices (1200 pages environ)

* National Engineering Handbook

Section 3 Sedimentation (159 p)

Section 4 Hydrology (600 p. env.)

Section 5 Hydraulics (300 p. env.)

* Technical Release n° 55 (TR 55) 1986 : Urban hydrology for small watersheds 162 p.

*National Handbook of Conservation Practices

(Sorte de bordereau de définitions et spécifications techniques) (1500 p. env.)

*National Resources Inventory 1987 : Instructions for Collecting sample data, S.C.S. Washington - Statistical Laboratory, Ames, Iowa.

*National Soils Handbook. Extrait : Part 603, Application of Soil Information, Soil interpretations 1983 (222 p.)

+ 1 exemple de "Soil Survey" : Woodbury County, Iowa.

* Agriculture Handbook 296 : Land Resource Regions and Major Land Resource Areas of the United States, 1981 (156 p. + carte).

*Conservation Seeder Selection Guide (8 p. dactylographiées).

*Evaluation of the Watershed Protection and flood prevention Program 1987 (57 p.).

+ 5 monographies de bassins (Watershed planning reports)

*Agronomy Technical Note n° 16 (1987).

Contour Strip cropping Design and Lay out (15 p).

*Technical Release n° 40 (TR 40) 1982. Index of S.C.S. National Engineering Technical Materials (26 p.).

* Soil and water conservation. Research and Education. Progress and Needs, 1986.

*Iowa Small structures Design Manual (Des Moines (A) 1985 (132 p.).

**** Nombreuses brochures et plaquettes sur les activités du S.C.S. et les différents aménagements anti-érosifs.

• **Autres origines :**

U.S. Department of Commerce and Climatology.

*Technical Paper n° 40, 1963 : Rainfall Frequency Atlas of the United States (for durations from 30 mn to 24 h and return periods from 1 to 100 years).

*Five to 60 mn Precipitations Frequency for the Eastern and Central United States 1977 (40 p).

*Hydrometeorological Report n° 31, 1980. Probable Maximum Precipitations Estimates, United States, East of the 105 th Meridian.

*Word Meteorological Organization. Operational Hydrology Report n° 1, 1973. Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation (A.P).

American Society of Agricultural Engineers - Papers -

*n^o 72-234 M. ICE, P. FORSYTE. The corrugated Metal Toewall Structure Development and functioning (15 p).

*n^o 80-2043. POWELL J., Improving Farmability of Terrace System (11 p).

*n^o 85-2050. SPOMER R., HJELMFELT A., Concentrated Flow Erosion on Conventional and Conservation tilled Watersheds (15 p.).

*n^o 86-2540. GOLD J., LOUDON T., Runoff water quality from conservation and conventional Tillage (11 p.).

U.S. Department of Agriculture (sauf S.C.S).

*U.S.D.A. - Agency for International Development Technical Monograph n^o6, 1983. Keys to Soil Taxonomy. 244 p.

*Misc. Publication n^o 1063, 1987. Fact book of U.S. Agriculture 163 p. (Statistiques agricoles).

*COSPER H., 1979. Soil Taxonomy as a guide to economic feasibility of soil tillage systems in reducing nonpoint pollution. E.S.C.S. Staff Report (35 p.).

*U.S.D.A. ARS. Agricultural Information Bulletin n^o 442. Crop Residue Removal and Tillage. Effects of Soil Erosion and Nutrient Losses in the Corn Belt (33 p.).

Divers

*SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA, 1977. Conservation Tillage : Problems and Perspectives, Special Publication n^o 20. 75 p.

*PAPADAKIS C., KAZAN N., 1986. Time of Concentration in small rural watersheds. Technical Report University of Cincinnati, Ohio. 68 p.

*LAFLEN J.M., JOHNSON A.P., Soil and water loss from impoundment terrace systems. Texte dactylographié, 12 p.

Pour tout renseignement technique complémentaire, prière de vous adresser à Jean-Joël GRIL, CEMAGREF-Groupement de Lyon, 3, bis quai Chauveau, CP 220, 69336 Lyon Cedex 09.

ANNEXES



- Le rôle et la structure du Soil Conservation Service 66
- Deux méthodes fondamentales de calcul utilisées par le S.C.S : 71
 - * Le modèle hydrologique (Curve Number et hydrogramme unitaire) 71
 - * L'Universal Soil Loss Equation (USLE) 79
- Les Water and Sediment Control Basins (Wascobs) 80
- Les chenaux enherbés (Grassed Waterways) 91
- Conversion d'unités (US/SI) 156

LE RÔLE ET LA STRUCTURE DU SOIL CONSERVATION SERVICE

Le rôle et la structure du S.C.S.

• Rôle du S.C.S.

Le S.C.S. est un service technique du Ministère de l'Agriculture américain (U.S.D.A.) chargé de l'application en matière de conservation des Sols et des Eaux. Il intervient **exclusivement** à la demande, soit de particuliers (agriculteurs), soit de collectivités et d'associations.

Cette intervention consiste en la maîtrise d'oeuvre des projets (conception et suivi des travaux) et en une assistance aux agriculteurs en matière de techniques agricoles de conservation des sols (*conservation tillage*). Le S.C.S. n'assure pas la maintenance des ouvrages qui est sous la responsabilité soit des agriculteurs, soit des collectivités et associations.

Par ailleurs, si le S.C.S. ne fait pas de recherche, il s'occupe de "transfert technologique", en particulier à partir de 4 centres régionaux. Il est en relation étroite avec l'*Agricultural Research Service* et publie annuellement un document intitulé : "*Soil and Water Conservation ; Research and Education : Progress and Needs*" [5] qui :

- fait le point sur les résultats des recherches qui permettent d'améliorer les technologies employées,
- définit les besoins en les hiérarchisant en termes de priorité.

• Structure du S.C.S.

Le S.C.S (13000 employés) est structuré selon un schéma présenté figure 11

- *L'échelon fédéral* (400 employés) qui gère les programmes et s'occupe un peu de transfert technologique (en particulier en hydrologie). Les quatre centres de transfert technologique dépendent directement de l'échelon fédéral.

- *L'échelon de l'Etat* (au sens américain du terme), dont l'action dans un certain nombre de cas est démultipliée par des subdivisions (*Area Offices*), s'occupe en particulier de la réalisation technique des projets importants et publie des documents techniques d'application locale.

- *L'échelon local (field office)* - en général un par *county*, mais parfois 2 ou à l'inverse, 1 *field office* pour quelques *counties* - s'occupe du contact direct avec les instances locales et des projets simples, en particulier ceux qui concernent individuellement les agriculteurs.

L'ensemble des *field* et *area offices* représente les 3/4 du personnel du S.C.S. soit 10.000 employés environ.

A l'intérieur des États, les Services du S.C.S. travaillent en équipe avec du personnel dépendant du Gouvernement des Etats-Unis et des *counties* pour constituer les "*Soil Conservation Districts*" et le "*State Department of Soil Conservation*" (Fig. 12).

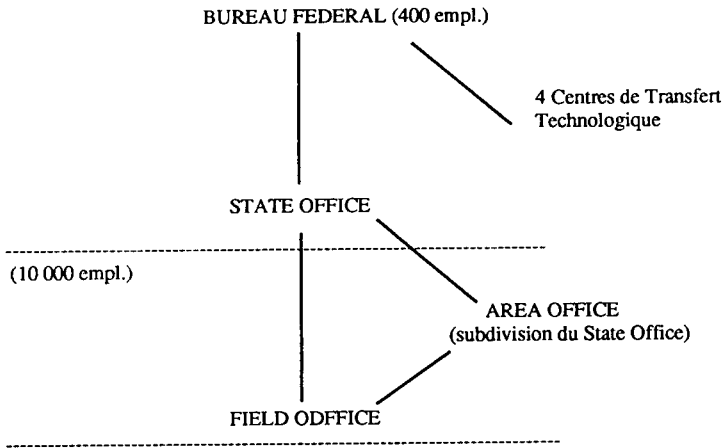


Figure 11 : Organisation du Soil Conservation Service (13 000 employés).

Local

Soil Conservation District

There are 100 soil conservation districts in Iowa (one per county and two in Pottawattamie County). Each district is governed by five commissioners, who are elected at the general election and serve without pay. Office staff and technical personnel are provided by the Iowa Department of Soil Conservation, the federal Soil Conservation Service, and in some instances by the county supervisors or private sources.

County Conservation Board

County conservation boards are established at the discretion of each county by authority of state law. A conservation board (5 members) is appointed by the county board of supervisors to oversee the operation of the county conservation program and its staff. County conservation boards are authorized to levy up to 1 mil property tax for the acquisition, development, and management of county parks, museums, wildlife areas, and other natural areas.

State

Iowa Conservation Commission

The Iowa Conservation Commission is the state agency that provides parks, lakes, recreation areas, wildlife areas, forests, natural and cultural preserves, and associated user facilities and services. Programs of the agency include the research and management of our fish, wildlife, forest resources, lakes and streams, and other unique natural features. The commission also regulates hunting, fishing, boating, and other outdoor recreation activities and helps coordinate activities of the county conservation boards.

Iowa Department of Soil Conservation

The Iowa Department of Soil Conservation is the state agency that assists soil conservation districts with local resource management programs; allocates state financial incentive program funds; and assigns state technical and clerical employees to districts. The Department also administers the State's mine reclamation laws. The Department assists conservancy districts in developing water management plans for the state's six major river basins. The State Soil Conservation Committee is the policy making body of the Department.

Federal

USDA Agricultural Stabilization and Conservation Service

The ASCS administers most USDA cost-sharing programs for soil conservation. ASCS administers the Agricultural Conservation Program, which includes federal funds for a basic cost-share program with farmers, forestry incentives, emergency conservation funds, and special projects. Other programs include commodity and facility loans and price support, crop disaster, rural clean water, and production adjustment. ASCS is guided at the county level by locally-elected, 3-member county committees.

USDA Soil Conservation Service

The Soil Conservation Service (SCS) is the technical agency of the U.S. Department of Agriculture that helps land owners and operators apply soil conservation practices to the land. The SCS has responsibility for developing soil surveys, monitoring soil and water resources, and organizing small watershed and flood prevention programs. Soil Conservation Service personnel work through the soil conservation districts; the SCS in Iowa provides office space for the soil conservation district.

Figure 12 : Plaque de présentation du S.C.S. , de l'A.S.C.S. et des services régionaux de conservation (S.C.S. IOWA).

Les financements.

Il existe deux principaux modes de financement :

- *Le financement des initiatives privées des agriculteurs.* C'est le système le plus ancien. La gestion financière n'est pas assurée par le S.C.S. mais par une autre Agence (Fig.12), l' "Agricultural Stabilization and Conservation Service " (A.S.C.S.) strictement financière qui s'appuie techniquement sur le S.C.S..

Le niveau de subvention des aménagements est généralement de 50 %, à quoi s'ajoute une aide accordée pendant 1 à 3 ans à l'agriculteur pour s'équiper en matériel agricole approprié et s'adapter à son nouveau système de culture (12 à 15 \$/acre : 180 à 225 FF/ha dans le Maine). Cette aide financière est complétée par l'assistance gratuite des ingénieurs des *field offices*.

- *L'aménagement concerté de bassin versant (Watershed planning).* Ce programme d'aide est un peu plus récent que le précédent (30 ans environ). 50 % au minimum de la surface agricole du bassin versant doit faire l'objet de mesures de lutte contre l'érosion. Le barème de subventions appliqué actuellement est le suivant :

Protections contre les inondations	100 %
Aménagement anti-érosif	65 %
Irrigation et drainage	50 %

Le projet technique est réalisé au niveau du *State Office* (avec la collaboration du *field office*), il donne lieu à un rapport administratif envoyé à Washington pour approbation et financement ; le S.C.S. gère lui-même les fonds de ce programme.

L'inventaire et les *Major Land Resource Areas* (MLRA).

Le S.C.S. réalise un inventaire des ressources agricoles et des problèmes de conservation des sols. La périodicité de publication est de dix ans (avec des réactualisations tous les 5 ans).

Le territoire national est découpé en grands carrés de 6 miles de côté (92 km^2). Dans chacun de ces carrés un petit carré de 1 sq.mi. ($2,6 \text{ km}^2$) déterminé aléatoirement est échantillonné (sans entrevue avec les agriculteurs).

Le S.C.S. utilise - entre autres - cet inventaire pour définir les *Major Land Resource Areas* (MLRA) sortes de petites régions naturelles et agricoles indépendantes des limites administratives.

Le "gel des terres" (*Land retirement*).

Le Ministère de l'Agriculture a lancé il y quelques années un programme de "gel des terres".

L'Etat et l'agriculteur signent un contrat pour 10 ans au terme duquel une certaine somme (dans le Maine $50 \text{ \$/acre} = 750 \text{ F/ha}$) est allouée annuellement à l'exploitant moyennant un entretien minimum (fauche avec récolte facultative) pour empêcher le développement de la végétation arbustive. Le choix des parcelles est fait par l'Administration avec l'accord des agriculteurs concernés.

Ce choix - au moins dans les secteurs très érodables visités - prend pour premier critère l'érodabilité des parcelles. D'après les informations reçues (1987), 10 % de la surface agricole de l'Iowa

seront rapidement gelés et une proportion bien supérieure dans le Maine. Nous ne disposons pas de statistiques sur l'ensemble des U.S.A.

DEUX MÉTHODES FONDAMENTALES DE CALCUL UTILISÉES PAR LE S.C.S. :

- * Le modèle hydrologique (*Curve Number* et hydrogramme unitaire)
- * L' *Universal Soil Loss Equation (USLE)*

Ces méthodes ont été abondamment décrites par ailleurs ; nous en rappellerons seulement les grandes lignes, assorties de commentaires sur leurs conditions d'utilisation et sur leurs limites, résultant de discussions avec des spécialistes américains.

LE MODÈLE HYDROLOGIQUE DU S.C.S.

Voir [12] et, en particulier, en français, l'analyse faite par L. SINE [14] et l'application présentée dans le chapitre "hydrologie" de l'ouvrage du Ministère de l'Agriculture sur les barrages en aménagement rural [26].

La mesure de la lame ruisselée (méthode du *Curve Number*)

Il s'agit d'estimer la hauteur de la lame ruisselée produite lors d'un événement pluvieux.

L'équation utilisée est la suivante :

$$L_r = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

où P est la pluviométrie de l'événement,

L_r, la lame ruisselée,

I_a, l'"initial abstraction", recouvre toutes les pertes avant le début du ruissellement,

S est "l'infiltration potentielle", paramètre servant à apprécier globalement quelle quantité de pluie un impluvium donné est capable d'absorber.

Ces paramètres sont tous des hauteurs d'eau (exprimés en mm ou en pouces).

L'analyse du fonctionnement de nombreux petits bassins versants agricoles a conduit à la relation empirique :

$$I_a = 0,2.S$$

D'où :

$$L_r = \frac{(P - 0,2.S)^2}{(P + 0,8.S)}$$

En pratique, S est remplacé par le *Curve Number* (CN) qui varie de 0 (S infini, perméabilité totale) à 100 (S nul, imperméabilité totale), tel que :

$$CN = \frac{1000}{S + 10}$$

(S en inches)

Le *Curve Number* a été déterminé pour de nombreuses situations, prenant en compte les cultures et les aménagements anti-érosifs ainsi que l'aptitude des sols au ruissellement (fig. 13).

Dans la méthode du S.C.S., les conditions antérieures d'humidité (*Anterior Moisture Condition*, A.M.C.) interviennent également. Mais, d'après les hydrologues rencontrés, ces classes d'humidité recouvrent en réalité l'intervalle de confiance du modèle (fig. 13). Cet intervalle de confiance peut à l'occasion traduire effectivement l'état d'humidité du bassin au moment de l'évènement pluvieux, mais cela n'a rien de systématique.

Dans la pratique, les hydrologues du S.C.S. se servent de cet intervalle pour infléchir dans un sens ou dans l'autre le calcul de la lame ruisselée selon l'objectif poursuivi.

Le calcul des débits de pointe

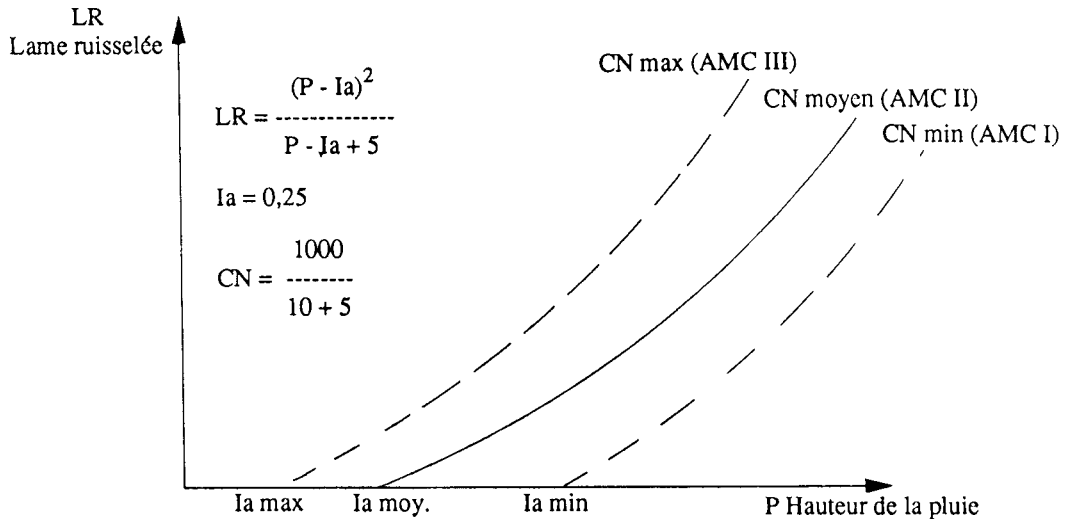
L'application de la théorie de l'hydrogramme unitaire conduit au calcul d'un débit de pointe unitaire q_u . Le calcul de ce débit est simplifié par l'utilisation d'abaque (cf. annexe p. 88-90).

q_u est relié au débit de pointe par la relation :

$$Q_x = q_u * A * L_r$$

A = superficie du bassin en mi^2 , q_u en $csu/in.$, L_r en $in.$, Q_x en $ft^3/sec.$

[Les unités US et leur conversion dans le système métrique sont explicités en annexe p.152].



Les "Anterior moisture conditions" (AMC) I et III comme enveloppes de nuage de points expérimentaux.

Figure 13 :

Cover description			Curve numbers for hydrologic soil group.			
Cover type	Treatment ²	Hydrologic condition ³	A	B	C	D
Fallow	Bare soil	—	77	86	91	94
	Crop residue cover (CR)	Poor	76	85	90	93
		Good	74	83	88	90
Row crops	Straight row (SR)	Poor	72	81	88	91
		Good	67	78	85	89
	SR + CR	Poor	71	80	87	90
		Good	64	75	82	85
	Contoured (C)	Poor	70	79	84	88
		Good	65	75	82	86
	C + CR	Poor	69	78	83	87
		Good	64	74	81	85
	Contoured & terraced (C&T)	Poor	66	74	80	82
		Good	62	71	78	81
	C&T + CR	Poor	65	73	79	81
		Good	61	70	77	80
Small grain	SR	Poor	65	76	84	88
		Good	63	75	83	87
	SR + CR	Poor	64	75	83	86
		Good	60	72	80	84
	C	Poor	63	74	82	85
		Good	61	73	81	84
	C + CR	Poor	62	73	81	84
		Good	60	72	80	83
	C&T	Poor	61	72	79	82
		Good	59	70	78	81
	C&T + CR	Poor	60	71	78	81
		Good	58	69	77	80
Close seeded or broadcast legumes or rotation	SR	Poor	66	77	85	89
		Good	58	72	81	85
meadow	C	Poor	64	75	83	85
		Good	55	69	78	83
	C&T	Poor	63	73	80	83
		Good	51	67	76	80

CN for condition I I	CN for AMC	
	I	II
(1)	(2)	(3)
100	100	100
98	94	99
96	89	96
94	85	98
92	81	97
90	78	96
88	75	95
86	72	94
84	68	93
82	66	92
80	63	91
78	60	90
76	58	89
74	55	88
72	53	86
70	51	85
68	48	84
66	45	82
64	44	81
62	42	79
60	40	78
58	38	76
56	36	75
54	34	73
52	32	71
50	31	70
48	29	68
46	27	66
44	25	64
42	24	62
40	22	60
38	21	58
36	19	56
34	18	54
32	16	52
30	15	50
25	12	43
20	9	37
15	6	30
10	4	22
5	2	13
0	0	0

¹ Average runoff condition, and $la = 0.2S$.

² Crop residue cover applies only if residue is on at least 5% of the surface throughout the year.

³ Hydrologic condition is based on combination of factors that affect infiltration and runoff, including (a) density and canopy of vegetative areas, (b) amount of year-round cover, (c) amount of grass or close-seeded legumes in rotations, (d) percent of residue cover on the land surface (good > 20%), and (e) degree of surface roughness.

Poor. Factors impair infiltration and tend to increase runoff.

Good. Factors encourage average and better than average infiltration and tend to decrease runoff.

Runoff curve numbers for cultivated agricultural lands¹. (AMC II)

Curve numbers et AMC.

Le calcul de q_u requiert la connaissance des paramètres suivants :

- le CN
- la pluie journalière P correspondant à la fréquence de projet
- la forme du hyétogramme (qui caractérise la structure des pluies)
- le temps de concentration.

Ces deux derniers paramètres méritent quelques commentaires :

• **La structure des pluies.**

La pluie de durée inférieure à 24 h est définie comme une fraction de la pluie de 24 h (centrée artificiellement sur 12 h - fig. 14).

Pour l'ensemble des U.S.A., cette fraction est estimée au moyen de quatre courbes caractéristiques (fig. 14). On voit que la plus grande partie du territoire correspond à la "situation II" pour laquelle le rapport **pluie (1h) / pluie (24h)**., par exemple, est voisin de 0,5. Les autres courbes traduisent des influences maritimes diverses pour lesquelles ce rapport est largement inférieur.

Au Bourget, il est de 0,61 (pluie décennale) : en première analyse, l'utilisation en Région Parisienne de cette méthode devra se faire en se référant à cette "situation II".

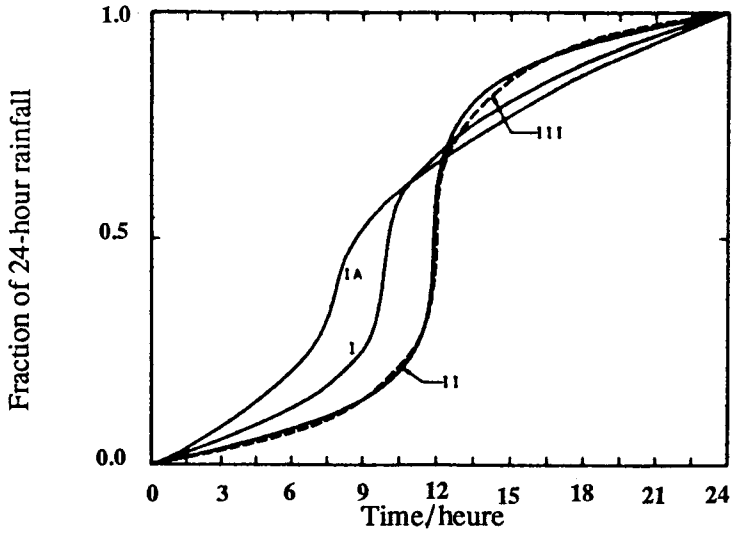
• **Le temps de concentration.**

Le temps de concentration est la somme des temps de parcours le long des écoulements temporaires et permanents, découpés en biefs de pente homogène.

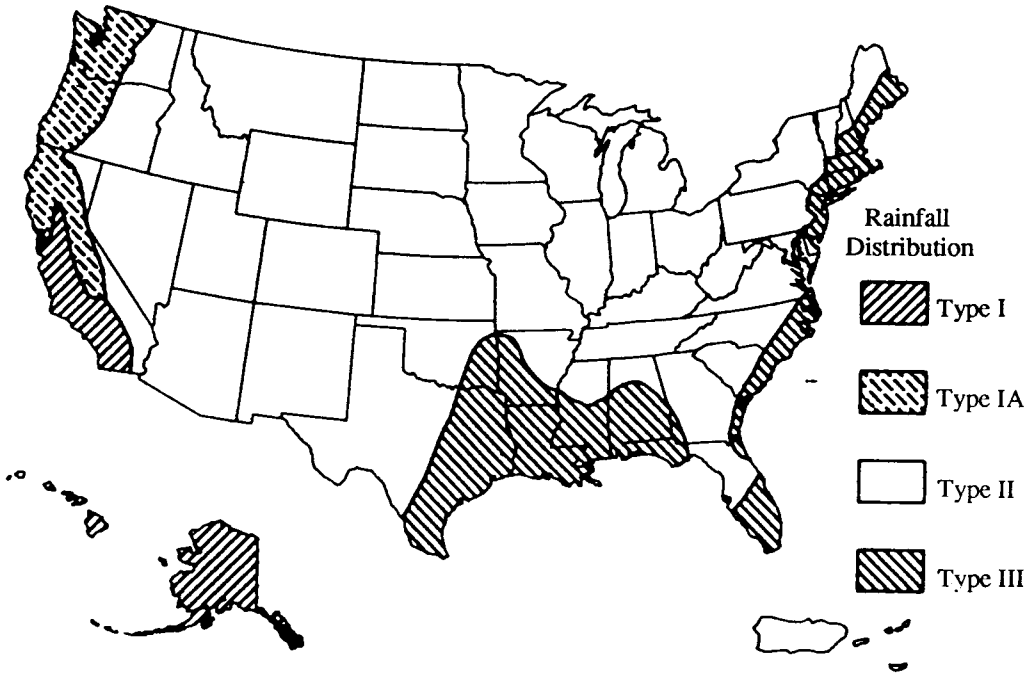
Il apparaît en fait que la définition du temps de concentration reste ambiguë et que les différentes formules employées pour l'estimer conduisent à un éventail de valeurs très large, celles-ci pouvant se situer dans un rapport de 1 à 5 [28].

De l'avis des spécialistes rencontrés, un travail important reste à fournir pour mieux définir et appréhender ce paramètre "temps" des modèles.

Selon eux, les autres composants (structure des pluies, lame ruisselée...) sont satisfaisants tels qu'ils sont définis et employés actuellement.



S.C.S. 24-hour rainfall distributions.



Approximate geographic boundaries for SCS rainfall distributions.

Figure 14 : Structure des pluies aux U.S.A. (S.C.S. TR 55)

L' UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (USLE)

Cette équation, aussi "simple" que célèbre (plus connue sous le nom d'"équation de WISCHMEIER"), a pour expression :

$$A = R * K * (L * S) * C * P$$

A = perte en sol (par unité de surface)

R = Erosivité (énergie d'agressivité de la pluie)

K = Erodibilité du sol (sensibilité à l'action de la pluie)

*L*S = facteur pente, fonction de sa longueur et de son degré*

C = effet (favorable ou défavorable) des pratiques culturales

P = effet des pratiques anti-érosives, en particulier contouring et strip-cropping.

L'USLE a des applications multiples. Il nous a toutefois semblé, lors des rencontres avec les ingénieurs du SCS, qu'ils l'utilisaient essentiellement dans deux cadres différents :

- Au niveau de la planification, comme outil homogène et objectif de hiérarchisation des interventions.
- Au niveau de l'ingénierie, pour le dimensionnement des équipements (dimensionnement des banquettes).

Cette équation a des conditions d'application assez précises, et elle est loin d'être effectivement "universelle". Ce point a été débattu par de nombreux chercheurs, dont WISCHMEIER lui-même [27].

En particulier, elle ne prend en considération que l'érosion diffuse et l'érosion en rigoles : elle ne tient pas compte du ravinement concentré dans les talwegs : son application n'a donc guère de sens dans les secteurs où cette dernière forme d'érosion domine.

De plus, la formulation des paramètres est empirique. En fait, malgré les apparences, leur signification est statistique et non physique : leur transposition dans un contexte différent de celui où ils ont été définis est donc délicate.

Ainsi, son champ d'application est limité aux pentes inférieures à 18 %. Or, comme on l'a vu, dans le contexte français, c'est sur les pentes fortes que domine l'érosion diffuse (champ d'application de l'USLE). L'utilisation de cette dernière pose donc un problème d'adaptation à une gamme de pente pour laquelle elle n'avait pas été formulée.

LES "WATER AND SEDIMENT CONTROL BASINS" (WASCOBS)

Ces dispositifs sont assez récents, et ils ne figurent pas dans le *Field Manual* du SCS (1987). Ils sont cependant codifiés et font l'objet de prescriptions techniques très succinctes dans une version récente (1985) du *National Handbook of Conservation Practices* (NHCP)-sorte de nomenclature descriptive des nombreux types d'ouvrages réalisés par le SCS.

La traduction ci-dessous est extraite d'une brochure de vulgarisation de l'*Upper Thames River Authority* (Ontario, Canada) [25].

Il est complété sur quelques points d'informations provenant du NHCP.

Nos propres remarques sur ce texte sont indiquées en italique.

Le rôle hydraulique de ces ouvrages est cité, mais jamais quantifié dans les quelques documents dont nous disposons ; aussi, nous tenterons par quelques calculs sommaires d'apporter des précisions à ce sujet.

[Début de traduction]

Fonction

Un *Wascob* est un simple bourrelet barrant un écoulement naturel, (fig. 8 et 10) destiné à intercepter et à stocker temporairement le ruissellement concentré produit par un petit bassin versant (ne dépassant généralement pas 4 ha). Un tube vertical perforé connecté à un drain qui traverse le bourrelet permet l'évacuation de l'eau.

Habituellement, les *Wascobs* constituent une solution alternative aux chenaux enherbés (*grassed waterways*) pour contrôler le ravinement dans les petits talwegs.

Les *Wascobs* sont aussi nommés *channel terraces* (banquette de ligne d'écoulement) ou *gully plug* (bouchon de ravine).

Le wascob peut donc être considéré comme un "élément" de banquette (ou de talus, au sens bocager du terme) implanté sur les voies d'écoulement concentré.

Interêt des WASCOPS

- Ils réduisent le débit du ruissellement et permettent ainsi de limiter la dimension des ouvrages d'évacuation.

- Comme le temps de rétention est généralement supérieur à la durée de l'averse, ils contribuent également à réduire les débits de pointe sur le cours d'eau récepteur.

- Le stockage temporaire permet le piégeage des sédiments dans le champ.

- Ils réduisent le colmatage des ouvrages d'évacuation, grâce à la collecte par drain. Toutefois, le drain vertical de collecte doit être suffisamment perforé pour éviter tout colmatage par la terre et les débris végétaux.

- Les *Wascobs* perturbent peu les opérations culturales.

- Enfin, les *Wascobs* immobilisent moins de surface agricole que les chenaux enherbés.

Quelques suggestions pour la conception et la construction des WASCOS

• Capacité de rétention de l'ouvrage

Habituellement, les *wascobs* sont conçus pour supporter l'averse d'une durée d'une heure et de fréquence décennale. Si la capacité de rétention correspondante ne peut être atteinte, il faut prévoir un évacuateur de crue enroché ou enherbé. Le drainage est calibré pour que l'ennoiement en amont de l'ouvrage ne dépasse pas 24 h, afin d'éviter les dommages aux cultures.

Complément du NHCP :

La capacité de stockage des sédiments doit être dimensionnée pour n'être remplie qu'en dix ans, afin d'éviter des curages trop fréquents.

La hauteur totale du bourrelet (au droit du centre de la ligne d'écoulement) doit être au moins de 5 % supérieure à celle qui est réservée à la décantation. Il est recommandé de rajouter une franchise de 300 mm au dessus du niveau de l'évacuateur de crue. La hauteur maximale de dépôt ne doit pas dépasser 4,5 m (15 ft).

- **Espacement et localisation des Wascobs (NHCP)**

La règle d'espacement des banquettes s'applique également aux *Wascobs*.

Celle-ci repose sur la détermination d'un taux d'érosion diffuse admissible, qui conduit à un espacement par application de l'USLE. Cette procédure n'est pas applicable en France, faute de données. Il faudra donc procéder empiriquement, en sachant que l'érosion diffuse y est beaucoup plus faible qu'aux USA. Cette différence est liée à celle que l'on observe entre les valeurs respectives de l'érosivité des pluies (facteur R de l'USLE) : à titre d'exemple, R est 5 fois plus élevé dans l'Iowa qu'en région parisienne.

Autant que faire se peut, les bourrelets seront parallèles aux lignes de semis, qu'ils soient à base large ou étroite, pour gêner le moins possible les travaux culturaux. Il est toujours préférable de les implanter en limite de parcelle.

- **Confection du bourrelet**

Le dispositif d'évacuation doit être mis en place avant la réalisation du bourrelet.

Le matériau de confection de ce dernier ne doit pas contenir moins de 10 % d'argile pour assurer une compaction suffisante, et être dépourvu de pierres et de débris végétaux afin d'éviter la formation de renards. Dans la plupart des cas le matériau convenable est disponible sur place. La confection du talus par couches de 150 mm d'épaisseur assure une compaction satisfaisante par compactage naturel, si la terre est manipulée dans de bonnes conditions d'humidité.

La terre végétale doit être préalablement mise de côté et étalée une fois le talus terminé.

Il faut éviter de construire le bourrelet sur une base constituée par du matériau rapporté ; si cela ne peut être évité (*cas de l'implantation du wascob après correction d'une ravine permanente*), le drainage doit être surdimensionné pour limiter les risques d'infiltration (*au prix d'une réduction de l'effet du Wascob sur les débits de pointe*).

Le creusement du bassin de stockage sera effectué de l'amont vers l'aval, afin d'utiliser la terre excavée.

• Section transversale du bourrelet

On distingue (*comme dans le cas des banquettes*):

- Les bourrelets à base large, qui peuvent être cultivés sur toute leur surface, convenant bien pour les *Wascobs* installés au sein d'une parcelle.

La pente du talus ne doit pas dépasser 10/1. Il n'est pas possible d'y réaliser un évacuateur de crue : c'est donc toute la largeur de l'ouvrage qui devra remplir ce rôle.

- Les bourrelets à base étroite, dont la pente du talus ne doit pas dépasser 2/1. Ils doivent être entièrement enherbés. Ils conviennent bien dans le cas de *Wascobs* installés en limite de parcelle. Toutefois, leur faible emprise les rend peu gênants au sein même de la parcelle.

Ces dispositifs sont moins coûteux à réaliser que les bourrelets à base large ; de plus, l'enherbement permet d'accorder moins d'attention à leur entretien. Celui-ci doit être effectué le plus rapidement possible après la confection du bourrelet. Les végétaux ligneux sont à proscrire, car ils posent des problèmes d'entretien.

[Fin de traduction]

Aspects hydrauliques

• Distinction entre *Wascob* et bassin d'orage

Comme on l'a vu précédemment p.38, les *Wascobs* et les bassins d'orage sont des ouvrages similaires. Ils se distinguent cependant par leur vocation : les premiers sont conçus pour maîtriser le ravinement au sein des parcelles agricoles (ce que la dénomination de "bassin de maîtrise de l'eau et de la sédimentation" n'explique d'ailleurs pas clairement), les seconds sont destinés à assurer la rétention temporaire de l'eau en aval. De ce fait, les *Wascobs* seront toujours des **ouvrages de faible dénivelée**, que l'on multipliera éventuellement au long du talweg.

• **Capacité de rétention des *Wascobs***

La figure 15 représente un talus de *wascob* à base étroite, dont le bassin est assimilé à une pyramide inversée à base triangulaire.

La pente longitudinale (axe du talweg) a pour valeur $tg\alpha$ et la pente transversale $tg\beta$. La hauteur du talus est h .

Le volume V disponible pour le stockage de l'eau est celui de la pyramide $AKBO$ diminué de celui du demi-talus $AKBJ$:

$$V = \frac{h^3}{3tg\alpha tg\beta} - \frac{2h^3}{3tg\beta}$$

Pour simplifier la suite des calculs, on considérera que les pentes longitudinales et transversales sont identiques : $tg\alpha = tg\beta = p$. Le volume disponible devient alors :

$$V = (h^3/3p)(1/p - 2)$$

Le volume V_b du bourrelet est : $V_b = 4h^3/3p$

et la longueur L_b du bourrelet : $L_b = 2h/p$

Les valeurs de V , V_b et L_b , calculées pour différentes pentes et hauteurs de bassins, sont rassemblées dans le tableau 5.

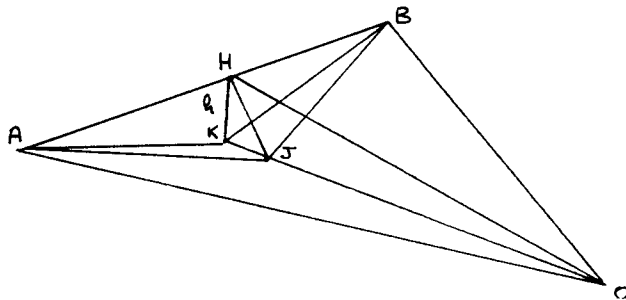


Figure 15 : Schématisation du bassin de rétention d'un *Wascob* (à base étroite).

pente p (m/m)	hauteur maximale utile		
	0,50	h (m) 1,00	1,50
0,01	408	3267	11025
	17	130	450
	100	200	300
0,02	100	800	2700
	8,3	67	225
	50	100	150
0,05	15	120	405
	3,3	27	90
	20	40	60
0,10	3,3	27	90
	1,7	13	45
	10	20	30
0,20	0,6	5,0	17
	0,8	6,7	23
	5	10	15

Volume de rétention (m³)
 Volume du bourrelet (m³)
 Longueur du bourrelet (m)

Tableau 5 : Caractéristiques des *Wascobs* en fonction de la pente et de la hauteur utile

Même si ces valeurs ne constituent qu'un ordre de grandeur, car le bassin d'un *wascob* n'a jamais exactement la forme d'une pyramide inversée, elles montrent à quel point **le volume de rétention est dépendant de la pente du terrain**. L'effet de stockage temporaire sera négligeable en secteur de "collines", où seule peut être prise en compte l'action de limitation du ravinement du *wascob*.

• Réduction du débit de pointe

Sans chercher ici à traiter un cas réel, on se contentera de procéder au calcul simplifié :

* du débit maximal à travers le drain d'évacuation du *Wascob*.

* du débit maximal prévisible au point d'implantation de l'ouvrage, mais en l'absence de celui-ci.

Débit d'évacuation du wascob

On supposera que le drain d'évacuation a un diamètre de 100 mm.

On prendra les hypothèses "maximalistes" suivantes, à la fois pour simplifier les calculs et pour choisir des conditions peu favorables au *Wascob* :

- valeur assez élevée de h : 1m
- remplissage supposé quasi-instantané et à ras-bord
- pertes de charges négligeables à l'entrée du drain vertical de collecte et dans le drain de vidange.

Le débit maximal d'évacuation Q est alors :

$$Q = S \cdot (2gh)^{0,5}$$

S = section du drain et $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Si le diamètre du drain est de 100 mm, cette relation devient :

$$Q_{(\text{m}^3/\text{s})} = 0,0348(h)^{0,5}_{(\text{m})}$$

Pour $h = 1 \text{ m}$, $Q = 0,0348 \text{ m}^3/\text{s} = 125 \text{ m}^3/\text{h}$

Débit maximal sans aménagement

On appliquera la méthode décrite succinctement en annexe p.71 au cas suivant :

- * bassin versant de surface $A = 2$ ha
- * Curve Number $CN = 81$ (cultures sarclées, sol perméable)
- * pluie journalière décennale de 50 mm

Ce qui conduit à calculer les valeurs suivantes (converties en unités U.S.) :

$$S = 2.35''$$

$$I_a = 0.47''$$

$$P = 2''$$

$$I_a/P = 0.23$$

$$L_r = 0.60'' \text{ (soit } 300 \text{ m}^3 \text{ sur } 2 \text{ ha)}$$

En appliquant la méthode graphique du SCS au moyen du graphique de la figure 16 [12], on trouve (en prenant le temps de concentration le plus court sur le graphe : 6 mn, qui doit assez bien correspondre à la réalité d'un bassin de 2 ha) un débit de pointe unitaire (débit par unité de surface et de lame ruisselée).

$$q_u = 1000 \text{ csm/inch [csm} = \text{ft}^3/\text{mi}^2 \cdot \text{sec. - cf. annexe p.152]}$$

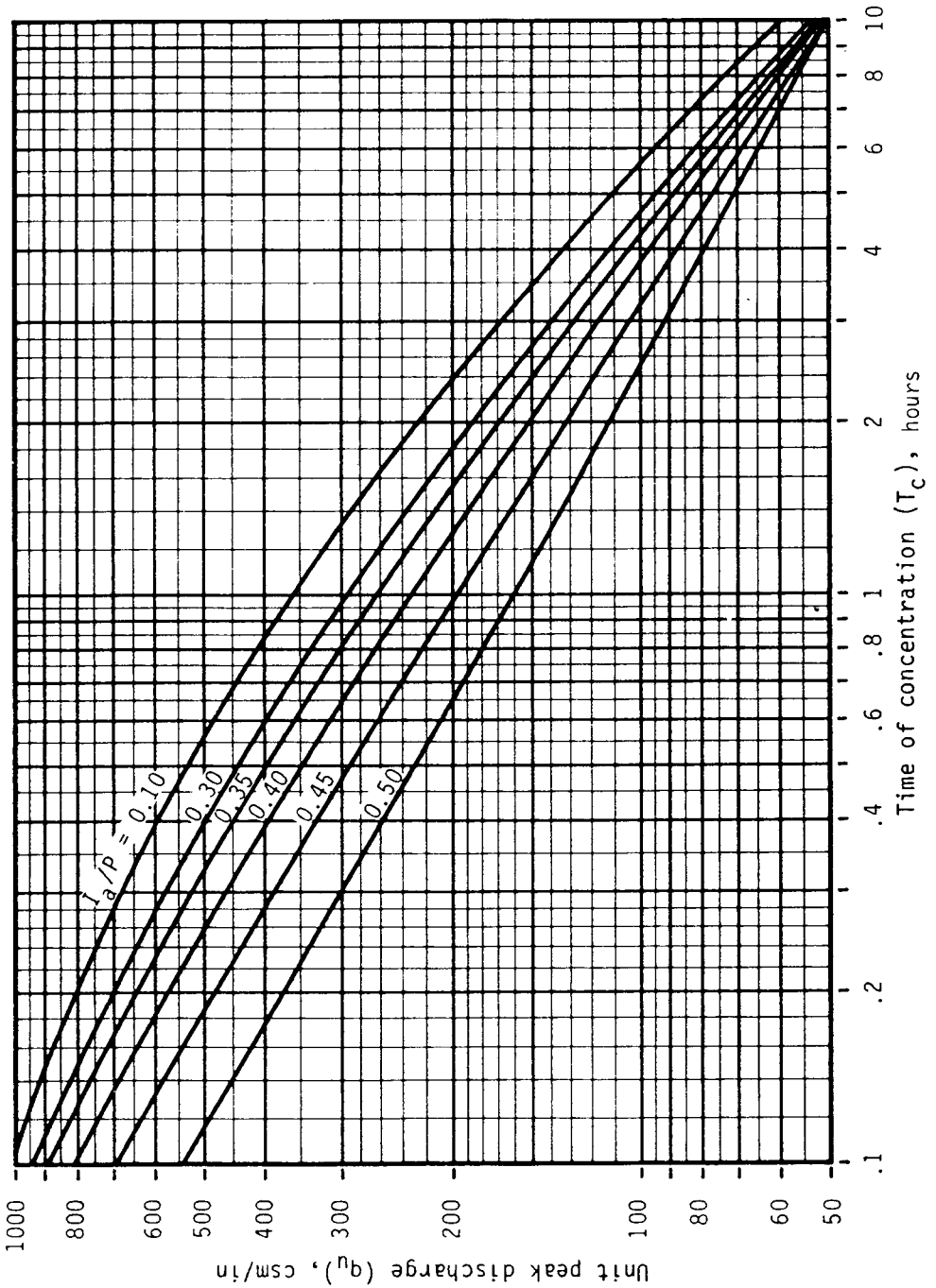
On en tire le débit de pointe : $Q_x = q_u \cdot A \cdot L_r$

$$A = 2 \text{ ha} = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ mi}^2$$

$$Q_x = 4,69 \text{ ft}^3/\text{s} = 0,131 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_x = 473 \text{ m}^3/\text{h}$$

Unit peak discharge (q_u) for SCS type II rainfall distribution



(210-VI-TR-55, Second Ed., June 1986)

Figure 16 : Calcul du débit de pointe unitaire q_u (12)
(csm = cubic foot/sq.mile)

Compte-tenu du caractère approximatif d'un tel calcul, nous avons posé des hypothèses pénalisantes pour le *wascob* (pas de pertes de charges dans le drain et début d'écoulement avec le bassin plein, cas d'un sol assez perméable...) : *dans cette situation, la présence du wascob divise par 4 le débit maximal à la sortie de ce petit bassin de 2 ha, ce qui est important.*

Ainsi, *dans la mesure où une capacité de rétention suffisante peut être mise en place* (pentes faibles), les *Wascobs* sont susceptibles de réduire les débits de pointe dès l'amont des terres agricoles.

LES CHENAUX ENHERBÉS (GRASSED WATERWAYS)

La traduction ci-dessous est tirée de l' *Engineering Field Manual* du SCS [11] : ce manuel est un guide de terrain destiné aux ingénieurs et techniciens qui réalisent les aménagements préconisés par le SCS. *Les commentaires en italique sont le fait du traducteur.*

Remarque préalable : nous traduisons "grassed waterway" (litt. voie d'eau ou ligne d'écoulement enherbée) par "chenal enherbé".

[Début de la traduction]

Introduction

Les chenaux enherbés sont des chenaux naturels ou artificiels mis en forme selon des dimensions bien déterminées, végétalisés **pour permettre le transit non érosif du ruissellement.**

Les chenaux enherbés constituent l'une des techniques de conservation des sols la plus couramment employée. Lorsque l'intensité de la pluie dépasse l'infiltrabilité ou la capacité de rétention en eau du sol, l'eau en excès ruisselle sur les terres. Dès lors que la réussite de tout programme de conservation de sol repose sur l'évacuation de cette eau excédentaire sans érosion, la surface nécessaire aux chenaux enherbés devra être consacrée prioritairement à cet objectif et la production de fourrage devra être une considération secondaire. Les chenaux enherbés ne sont utilisables que dans les régions où la pluviométrie ou l'irrigation apportent l'humidité nécessaire à la croissance et à la vigueur d'une bonne couverture végétale (fig. 17) *ce qui est généralement le cas en France.*

Les chenaux enherbés sont utilisés :

- comme exutoires de diversions ou de banquettes;
- comme exutoires de réseaux de drainage superficiel ou souterrain de terres en pente;
- pour véhiculer l'eau collectée par les fossés bordant les routes ou rejetée par des ponceaux;
- pour réhabiliter les axes naturels de transit du ruissellement concentré.

Les conditions d'emploi

Pour garantir le fonctionnement satisfaisant d'un chenal enherbé, il faut préparer la surface de manière à ce que les conditions soient favorables à la croissance de la végétation. Les chenaux enherbés soumis à des écoulements permanents ou prolongés nécessitent un traitement supplémentaire adéquat, tel qu'un empierrement du lit ou un drainage souterrain adapté au transit d'une partie de tels écoulements. Un chenal enherbé est susceptible de subir de considérables dégâts d'érosion jusqu'à ce qu'un couvert végétal permanent soit établi.

Des mesures de protection contre l'érosion telles qu'une couverture végétale provisoire, un mulch ou une dérivation de l'écoulement peuvent être utilisées pour réduire le risque de cette érosion. Après son établissement, la couverture végétale protectrice doit être entretenue.

Le chenal enherbé peut être entretenu en utilisant une combinaison de celles des méthodes suivantes qui correspondent le mieux aux besoins du site :

1. Utiliser des chenaux enherbés naturels là où cela est possible (cas des talwegs maintenus en végétation spontanée ou en pâture).

2. Réduire la capacité requise en divisant l'écoulement entre deux chenaux enherbés ou plus.

3. Construire et végétaliser le chenal enherbé avant que tout autre chenal ou ouvrage d'art puisse s'y rejeter.

4. Véhiculer les écoulements prolongés peu abondants dans un système de drainage souterrain ou sur un profil à surface protégée tel qu'un empierrement central.

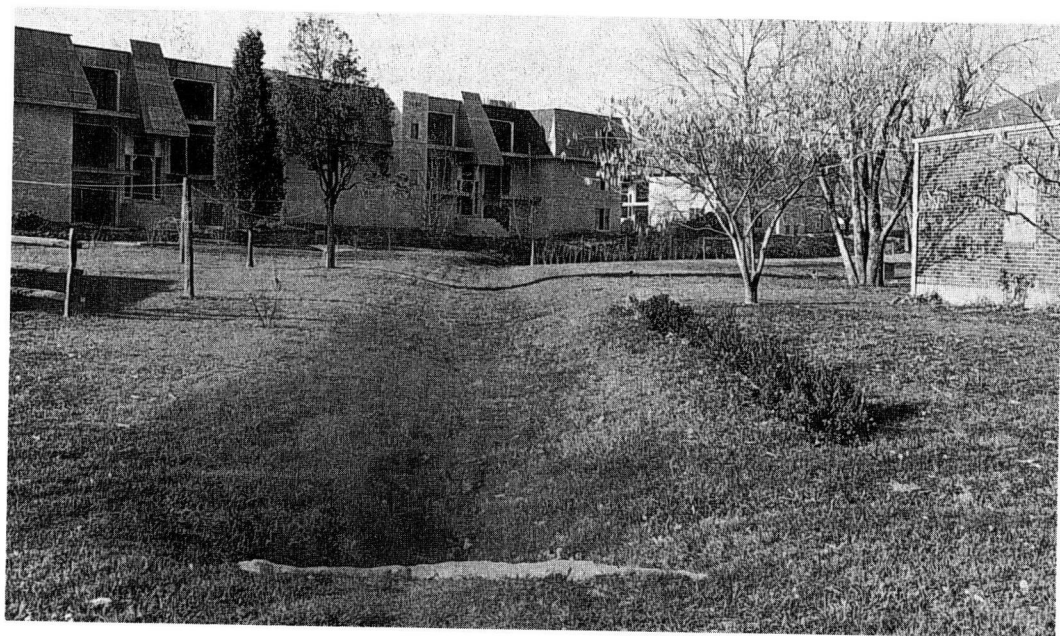
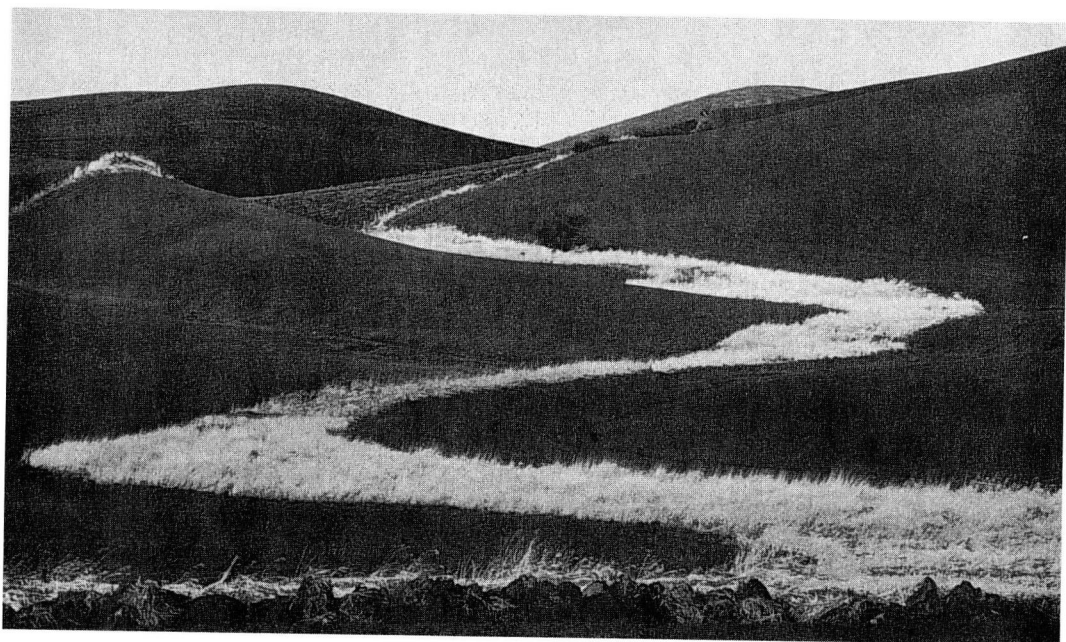
5. Concevoir le projet de chenal enherbé pour une stabilité correspondant à des conditions de sol nu ou peu couvert par la végétation.

6. Etablir le couvert végétal en accord avec les recommandations techniques suivantes :

- a/ protéger le semis du chenal à l'aide d'un mulch (...)
- b/ engazonner le chenal.
- c/ apporter en cas de besoin un supplément d'irrigation sur le nouvel enherbement ou engazonnement pour en accélérer l'établissement.



Figure 17 : Exemples de chenaux



enherbés et enrochés (S.C.S. Des Moines Iowa U.S.A.)

- d/ lorsque c'est possible, dériver les principaux écoulements du chenal enherbé pendant la période d'établissement.

7. Entretenir le couvert végétal en tondant, traitant, fertilisant et réalisant toutes autres opérations d'entretien nécessaires.

Les considérations relatives à l'implantation

Une étude préliminaire du site est recommandée pour choisir entre l'utilisation d'un cours d'eau naturel ou la construction d'un chenal enherbé. Une telle étude comporte l'analyse de sources d'information telles que des cartes de sol, des photos aériennes et des cartes topographiques; l'examen visuel des possibilités d'alignement de chenaux; des levés topographiques à l'aide d'un niveau de terrain, et une évaluation en fonction de l'expérience de chantier antérieurement acquise. Une étude préliminaire permettra de définir l'alignement définitif du chenal.

Il convient, si possible, d'examiner plus d'une localisation et de choisir l'alternative la plus pratique, la plus esthétique, celle présentant le moins d'inconvénients. Il faut tenir compte des conditions d'exutoire, de la topographie, de la végétation, de l'occupation du sol, des pratiques culturelles, de l'insertion visuelle, du type de sol, de la longueur de pente et des données naturelles.

La localisation des chenaux enherbés est importante pour la réussite d'un programme de maîtrise de l'érosion et de la sédimentation. Autant que possible, le réseau naturel de drainage devrait être préservé et utilisé. Les chenaux enherbés devraient en général être localisés dans les voies naturelles de drainage, là où l'eau peut converger depuis toutes les directions. Les conditions d'humidité et de fertilité naturelle du sol sont habituellement les meilleures dans ces emplacements pour l'établissement de la végétation. Les chenaux enherbés ont également d'autres avantages :

- la pente la plus homogène dans l'environnement immédiat;
- les conditions de stabilité maximale pour le chenal enherbé;
- une capacité (*hydraulique*) adéquate;
- une profondeur suffisante au débouché des diversions, des banquettes, et des rangs de culture ou pentes.

Un chenal enherbé naturel peut nécessiter d'être remis en état par endroits, mis en forme, ou agrandi pour s'adapter aux écoulements plus importants qui lui sont apportés par des banquettes ou des diversions. Il doit également être examiné attentivement pour s'assurer de sa stabilité.

Il est préférable de conserver intacts les chenaux *naturels* qui fournissent un abri boisé à la vie sauvage et qui ne sont pas le siège d'une érosion importante.

Les chenaux enherbés peuvent également être situés le long des limites d'exploitation, des délaissés de voirie routière, des limites de propriété ou le long des canaux d'assainissement. Des précautions particulières s'imposent lorsque les chenaux enherbés débutent ou s'arrêtent près de limites de propriétés. On doit veiller à empêcher que les dépôts de sédiments ne provoquent de dégâts dans les fonds inférieurs et les biens situés en aval. Lorsque l'extrémité amont est proche d'un bien privé, la zone de transition doit être stabilisée de manière à éviter une érosion ou une dégradation des terres voisines.

Il faut éviter de localiser les chenaux enherbés là où se rencontrent des changements brusques, non naturels, dans la direction de l'écoulement.

Les aménagements devront tenir compte le mieux possible des caractéristiques du terrain et des éléments importants du paysage (arbres isolés, formations géologiques, panoramas).

La pente des berges du chenal enherbé ne devra pas gêner les usages du sol dans son voisinage. Un profil moins profond et plus large s'intègre habituellement mieux et bouleverse moins le terrain.

Lorsque des réseaux enterrés traversent le trajet proposé, il faut prendre l'attache des services techniques concernés pour déterminer la localisation exacte des ouvrages souterrains et examiner leur compatibilité avec le projet.

En lieu et place d'un chenal construit ou naturel, on peut utiliser une pâture. Il faudra cependant vérifier si elle offre des conditions correctes pour l'écoulement des eaux de ruissellement (surface homogène et suffisante, végétation adaptée à la vitesse d'écoulement prévisible).

Une surface de terre parallèle à une limite de parcelle devra être utilisée lorsqu'elle est disponible. Un avantage de cette localisation est que le chenal enherbé court moins le risque d'être endommagé par les engins agricoles.

Il est parfois nécessaire de creuser un chenal (*hors ligne d'écoulement naturelle*) :

1. pour disposer d'un exutoire à l'usage des banquettes et des diversions qui ne peuvent pas être poursuivies jusqu'à un talweg;
2. pour disposer d'un exutoire distant des habitations ou d'autres zones critiques;
3. pour éviter d'utiliser un talweg naturellement raviné qu'il serait difficile de stabiliser, particulièrement dans le cas de celui qui draine un grand bassin versant.

L'usage des fossés de la voirie routière pour l'évacuation de l'eau doit se faire en conformité avec la réglementation locale. Là où un chemin rural ou un chemin d'exploitation traverse un chenal enherbé, on devra veiller à établir un ponceau, un pont ou un passage stabilisé pour protéger le chenal enherbé des dégâts éventuels.

Tous les chenaux enherbés devront avoir des exutoires stabilisés, dotés d'une capacité hydraulique adaptée aux écoulements du projet. L'exutoire peut être un autre chenal enherbé, un fossé en terre, un ouvrage hydraulique ou tout autre exutoire convenable. Dans tous les cas, le débouché du chenal doit pouvoir évacuer l'eau de manière à éviter une érosion locale. L'exutoire devrait être construit et stabilisé avant que le chenal enherbé ne soit mis en service. La réglementation locale doit être respectée pour la localisation des chenaux enherbés et des exutoires.

La réussite d'un chenal enherbé repose sur un bon traitement anti-érosif du bassin versant qui l'alimente et sur un programme d'entretien régulier. Meilleure sera la maîtrise de l'érosion dans le bassin versant, et moins il y aura d'envasement du chenal enherbé. De bonnes pratiques de conservation des sols réduisent également le débit de pointe du ruissellement et le volume d'eau qu'aura à véhiculer le chenal enherbé. Un entretien plus lourd est généralement requis lorsqu'un traitement anti-érosif efficace de la zone drainée ne peut pas être obtenu.

Recueil de données

• Travaux de reconnaissance et projet de tracé

Les études pour les chenaux enherbés consistent normalement en relevés de terrain pour le projet de chenal enherbé, tracé, et construction. Des relevés simples sont satisfaisants lorsque les surfaces drainées sont petites, la topographie relativement uniforme, et les dénivelées par rapport à d'autres ouvrages hydrauliques peu significatives. Des imprimés standardisés peuvent être employés pour enregistrer les relevés de terrain.

Les données de l'étude doivent porter sur les conditions d'exutoire, la topographie, la végétation, l'occupation du sol et le parcellaire des cultures, le type de sol, la longueur de pente, et autres caractéristiques naturelles ou artificielles pouvant influencer sur le projet (fig. 18). Il faut déterminer la texture des sols tout au long du chenal enherbé projeté. La connaissance des textures est nécessaire pour déterminer la "retardance" en fonction des vitesses d'écoulement permises et de la capacité du chenal.

Un profil en long et une section en travers de la surface originale du sol doivent être réalisés avec suffisamment de détails pour permettre une division du chenal enherbé en biefs de pente et de forme approximativement uniformes. (...)

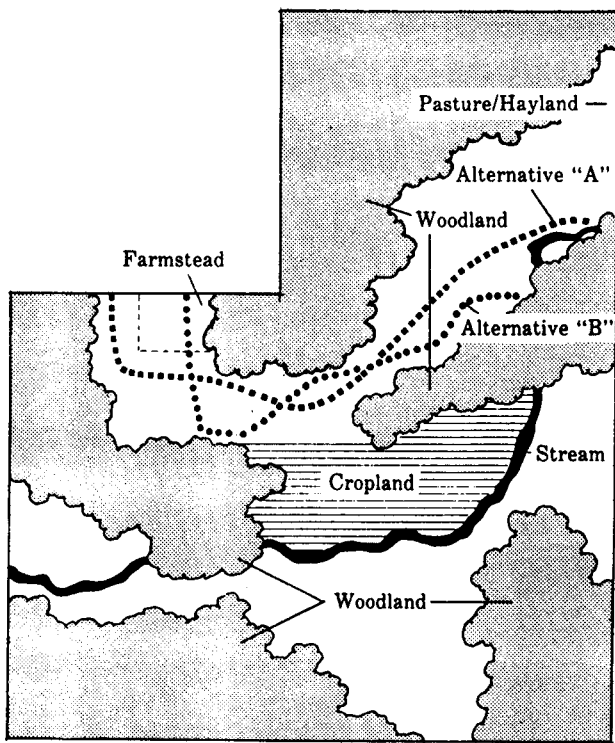
• Hydrologie

Les informations relatives à la surface du bassin, à la fréquence et la durée des pluies intenses, à l'estimation du ruissellement, sont importantes pour déterminer la capacité d'un chenal enherbé. Les lignes de partage des eaux entre bassins peuvent être déterminées lors

de reconnaissances du terrain, ou en utilisant un stéréoscope pour l'examen des photos aériennes et en reportant les lignes de partage des eaux sur ces photos en vue d'un planimètrage.

Il faut déterminer la surface de bassin versant à l'exutoire du chenal enherbé et en d'autres points où il peut être souhaitable de changer de pente ou de profil transversal . Ensuite, calculer le débit de ruissellement, en chaque point du projet, pour la fréquence et la durée d'orage choisies.(...)

Les ingénieurs du SCS utilisent pour ces calculs la méthode du "Curve Number" présentée succinctement en annexe p.71-73.



Site survey information.

Figure 18 : Reconnaissance du site.

La conception des chenaux enherbés

• Généralités

Un chenal enherbé doit véhiculer sans subir de dommages l'écoulement estimé. Les chenaux enherbés devront s'adapter aux conditions particulières d'un site donné. Lors de la conception d'un chenal enherbé, on a habituellement besoin d'informations sur les points suivants :

1. superficie du bassin versant, en hectares, accompagnée des caractéristiques du sol, du couvert végétal, et de la topographie. Ces informations servent à estimer le ruissellement.
2. pente du chenal enherbé proposé.
3. couverture végétale proposée compte tenu des conditions du site.
4. érodibilité du sol dans le chenal enherbé.
5. hauteur à laquelle la couverture végétale sera maintenue.
6. vitesse acceptable de l'écoulement dans les conditions rencontrées.
7. indemnités à verser en compensation de l'espace occupé par l'ouvrage.
8. autres indemnités résultant de réglementations locales.
9. point de départ et point d'arrivée fixes et bien définis.
10. existence de voies de passage pouvant nécessiter une adaptation du tracé ou du profil transversal.

11. éléments particuliers du paysage qui affecteront le tracé ou d'autres composantes du projet.

Les projets de chenaux enherbés concernent souvent des secteurs de pente variée (...). Dans de telles situations, le chenal enherbé est divisé en biefs (*reaches*) successifs. Un bief correspond à une partie du bassin versant ayant une pente uniforme et collectant une zone de drainage pratiquement uniforme. Un point de rupture de pente notable est un point de division entre deux biefs. Le point d'entrée d'une diversion ou d'un autre tributaire, où la surface de bassin versant est sensiblement accrue, peut également constituer un point de division entre deux biefs. Là où il y a une différence significative de vitesse ou de capacité entre des biefs consécutifs, il peut être nécessaire d'installer une section de transition.

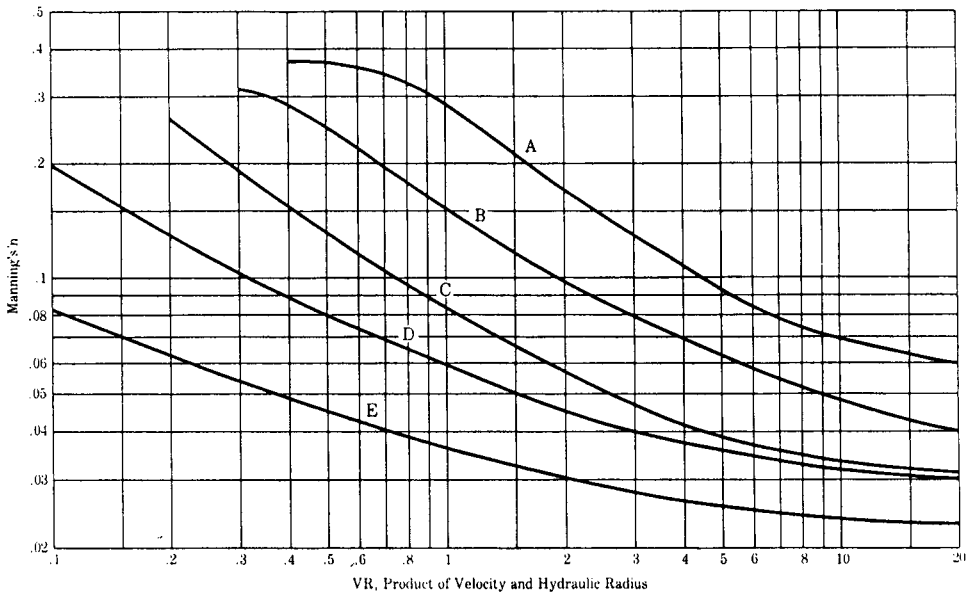
Parfois, pour des raisons de facilité de tracé, de construction et de maintenance, la largeur du chenal enherbé est gardée constante et la profondeur est modulée pour aboutir aux capacités nécessitées par le projet. En tout état de cause, les contraintes liées à la circulation des engins agricoles doivent être prises en considération.

Lorsque les limites de deux biefs ou plus ont été déterminées, chaque bief est établi selon les procédures décrites ci-après.

Les couvertures végétales (*vegetative linings*) diffèrent dans leur aptitude protectrice, selon leur type, leur densité et leur hauteur. Aussi, des vitesses laissant une bonne marge de sécurité pour différentes conditions doivent être définies avec une grande attention.

• Vitesses limites d'écoulement

Le dimensionnement d'un chenal enherbé est rendu difficile du fait de la variation du coefficient de MANNING n en fonction des différentes sortes de couvert végétal. Des essais montrent que la végétation tend à se courber et à osciller sous l'influence de la vitesse et de l'épaisseur de l'écoulement. Ainsi la "retardance" à l'écoulement varie lorsque ces paramètres changent. Selon des travaux de recherche, le coefficient de "retardance" varie comme VR (V = vitesse moyenne de l'écoulement et R = rayon hydraulique), à la fois dans les grands ou les petits chenaux enherbés, quelque soit leur profil ou la pente du lit (...). Les cinq courbes générales de "retardance", intitulées A, B, C, D, et E dans le tableau 6 ont été établies pour différents types de couvert végétal présentées dans le tableau 7. Ces classements sont fondés sur des essais réalisés dans des chenaux expérimentaux alors que la végétation était verte et globalement homogène.



Manning's "n" related to velocity, hydraulic radius, and vegetal retardance. (Ref : SCS-TP-61, Handbook of Design for Soil and Water Conservation).

Tableau 6 : Coefficient de Manning en fonction de la classe de retardance et du produit (Vitesse x rayon hydraulique).

Retardance	Cover	Condition
A	Weeping lovegrass Reed canarygrass or Yellow bluestem ischaemum	Excellent stand, tall (average 30 inches) Excellent stand, tall (average 36 inches)
BROME (30 - 40 cm)	Smooth bromegrass Bermudagrass Native grass mixture (little bluestem, blue grama, and other long and short midwest grasses Tall fescue	Good stand, mowed (average 12 to 15 inches) Good stand, tall (average 12 inches) Good stand, unmowed Good stand, unmowed (average 18 inches) Good stand, not woody, tall (average 19 inches)
B	Sericea lespedeza Grass-legume mixture— Timothy, smooth bromegrass, or orchardgrass Reed canarygrass Tall fescue, with birdsfoot trefoil or ladino clover Blue grama	Good stand, uncut (average 20 inches) Good stand, uncut (average 12 to 15 inches) Good stand, uncut (average 18 inches) Good stand, uncut (average 13 inches)
RAY-GRASS ITALIEN (16 - 20 cm) C	Bahiagrass Bermudagrass Redtop Grass-legume mixture—summer (orchardgrass, redtop, Italian ryegrass, and common lespedeza) Centipede grass Kentucky bluegrass	Good stand, uncut (6 to 8 inches) Good stand, mowed (average 6 inches) Good stand, headed (15 to 20 inches) Good stand, uncut (6 to 8 inches) Very dense cover (average 6 inches) Good stand, headed (6 to 12 inches)
RAY-GRASS ITALIEN (10 - 15 cm) D	Bermudagrass Red fescue Buffalograss Grass-legume mixture—fall, spring (orchardgrass, redtop, Italian ryegrass, and common lespedeza) Sericea lespedeza or Kentucky bluegrass	Good stand, cut to 2.5-inch height Good stand, headed (12 to 18 inches) Good stand, uncut (3 to 6 inches) Good stand, uncut (4 to 5 inches) Good stand, cut to 2-inch height. Very good stand before cutting
E	Bermudagrass Bermudagrass	Good stand, cut to 1.5-inch height Burned stubble

Classification of vegetation cover as to degree of retardance.

Tableau 7 : Types de végétation et retardance.

Trois espèces peuvent servir de repère pour l'application en France : le brome, la fétuque élevée (tall fescue) et le ray-grass italien.

La hauteur de la plupart des végétaux employés dans les chenaux enherbés ne dépasse pas 45 cm et peut être beaucoup plus faible à certaines périodes de l'année. Aussi, il est recommandé lors du calcul du chenal enherbé en fonction d'une vitesse limite de ne pas utiliser de "retardance" supérieure à la classe D. Quand le chenal enherbé aura été dessiné en fonction de cette vitesse limite, on devra vérifier sa capacité à supporter le débit de pointe pour les conditions dans lesquelles la végétation donne la plus grande "retardance". La "retardance" utilisée dans cet exemple est déterminée au moyen de la courbe qui correspond à la couverture végétale espérée. En général, ce sera la "retardance" C, bien que les courbes B et A puissent être utilisées là où on le jugera opportun.

Dans les secteurs urbanisés ou à usage récréatif, la végétation est généralement maintenue à une faible hauteur, de 25 à 50 mm, comme pour une pelouse ou un gazon. Une valeur de "retardance" de classe E devrait être utilisée pour ce type de situation.(...)

Lors du dimensionnement des chenaux enherbés, on doit s'assurer que la vitesse de projet ne dépasse pas la vitesse limite définie en fonction des conditions de sol telles qu'elles sont données dans le tableau 8. Ces valeurs s'appliquent à des situations moyennes et homogènes pour chaque type de couvert.

Les sols résistant bien à l'érosion sont des sols cohérents (argileux) à texture fine et des sols à texture grossière contenant néanmoins des particules fines cohésives et ayant un indice de plasticité de 10 à 40.(...)

Vitesse limite ¹			
Couverture végétale	Pente max ²	Sols résistants à l'érosion	Sols facilement érodables
	%	m/s (ft/s)	m/s (ft/s)
Cynodon dactyle	<5	2,43 (8)	1,82 (6)
	5-10	2,13 (7)	1,22 (4)
	>10	1,82 (6)	0,91 (3)
Paspalum notatum Herbe aux bisons Pâturin des prés	<5	2,13 (7)	1,52 (5)
Brome inerme ou brome de Hongrie	5-10	1,82 (6)	1,22 (4)
Bouteloua gracilis Fétuque élevée	>10	1,52 (5)	0,91 (3)
Mélange de graminées	² <	1,52 (5)	1,22 (4)
Phalaris	5-10	1,22 (4)	0,91 (3)
Trèfle cunéiforme Eragrostis Andropogon ischaemum	⁵ <5	1,06 (3,5)	0,76 (2,5)
Agrostis d'Amérique Luzerne Fétuque rouge			
Trèfle japonais Sorghum sudanense	⁷ <5	1,06 (3,5)	0,76 (2,5)

¹Utiliser des vitesses supérieures à 1,52 m/s (5 ft/s) uniquement lorsqu'on peut obtenir un bon couvert végétal et un entretien correct.

²Ne pas utiliser sur pentes supérieures à 10% sauf pour des pentes latérales enherbées associées à une section centrale en pierre, béton ou bien disposant d'une couverture végétale très résistante.

³Sols argileux à texture fine ou grossière avec des particules cohésives ayant un indice de plasticité de 10 à 40 (CL, CH, SC et CG).

⁴Sols qui ne remplissent pas les conditions requises pour les sols résistants à l'érosion.

⁵Ne pas utiliser sur pentes supérieures à 5% sauf pour des pentes latérales végétalisées associées à une section centrale en pierre, béton ou bien disposant d'une couverture végétale très résistante.

⁶Annuelles - à utiliser sur pentes moyennes ou comme protection temporaire avant d'établir une couverture végétale permanente.

⁷Ne pas utiliser, de préférence sur des pentes supérieures à 5%.

Permissible velocities for channels lined with vegetation.

Tableau 8 : Vitesses limites dans les chenaux enherbés.

La gamme des vitesses maximales admissibles habituellement utilisée pour les projets va de 0,8 à 2,4 m/s. La vitesse maximale admissible sera déterminée en fonction des conditions spécifiques du site :

1. une vitesse de 0,9 m/s devra être le maximum si, à cause de l'ombrage, du sol ou du climat, seule une couverture épaisse peut être établie ou maintenue.

2. une vitesse de 0,9 à 1,2 m/s devra être retenue dans des conditions normales si la végétation doit être établie par semis.

3. une vitesse de 1,2 à 1,5 m/s ne devra être utilisée que dans des régions où un gazon dense et vigoureux est obtenu rapidement; ou si l'eau peut être dérivée hors du chenal enherbé pendant que la végétation s'installe.

4. une vitesse de 1,5 à 1,8 m/s peut être utilisée sur un gazon bien établi, de bonne qualité. Un entretien spécial peut être requis.

5. une vitesse de 1,8 à 2,4 m/s ne peut être utilisée que sur un gazon établi, d'excellente qualité, et uniquement dans des conditions particulières où l'écoulement ne peut pas être pris en charge à une plus faible vitesse. Sous ces conditions, un entretien spécial et des ouvrages hydrauliques particuliers seront nécessaires.

Si la garniture végétale est complétée par un empierrement central, ou par d'autres matériaux résistants à l'érosion, la vitesse donnée dans le tableau 8 pourra être augmentée de 0,60 m/s ou d'une valeur donnée par des guides techniques locaux.

• Section transversale du chenal

Les chenaux enherbés peuvent être réalisés avec une section transversale parabolique, trapézoïdale, en "V", ou en "W". Les chenaux enherbés paraboliques sont les plus courants et généralement les plus satisfaisants. Cette forme se rencontre de manière ordinaire dans la nature. Les petits écoulements ont moins tendance à y former des méandres. La plupart des chenaux enherbés réalisés avec une section trapézoïdale tendent à évoluer vers une section parabolique. Une section trapézoïdale avec un fond établi 9 à 15 cm plus bas que les rives est parfois employée pour des chenaux enherbés larges. La section en travers devrait être conçue de façon à permettre une traversée facile par des engins, si nécessaire.

Quelques sections en travers caractéristiques sont présentées dans la figure 19. La forme en "W" est parfois utilisée sur des terrains plats, pour pouvoir placer les déblais dans la partie médiane. Un autre avantage de la forme en "W" est de diviser les écoulements et de permettre de disposer d'un chemin dans l'axe du chenal.

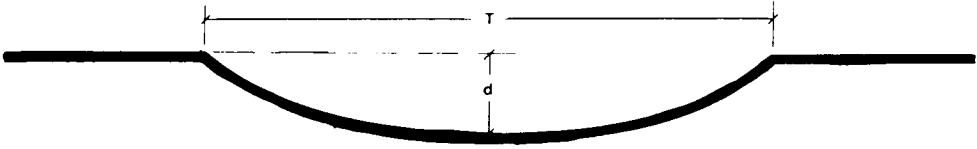
La forme choisie devrait être compatible avec la morphologie du terrain environnant et avec les caractéristiques du paysage.

• Capacité

Les chenaux enherbés sont dimensionnés pour faire transiter le débit de pointe attendu pour une pluie de 24 heures de fréquence au moins décennale (...). Un débordement latéral est admissible sur des terres dont la pente dans le sens du chenal reste inférieure à 1%, s'il est évident qu'aucun dégât d'érosion ni dégradation de biens ne se produira. Dans tous les cas il est nécessaire de retenir une capacité et des vitesses adéquates en accord avec les caractéristiques du site.

Les tableaux p.123-151 sont destinés à simplifier le calcul de la dimension des chenaux enherbés paraboliques dans des conditions données. [voir en fin de cette annexe] (...).

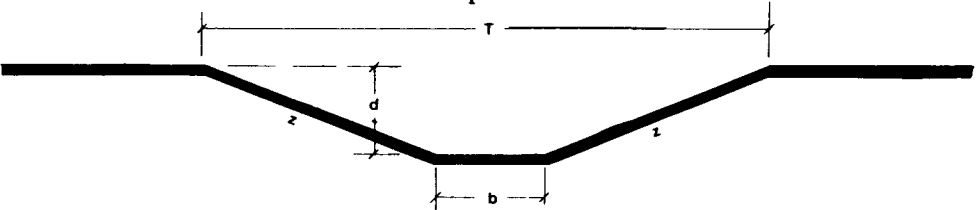
Parabolic



Cross-sectional area (A) = $\frac{2}{3} Td$

Design top width (T) = $\frac{1.5A}{d}$

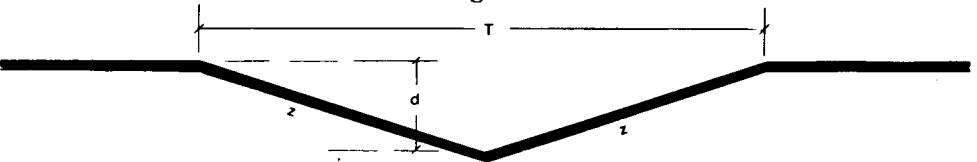
Trapezoidal



Cross-sectional area (A) = $bd + zd^2$

Design top width (T) = $b + 2dz$

Triangular "V"



Cross-sectional area (A) = zd^2

Design top width (T) = $2dz$

d = design depth

b = design bottom width

z = side slope ratio

Typical waterway cross sections.

Figure 19 : Profils transversaux.

• Pentes

Les pentes devraient être choisies de manière à satisfaire aux exigences de vitesse et de capacité et en tenant compte de la qualité de la couverture végétale. La pente du chenal doit être telle qu'elle minimise les problèmes de stagnation d'eau ou d'excès d'humidité.

• Stabilité

L'évolution de la couverture végétale doit être contrôlée. Parfois le développement végétal escompté n'est pas atteint ou la couverture se détériore dans les conditions normales d'entretien : il faut alors revoir la conception du chenal.

• Végétalisation du chenal

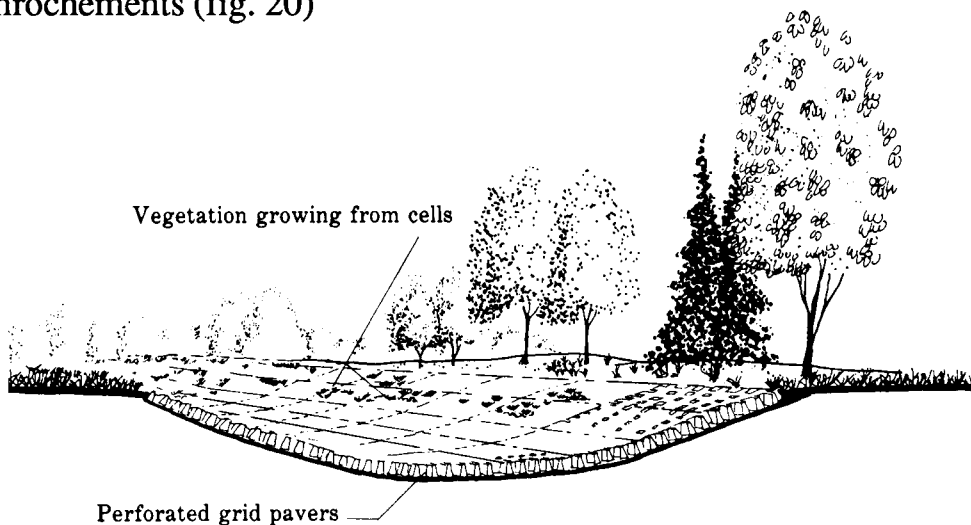
La végétalisation du chenal devra être établie aussi tôt que possible après sa construction. On y parviendra comme suit :

1. établir la végétation en engazonnant tout ou partie du chenal.
2. recouvrir le semis par un mulch.
3. irriguer le gazon ou le semis si besoin.

Pour les sites où il est impossible d'établir une végétation permanente adaptée, le projet sera réalisé dans les mêmes conditions que sur un sol nu. Il faudra parfois recourir à un aménagement artificiel de la ligne d'écoulement.(...)

Des plaques de ciment alvéolaire peuvent être utilisées comme protections pérennes dans des zones résidentielles, commerciales, ou récréatives dans lesquelles les notions d'esthétique, de sécurité, d'entretien et de protection contre les rongeurs constituent des contraintes. Introduits initialement sous la forme de plaques de béton

cellulaire par le SCS dans les années 1950, les versions améliorées sont maintenant désignées sous le terme d' "éléments quadrillés de pavage" (*grid pavers*). Conçus pour supporter de lourdes charges et pour laisser le gazon se développer entre les cellules, leur usage tend à se répandre comme alternative aux empièvements ou aux enrochements (fig. 20)



Cross section showing perforated grid pavers.

Figure 20 : Les "grid pavers".

• Ouvrages connexes

Les chenaux enherbés en service ne sont pas conçus pour être soumis à de faibles écoulements de longue durée ni pour rester humides pendant de longues périodes. Des drains ou exutoires souterrains, un drainage central en poterie ou d'autres moyens de drainage et de protection de l'axe du chenal enherbé devront être examinés là où les faibles écoulements ou l'hydromorphie tendent à se prolonger.

• Drainage souterrain

Les drains souterrains doivent être parallèles au centre du chenal enherbé. Le déport par rapport à l'axe central doit représenter au moins le quart de la plus grande largeur du chenal enherbé. Deux drains peuvent être nécessaires dans certains cas, placés de part et d'autre de l'axe. (...)

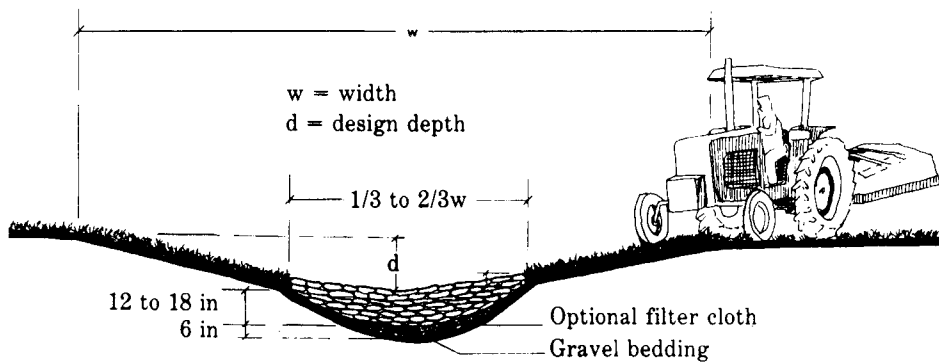
Les drains souterrains peuvent avoir pour exutoire un ouvrage évacuateur maçonné en bout du chenal enherbé ou bien une buse.

• Exutoires souterrains

Les exutoires souterrains peuvent être utilisés pour convoyer de faibles écoulements prolongés. Des tuyaux enterrés dotés d'ouïes d'admission en surface sont fréquemment utilisés en aval de ponceaux de voirie routière ou en d'autres endroits où sont concentrés de faibles écoulements. Des ouïes d'admission semi-enterrées (*blind outlets*) sont parfois utilisées, mais posent souvent des problèmes d'entretien.

• Tranchée drainante centrale

Dans les secteurs où les cailloux ramassés dans les champs ou bien d'autres disponibilités de cailloux abondent, un drainage central par empierrement peut s'avérer la meilleure solution à des problèmes d'écoulement prolongé et d'excès d'humidité. Un lit de gravier ou la pose d'un filtre synthétique est couramment réalisée sous l'empierrement pour prévenir l'érosion du sol sous-jacent. Ces drains sont installés comme indiqué sur la figure 21. Un autre type de section transversale pourra être obtenu en réalisant un axe empierré capable de supporter l'écoulement d'un événement d'une durée de 24 heures et de fréquence annuelle.



Waterway with stone center.

Figure 21 : Chenal avec axe central enroché.

Les étapes dans un projet de chenal enherbé

1. Adopter la localisation de l'axe du chenal qui minimise les impacts.
2. Choisir les points du profil en long du chenal au niveau desquels la pente, ou bien la surface drainée et le type de garnissage végétal changent de manière significative.
3. Déterminer la contribution du bassin versant en chaque point défini dans l'étape 2 et à l'exutoire.
4. Estimer le débit de pointe produit par la pluie de projet (annexe p. 71).
5. Déterminer la pente du chenal à partir de cartes topographiques, de profils ou de sections transversales.

6. Choisir la section transversale la plus appropriée et le type de protection du chenal à utiliser (sol nu, végétalisé ou à garnissage particulier).

7. Garantir la stabilité du chenal en déterminant la vitesse maximale admissible (tableau 6)

8. Calculer le chenal pour une capacité adéquate en utilisant la formule de Manning.

9. Concevoir un système permettant de prendre en charge de façon satisfaisante l'écoulement de base et de maintenir le chenal bien drainé.

10. Choisir la profondeur du chenal enherbé à l'aide des tableaux p.127-155.

Les dimensions données par ces tableaux représentent les valeurs minimales permettant de véhiculer l'écoulement réel. Elles n'incluent pas le supplément de profondeur exigé pour le volume occupé par les sédiments déposés ou pour éviter le débordement. Ce supplément devra être apprécié en fonction des conditions locales. Il est important que la profondeur soit suffisante pour permettre une évacuation sans entrave des débits issus de banquettes, diversions, et cultures.

Les chenaux enherbés permanents devraient être protégés contre les sédiments. Si la sédimentation n'est pas maîtrisée avant d'atteindre le chenal enherbé, plusieurs méthodes peuvent être employées, parmi lesquelles :

1. l'installation d'une bande de végétation filtrante de part et d'autre du chenal enherbé dans lequel aboutit l'écoulement superficiel.

2. l'augmentation de la largeur et de la profondeur du chenal pour pouvoir stocker les sédiments piégés.

3. la prévision du désenvasement du chenal lorsque sa capacité de projet se détériore.

Exemple de projet de chenal enherbé parabolique

L'exemple suivant montre comment utiliser les tableaux lors de la conception d'un chenal parabolique.

- **Le problème posé**

Déterminer la vitesse admissible et les dimensions offrant toutes garanties de stabilité et de capacité pour un chenal enherbé à section transversale parabolique.

- **Les données**

ruissellement : $Q = 1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (55 cfs)

penne : 5%

couverture végétale : "Kentucky bluegrass"

sol : facilement érodé

- **Les conditions de végétation**

Bon développement-après une coupe à 50 mm de hauteur : courbe D de "retardance" (d'après le tableau 6).

Bon développement-écimage entre 150 et 300 mm : courbe C de "retardance" (d'après le tableau 6).

Vitesse maximale admissible : $V_1 = 1,2 \text{ m/s}$ (4,0 ft/s) (d'après le tableau 7).

Horizontalement, à l'opposé de $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ($55 \text{ ft}^3/\text{s}$) dans le tableau 8 (pente 5%), dans la colonne intitulée $V_1 = 1,2 \text{ m/s}$ (4 ft/s), on trouve $T = 10,4 \text{ m}$ ($34,1 \text{ ft}$), $D = 0,2 \text{ m}$ ($0,7 \text{ ft}$), et $V_2 = 1,0 \text{ m/s}$ ($3,3 \text{ ft/s}$).

Donc, un chenal enherbé à section transversale parabolique, de largeur maximale $10,4 \text{ m}$, de profondeur $0,2 \text{ m}$, véhiculera $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ à une vitesse maximale de $1,2 \text{ m/s}$ lorsque le garnissage végétal est court, haut de 50 à 100 mm , et $1,0 \text{ m/s}$ lorsqu'il est haut de 150 à 300 mm . Ceci est en conformité avec les exigences de vitesse de sécurité pour une végétation courte ("retardance" D) et de capacité lorsque la végétation est haute ("retardance" C).

Si l'on utilise un axe empierré, la vitesse maximale admissible peut être augmentée jusqu'à $1,8 \text{ m/s}$. Au fil du temps, l'axe empierré tend habituellement à se végétaliser; aussi, pour les besoins pratiques du projet, les mêmes valeurs de "retardance" que dans l'exemple précédent peuvent être employées et les dimensions diminuées jusqu'à $T = 4,8 \text{ m}$ et $D = 0,3 \text{ m}$.

Si le chenal enherbé doit être traversé par des engins agricoles ou par d'autres véhicules, on devra porter attention au besoin d'augmentation de largeur (fig. 22). Les grandes moissonneuses-batteuses, les semoirs, les appareils de traitement et les engins similaires peuvent nécessiter un accroissement sensible de la largeur, au delà de ce qu'exigent la capacité hydraulique et la limitation des débordements. Des modifications adéquates doivent être apportées aux largeurs et pentes latérales des chenaux enherbés pour satisfaire aux contraintes propres aux matériels locaux.

Là où des chenaux pavés doivent être traversés, le revêtement doit être prévu pour supporter les charges attendues. Des ponceaux ou des ponts de capacité suffisante doivent également être réalisés.

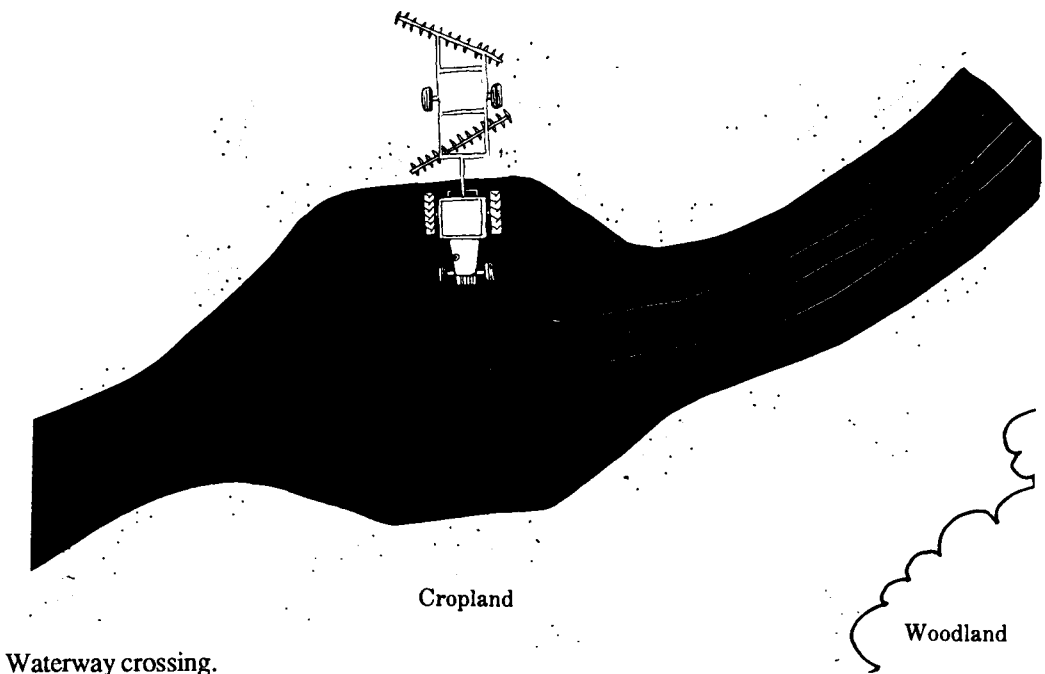


Figure 22 : Dispositif de traversée d'engins.

Tracé et réalisation

• Tracé

Le tracé d'un chenal enherbé devra débuter en un point clef. Habituellement, il s'agit de l'exutoire, mais ce peut être un point déterminé par la présence d'un bâtiment, d'une limite de propriété, d'une ravine ou d'un autre élément du paysage.

• Mise au point et piquetage

Après que l'axe ait été piqueté, il faut le vérifier et déplacer quelques jalons, si nécessaire, pour éviter les accidents de terrain ou pour améliorer l'alignement. Le chenal enherbé devrait ensuite être piqueté en vue des travaux. Il faut effectuer un marquage de la végétation existante (arbres, arbustes, etc.) et des autres éléments du paysage qu'il faudra conserver lors des travaux.

• Réalisation

Préparation du site

La bonne époque pour réaliser des chenaux enherbés est celle où le site a une bonne couverture végétale, afin que le ruissellement et les dépôts de terre soient les plus faibles possibles. Tous les débris et végétaux doivent être évacués du site, à l'exception de ceux marqués pour être conservés; il conviendra de les évacuer de telle façon qu'ils ne nuisent ni à l'environnement, ni aux usages normaux du chenal enherbé.

Déblais

La terre retirée du chenal enherbé devra être déposée là où elle ne risque pas de gêner l'écoulement de l'eau dans le chenal. Le sol peut être façonné de manière à créer une pente permettant le remblaiement des points bas des champs adjacents, ou mis en monticules destinés à améliorer l'esthétique et à servir d'écrans; ou bien à réduire le bruit et à briser le vent.

La couche superficielle du sol peut être mise en réserve puis épandue dans le chenal enherbé, si nécessaire, pour favoriser l'essor de la couverture végétale. Là où cela sera fait, le chenal devrait être surcreusé pour que l'apport complémentaire de cette terre végétale ne modifie pas les caractéristiques de projet de la section transversale.

Matériel

De nombreux types d'engins agricoles ou de travaux publics sont adaptés à la réalisation de chenaux enherbés. Quoiqu'il en soit, il peut être nécessaire d'utiliser un matériel qui permette de charger et de transporter le matériau déblayé jusqu'à l'endroit où on en aura besoin (points bas dans les parcelles ou cuvettes dans le chenal enherbé). Bien que des lames racleuses tirées par des tracteurs agricoles soient

satisfaisantes pour la construction de chenaux enherbés, les engins de travaux publics (scrapers automoteurs, bulldozers, et graders) sont préférables.

Ouvrages connexes

Les éléments particuliers tels que les drains souterrains, les exutoires souterrains, les tranchées drainantes dans l'axe du chenal, les ouvrages de barrage, les dissipateurs d'énergie et les aménagements destinés au passage des engins devront être mis en place conformément au projet.

Installation de la végétation

Lorsqu'un couvert végétal doit être utilisé pour la protection contre l'érosion, il devra être implanté aussi rapidement après la construction que les conditions climatiques le permettent : préparer un lit de semis et semer un mélange d'herbe et de légumineuses adaptées aux conditions locales de sol et de climat. La plupart des sections excavées nécessiteront une fertilisation pour permettre une bonne installation de la couverture végétale. Si les conditions climatiques sont défavorables à l'installation d'une végétation permanente, il peut s'avérer nécessaire d'utiliser un semis provisoire, un mulch ou un autre revêtement. L'irrigation peut être nécessaire pour assurer une germination et une levée adéquates.

Lorsqu'une couverture immédiate de gazon est souhaitée, ou bien s'il est difficile d'établir un gazon par semis, il peut être nécessaire d'utiliser des mottes de gazon. L'engazonnement par plantation ou par semis à la volée de tiges racinées et de stolons donne de bons résultats avec le "bermudagrass" (sorte de cynodon dactylon) ou d'autres espèces sous les climats favorables. Dans d'autres régions, la plantation directe de gazon en bandes est intéressante. Les plantations ligneuses peuvent être utiles sur les pentes latérales contigües au chenal pour améliorer l'effet d'écran, les habitats de la faune sauvage, la structuration de l'espace et la maîtrise du micro-climat.

Les matériaux de réalisation de mulch, tels que la paille, le foin, la fibre de jute, ou les fibres synthétiques devront être employés pour protéger les jeunes semis. Au minimum le tiers de l'axe de la section transversale devra être compacté et ancré au sol. Si l'on utilise un semis provisoire ou un repiquage de plants, on devra procéder à une coupe afin de réduire la compétition avec le semis permanent. Tous les semis, plantations, engazonnements, et réalisations de mulch devront se réaliser conformément à des prescriptions techniques définies localement.

Toutes ces recommandations sont, bien entendu, à adapter aux conditions françaises.

Entretien

• Généralités

Un entretien réalisé en temps opportun est essentiel pour maintenir le chenal enherbé en bonnes conditions de fonctionnement. L'entretien recommandé comporte en général la tonte des chenaux enherbés et l'évacuation de la végétation en excès de façon à ne pas freiner l'écoulement de l'eau et à éviter une sédimentation excessive dans le chenal. Le choix des dates de tonte est essentiel vis à vis de la faune sauvage. Pendant la saison froide, la végétation herbacée doit le plus souvent être fertilisée si on recherche une production fourragère, alors que la végétation spontanée locale peut ne pas nécessiter cette fertilisation. Très fréquemment, les herbicides présents dans le ruissellement peuvent détruire les espèces végétales introduites, alors que les espèces natives peuvent ne pas être affectées par ce problème. Le pâturage, s'il est autorisé, devra être très sévèrement contrôlé. Le bétail devra être retiré lors des périodes humides. La circulation de véhicules doit être interdite, sauf sur les passages aménagés.

• Évacuation des sédiments

Le chenal peut nécessiter un entretien destiné à évacuer les dépôts de sédiments fins. Quoiqu'il en soit, si les dépôts s'étendent sur de longs biefs ou sur toute la longueur du chenal enherbé, le chenal devra être reconstruit en utilisant les matériels de travaux publics adéquats. Les sédiments devront être réutilisés sur place ou évacués dans des conditions satisfaisantes.

• Travaux de réparation

Les zones érodées ou les dommages aux matériaux de revêtement devront être rapidement réparés. Ceci évitera ou limitera une dégradation supplémentaire du chenal enherbé.

La zone de transition entre le chenal enherbé et son exutoire est la plus exposée aux dégâts d'érosion. Les réfections devront y être rapidement réalisées pour éviter que le ravinement ne remonte, par érosion régressive, vers l'amont du chenal. Si la végétation s'avère inadaptée dans cette zone de transition, il peut être nécessaire d'y envisager un revêtement plus stable ou d'y construire un ouvrage maçonné de stabilisation de la pente.

Lorsque l'exutoire est souterrain, il est important de le maintenir dégagé de tous les débris qui pourraient l'obstruer et entraîner sa mise hors service.

[Fin de la traduction]

COMPLÉMENT : EFFICACITÉ HYDRAULIQUE DES CHENAUX ENHERBÉS

Comme dans le cas des wascobs, l'efficacité des chenaux enherbés n'est pas explicitement quantifiée dans les documents du SCS. Nous allons tenter cette quantification, au moyen des quelques données disponibles, en comparant les débits de pointe obtenus dans les mêmes conditions et sur deux bassins identiques, à l'exception suivante : les talwegs sont respectivement occupés par une ravine et par un chenal enherbé.

Principe du calcul

Le débit de pointe est donné par (cf. annexe p. 88) :

$$Q_x = q_u \cdot S \cdot L_r$$

En négligeant l'effet favorable du chenal enherbé sur l'infiltration, on obtient :

$$Q_x(\text{chen.})/Q_x(\text{rav.}) = q_u(\text{chen.})/q_u(\text{rav.})$$

Temps de concentration T_c

Pour comparer les temps de concentration respectifs, on utilisera un graphique (fig. 23) issu du *National Engineering Handbook (section hydrology)* du SCS [voir documentation consultable] :

$$T_c(\text{chen.})/T_c(\text{rav.}) = V(\text{rav.})/V(\text{chen.})$$

Quelque soit la pente on obtient :

$$T_c(\text{chen.}) = 1,33 \cdot T_c(\text{rav.})$$

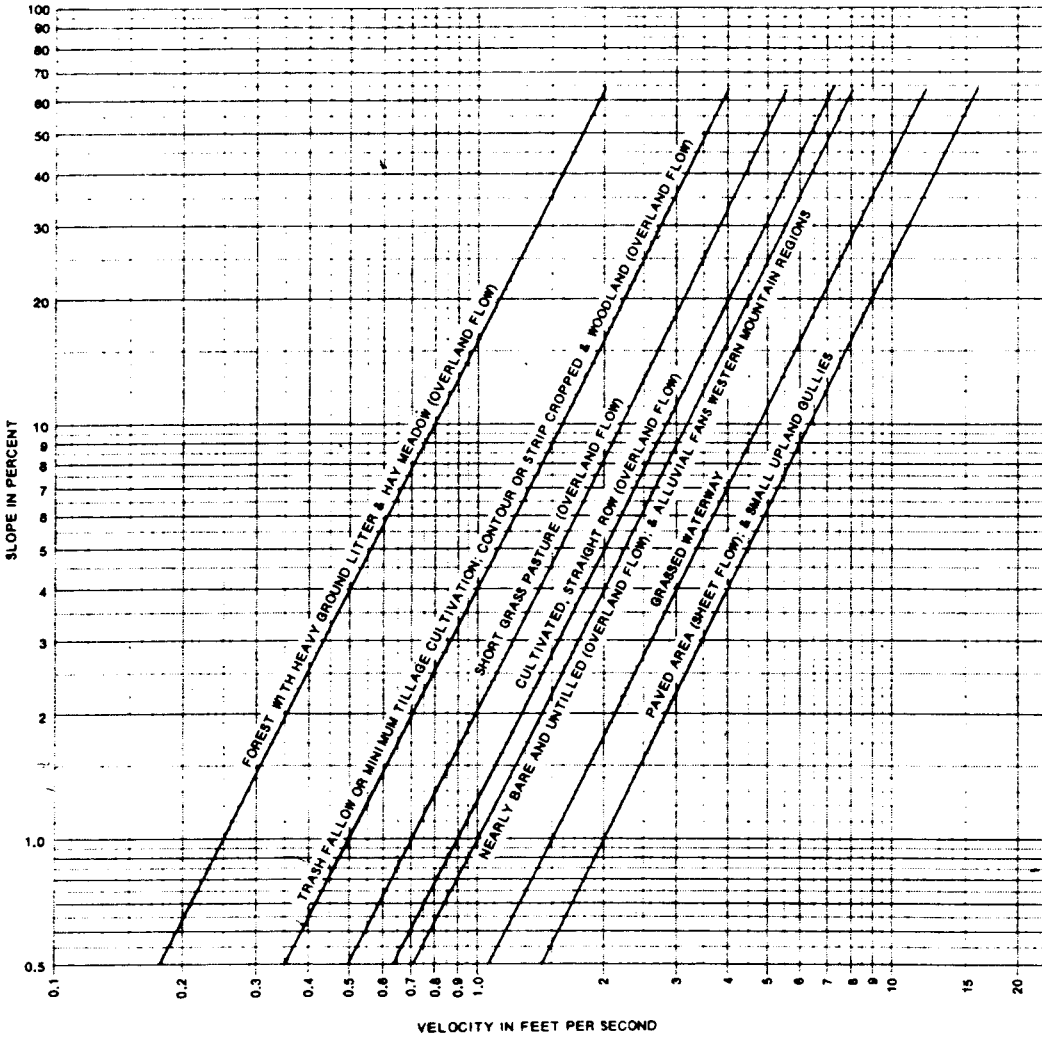


Figure 23 : Vitesses d'écoulement en zone agricole ou forestière [National Engineering Handbook (Section Hydrology) SCS - UDSA]

Calcul de q_u

Comme dans l'exemple précédent (annexe p.78), on prendra $CN = 81$ et $P = 50$ mm (et donc $Ia/p = 0,23$).

Au moyen du graphique de la figure 16, on calcule le rapport $q_u(\text{chen.})/q_u(\text{rav.})$ pour différentes valeurs du temps de concentration :

T. de concentr.		Débit unitaire		q_u (chen)
Tc (h)		q_u (csm/in)		-----
ravine	chenal	chenal	ravine	q_u (rav)
0,30	0,40	620	530	0,85
0,50	0,67	460	400	0,87
1,00	1,33	320	270	0,85

On constate ainsi que l'efficacité hydraulique des chenaux enherbés sans être très importante, n'est pas négligeable. En tout état de cause, leur présence diminue l'importance des débits de pointe : cette action hydraulique doit être considérée comme un avantage complémentaire par rapport à leur principal intérêt : empêcher le ravinement dans les talwegs.



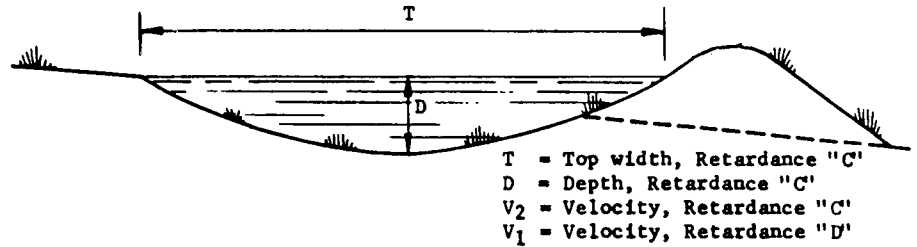
TABLEAUX

Dimensionnement des chenaux enherbés

NB : pour tous les tableaux suivants : T : largeur maximale, "retardance" C ;
D : profondeur, "retardance" C ; V₂ : vitesse, "retardance" C ; V₁ : vitesse, "retardance" D.

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "B"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE 0.25 PERCENT V1=3.5			V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0				
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D
5																													
10																													
15																													
20																													
25	11.0	3.2	1.1																										
30	13.8	3.0	1.1																										
35	16.4	2.9	1.1																										
40	19.0	2.8	1.1																										
45	21.5	2.8	1.1	11.9	3.7	1.5																							
50	24.0	2.8	1.1	14.1	3.4	1.5																							
55	26.5	2.8	1.1	15.8	3.3	1.6																							
60	29.0	2.8	1.1	17.5	3.3	1.6																							
65	31.5	2.7	1.1	19.2	3.2	1.6	11.8	4.4	1.9																				
70	34.0	2.7	1.1	20.8	3.2	1.6	13.7	4.0	1.9																				
75	37.0	2.7	1.1	22.4	3.2	1.6	15.3	3.8	1.9																				
80	39.4	2.7	1.1	24.1	3.2	1.6	16.6	3.7	1.9																				
85	41.9	2.7	1.1	25.7	3.1	1.6	17.9	3.7	1.9																				
90	44.3	2.7	1.1	27.2	3.1	1.6	19.1	3.6	1.9																				
95	46.7	2.7	1.1	28.8	3.1	1.6	20.3	3.6	2.0																				
100	49.2	2.7	1.1	30.4	3.1	1.6	21.5	3.6	2.0																				
105	51.6	2.7	1.1	32.0	3.1	1.6	22.7	3.5	2.0																				
110	54.1	2.7	1.1	33.6	3.1	1.6	23.9	3.5	2.0	14.4	4.8	2.4																	
115	56.5	2.7	1.1	35.1	3.1	1.6	25.1	3.5	2.0	15.7	4.6	2.4																	
120	59.0	2.7	1.1	36.7	3.1	1.6	26.2	3.5	2.0	17.0	4.4	2.4																	
125	61.4	2.7	1.1	38.3	3.1	1.6	27.3	3.5	2.0	17.9	4.3	2.4																	
130	63.9	2.7	1.1	39.7	3.1	1.6	28.5	3.4	2.0	18.8	4.3	2.4																	
135	66.3	2.7	1.1	41.3	3.1	1.6	29.7	3.4	2.0	19.7	4.2	2.4																	
140	68.8	2.7	1.1	43.4	3.0	1.6	30.8	3.4	2.0	20.6	4.2	2.4																	
145	71.2	2.7	1.1	44.9	3.0	1.6	32.0	3.4	2.0	21.5	4.1	2.4																	
150	73.7	2.7	1.1	46.5	3.0	1.6	33.1	3.4	2.0	22.4	4.1	2.5																	



Note - Depth "D" does not include allowance for freeboard and settlement.

Note : la profondeur "D" ne tient pas compte de la revanche ni de l'épaisseur de dépôt.

EXHIBIT 7-4 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "B")

(SHEET 1 OF 14)

Conception d'un chenal parabolique

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH (D) AND V2 FOR RETARDANCE "B"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			0.50 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0		
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2
5																											
10																											
15	10.0	2.2	1.0																								
20	13.7	2.1	1.0	8.4	2.7	1.3																					
25	17.4	2.1	1.0	11.3	2.4	1.4																					
30	21.0	2.0	1.0	13.9	2.3	1.4																					
35	24.6	2.0	1.1	16.4	2.3	1.4	10.7	2.8	1.8																		
40	28.5	2.0	1.0	18.9	2.3	1.4	12.6	2.7	1.8																		
45	31.9	2.0	1.1	21.4	2.3	1.4	14.4	2.6	1.8																		
50	35.5	2.0	1.1	23.9	2.2	1.4	16.2	2.5	1.8	9.9	3.4	2.2															
55	39.0	2.0	1.1	26.3	2.2	1.4	17.9	2.5	1.8	11.9	3.1	2.3															
60	42.5	2.0	1.1	28.8	2.2	1.4	19.7	2.5	1.8	13.2	3.0	2.3															
65	46.1	2.0	1.1	31.6	2.2	1.4	21.4	2.5	1.8	14.5	2.9	2.3															
70	49.6	2.0	1.1	34.0	2.2	1.4	23.1	2.5	1.8	15.8	2.9	2.3	11.0	3.6	2.6												
75	53.1	2.0	1.1	36.4	2.2	1.4	24.9	2.5	1.8	17.1	2.8	2.3	12.7	3.4	2.7												
80	56.6	2.0	1.1	38.8	2.2	1.4	26.6	2.5	1.8	18.4	2.8	2.3	13.7	3.3	2.7												
85	60.2	2.0	1.1	41.2	2.2	1.4	28.3	2.5	1.8	19.7	2.8	2.3	14.8	3.2	2.7												
90	63.7	2.0	1.1	43.6	2.2	1.4	30.0	2.4	1.8	20.9	2.8	2.3	15.9	3.2	2.7												
95	67.2	2.0	1.1	46.1	2.2	1.4	31.7	2.4	1.8	22.1	2.8	2.3	16.9	3.1	2.7												
100	70.8	2.0	1.1	48.5	2.2	1.4	33.7	2.4	1.8	23.4	2.8	2.3	17.9	3.1	2.7	12.3	3.9	3.1									
105	74.3	2.0	1.1	50.9	2.2	1.4	35.4	2.4	1.8	24.5	2.7	2.4	18.9	3.1	2.7	13.7	3.7	3.1									
110	77.8	2.0	1.1	53.3	2.2	1.4	37.1	2.4	1.8	25.8	2.7	2.4	19.9	3.1	2.7	14.6	3.6	3.1									
115	81.4	2.0	1.1	55.7	2.2	1.4	38.7	2.4	1.8	27.0	2.7	2.4	20.8	3.0	2.7	15.4	3.6	3.1									
120	84.9	2.0	1.1	58.1	2.2	1.4	40.4	2.4	1.9	28.2	2.7	2.4	21.8	3.0	2.7	16.3	3.5	3.1									
125	88.4	2.0	1.1	60.6	2.2	1.4	42.1	2.4	1.9	29.4	2.7	2.4	22.8	3.0	2.7	17.1	3.5	3.1									
130	92.0	2.0	1.1	63.0	2.2	1.4	43.8	2.4	1.9	30.6	2.7	2.4	23.8	3.0	2.7	17.9	3.5	3.1									
135	95.5	2.0	1.1	65.4	2.2	1.4	45.4	2.4	1.9	31.8	2.7	2.4	24.8	3.0	2.7	18.7	3.4	3.2									
140	99.0	2.0	1.1	67.8	2.2	1.4	47.1	2.4	1.9	33.1	2.7	2.4	25.7	3.0	2.8	19.4	3.4	3.2									
145	102.6	2.0	1.1	70.2	2.2	1.4	48.8	2.4	1.9	34.3	2.7	2.4	26.7	3.0	2.8	20.2	3.4	3.2	13.5	4.4	3.6						
150	106.1	2.0	1.1	72.6	2.2	1.4	50.5	2.4	1.9	35.5	2.7	2.4	27.7	3.0	2.8	21.0	3.4	3.2	14.4	4.3	3.6						

EXHIBIT 7-4 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "B")

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "B"

q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			0.75 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0		
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2
5																											
10	8.3	1.9	1.0																								
15	12.9	1.8	1.0	8.4	2.1	1.3																					
20	17.4	1.7	1.0				7.2	2.6	1.6																		
25	22.2	1.7	1.0	14.8	1.9	1.3	10.0	2.2	1.7																		
30	26.6	1.7	1.0	17.9	1.9	1.3	12.3	2.1	1.7	7.7	2.9	2.0															
35	31.0	1.7	1.0	20.9	1.9	1.4	14.5	2.1	1.7	10.0	2.5	2.1															
40	35.4	1.7	1.0	23.9	1.9	1.4	16.7	2.1	1.7	11.8	2.4	2.1															
45	39.8	1.7	1.0	27.3	1.8	1.3	18.9	2.1	1.7	13.5	2.3	2.2	8.9	3.0	2.6												
50	44.2	1.7	1.0	30.3	1.8	1.3	21.1	2.0	1.7	15.1	2.3	2.2	10.7	2.7	2.6												
55	48.7	1.7	1.0	33.3	1.8	1.3	23.3	2.0	1.7	16.7	2.3	2.2	12.1	2.6	2.6												
60	53.1	1.7	1.0	36.3	1.8	1.4	25.5	2.0	1.7	18.4	2.3	2.2	13.4	2.6	2.6												
65	57.5	1.7	1.0	39.3	1.8	1.4	28.0	2.0	1.7	20.0	2.2	2.2	14.7	2.5	2.6	9.5	3.3	3.1									
70	61.9	1.7	1.0	42.3	1.8	1.4	30.2	2.0	1.7	21.6	2.2	2.2	15.9	2.5	2.6	11.2	3.0	3.1									
75	66.3	1.7	1.0	45.3	1.8	1.4	32.3	2.0	1.7	23.2	2.2	2.2	17.2	2.5	2.6	12.3	2.9	3.1									
80	70.7	1.7	1.0	48.3	1.8	1.4	34.4	2.0	1.7	24.8	2.2	2.2	18.4	2.5	2.6	13.3	2.9	3.1									
85	75.2	1.7	1.0	51.4	1.8	1.4	36.6	2.0	1.7	26.3	2.2	2.2	19.6	2.5	2.6	14.3	2.8	3.1	10.2	3.6	3.4						
90	79.6	1.7	1.0	54.4	1.8	1.4	38.7	2.0	1.7	27.9	2.2	2.2	20.8	2.4	2.7	15.3	2.8	3.1	11.4	3.4	3.5						
95	84.0	1.7	1.0	57.4	1.8	1.4	40.9	2.0	1.7	29.5	2.2	2.2	22.0	2.4	2.7	16.3	2.8	3.1	12.7	3.2	3.5						
100	88.4	1.7	1.0	60.4	1.8	1.4	43.0	2.0	1.7	31.4	2.2	2.2	23.2	2.4	2.7	17.2	2.8	3.1	13.5	3.2	3.5						
105	92.8	1.7	1.0	63.4	1.8	1.4	45.1	2.0	1.7	33.0	2.2	2.2	24.4	2.4	2.7	18.2	2.7	3.2	14.4	3.1	3.5						
110	97.2	1.7	1.0	66.4	1.8	1.4	47.3	2.0	1.7	34.6	2.2	2.2	25.6	2.4	2.7	19.1	2.7	3.2	15.2	3.1	3.5						
115	101.7	1.7	1.0	69.4	1.8	1.4	49.4	2.0	1.7	36.1	2.2	2.2	26.8	2.4	2.7	20.0	2.7	3.2	16.0	3.0	3.5	11.6	3.8	3.9			
120	106.1	1.7	1.0	72.5	1.8	1.4	51.6	2.0	1.7	37.7	2.2	2.2	28.0	2.4	2.7	21.0	2.7	3.2	16.8	3.0	3.5	12.6	3.6	3.9			
125	110.5	1.7	1.0	75.5	1.8	1.4	53.7	2.0	1.7	39.2	2.2	2.2	29.2	2.4	2.7	21.9	2.7	3.2	17.6	3.0	3.5	13.7	3.5	3.9			
130	114.9	1.7	1.0	78.5	1.8	1.4	55.8	2.0	1.7	40.8	2.2	2.2	30.4	2.4	2.7	22.8	2.7	3.2	18.4	3.0	3.6	14.4	3.4	3.9			
135	119.3	1.7	1.0	81.5	1.8	1.4	58.0	2.0	1.7	42.4	2.2	2.2	31.6	2.4	2.7	23.8	2.7	3.2	19.1	2.9	3.6	15.1	3.4	4.0			
140	123.7	1.7	1.0	84.5	1.8	1.4	60.1	2.0	1.7	43.9	2.2	2.2	32.8	2.4	2.7	24.7	2.7	3.2	19.9	2.9	3.6	15.8	3.4	4.0			
145	128.2	1.7	1.0	87.5	1.8	1.4	62.3	2.0	1.7	45.5	2.2	2.2	34.5	2.4	2.7	25.6	2.7	3.2	20.7	2.9	3.6	16.5	3.3	4.0			
150	132.6	1.7	1.0	90.6	1.8	1.4	64.4	2.0	1.7	47.1	2.2	2.2	35.7	2.4	2.7	26.5	2.6	3.2	21.5	2.9	3.6	17.1	3.3	4.0			

EXHIBIT 7-4 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "B")

(SHEET 3 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (1) ~~1~~ DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "B"

Q CFS	GRADE 1.00 PERCENT																										
	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			V1=3.5			V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0		
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2
5																											
10	9.7	1.6	1.0	6.2	2.0	1.2																					
15	14.8	1.5	1.0	10.2	1.7	1.3																					
20	20.2	1.5	1.0	13.8	1.7	1.3	6.5	2.2	1.5																		
25	25.1	1.5	1.0	17.4	1.7	1.3	9.6	1.9	1.6																		
30	30.1	1.5	1.0	21.0	1.6	1.3	12.2	1.9	1.6	8.5	2.2	2.0															
35	35.1	1.5	1.0	24.7	1.6	1.3	14.9	1.8	1.7	10.6	2.1	2.1															
40	40.1	1.5	1.0	28.2	1.6	1.3	17.5	1.8	1.7	12.6	2.0	2.1	8.9	2.4	2.5												
45	45.1	1.5	1.0	31.7	1.6	1.3	20.0	1.8	1.7	14.5	2.0	2.1	10.5	2.3	2.5												
50	50.2	1.5	1.0	35.2	1.6	1.3	22.5	1.8	1.7	16.4	2.0	2.1	12.1	2.2	2.5	9.2	2.8	2.9									
							25.4	1.8	1.7	18.3	2.0	2.1	13.6	2.2	2.5	10.0	2.6	2.9									
55	55.2	1.5	1.0	38.8	1.6	1.3	27.9	1.8	1.7	20.3	1.9	2.1	15.1	2.2	2.5	11.2	2.5	3.0									
60	60.2	1.5	1.0	42.3	1.6	1.3	30.4	1.8	1.7	22.2	1.9	2.1	16.6	2.1	2.5	12.4	2.4	3.0									
65	65.2	1.5	1.0	45.8	1.6	1.3	32.9	1.8	1.7	24.0	1.9	2.1	18.0	2.1	2.5	13.6	2.4	3.0	8.9	3.1	3.5						
70	70.2	1.5	1.0	49.3	1.6	1.3	35.5	1.8	1.7	25.9	1.9	2.1	19.5	2.1	2.6	14.8	2.4	3.0	10.6	2.8	3.5						
75	75.2	1.5	1.0	52.8	1.6	1.3	38.0	1.8	1.7	28.2	1.9	2.1	20.9	2.1	2.6	16.0	2.3	3.0	11.5	2.8	3.5						
80	80.2	1.5	1.0	56.3	1.6	1.3	40.5	1.8	1.7	30.0	1.9	2.1	22.3	2.1	2.6	17.1	2.3	3.0	12.5	2.7	3.5						
85	85.2	1.5	1.0	59.8	1.6	1.3	43.0	1.8	1.7	31.9	1.9	2.1	23.7	2.1	2.6	18.3	2.3	3.0	13.5	2.7	3.6	9.8	3.3	3.9			
90	90.2	1.5	1.0	63.3	1.6	1.3	45.6	1.8	1.7	33.6	1.9	2.1	25.2	2.1	2.6	19.4	2.3	3.1	14.4	2.6	3.6	10.9	3.1	3.9			
95	95.2	1.5	1.0	66.9	1.6	1.3	48.1	1.8	1.7	35.5	1.9	2.1	26.6	2.1	2.6	20.5	2.3	3.1	15.3	2.6	3.6	12.0	3.0	3.9			
100	100.2	1.5	1.0	70.4	1.6	1.3	50.6	1.8	1.7	37.4	1.9	2.1	28.0	2.1	2.6	21.6	2.3	3.1	16.2	2.6	3.6	12.9	2.9	4.0			
105	105.3	1.5	1.0	73.9	1.6	1.3	53.1	1.8	1.7	39.2	1.9	2.1	29.8	2.1	2.6	22.8	2.3	3.1	17.1	2.6	3.6	13.7	2.9	4.0	10.8	3.4	4.3
110	110.3	1.5	1.0	77.4	1.6	1.3	55.7	1.8	1.7	41.1	1.9	2.1	31.3	2.1	2.6	23.9	2.3	3.1	18.0	2.6	3.6	14.4	2.9	4.0	12.0	3.2	4.3
115	115.3	1.5	1.0	80.9	1.6	1.3	58.2	1.8	1.7	42.9	1.9	2.1	32.7	2.1	2.6	25.0	2.3	3.1	18.9	2.5	3.6	15.2	2.8	4.0	12.7	3.2	4.3
120	120.3	1.5	1.0	84.4	1.6	1.3	60.7	1.8	1.7	44.8	1.9	2.1	34.1	2.1	2.6	26.1	2.2	3.1	19.7	2.5	3.6	16.0	2.8	4.0	13.4	3.1	4.3
125	125.3	1.5	1.0	88.0	1.6	1.3	63.2	1.8	1.7	46.7	1.9	2.1	35.5	2.1	2.6	27.2	2.2	3.1	20.6	2.5	3.6	16.8	2.8	4.0	14.1	3.1	4.3
130	130.3	1.5	1.0	91.5	1.6	1.3	65.8	1.8	1.7	48.5	1.9	2.1	36.9	2.1	2.6	28.4	2.2	3.1	21.5	2.5	3.6	17.4	2.8	4.0	14.8	3.1	4.3
135	135.3	1.5	1.0	95.0	1.6	1.3	68.3	1.8	1.7	50.4	1.9	2.1	38.3	2.1	2.6	29.5	2.2	3.1	22.4	2.5	3.6	18.2	2.8	4.0	15.5	3.0	4.3
140	140.3	1.5	1.0	98.5	1.6	1.3	70.8	1.8	1.7	52.2	1.9	2.1	39.7	2.0	2.6	30.6	2.2	3.1	23.2	2.5	3.6	18.9	2.7	4.0	16.1	3.0	4.4
145	145.3	1.5	1.0	102.0	1.6	1.3	73.3	1.8	1.7	54.1	1.9	2.1	41.1	2.0	2.6	32.1	2.2	3.0	24.1	2.5	3.6	19.7	2.7	4.0	16.8	3.0	4.4
150	150.3	1.5	1.0	105.5	1.6	1.3	75.9	1.8	1.7	56.0	1.9	2.1	42.5	2.0	2.6	33.2	2.2	3.0	25.0	2.5	3.6	20.4	2.7	4.1	17.5	2.9	4.4

EXHIBIT 7-4 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "B")

(SHEET 4 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH (D) AND V2 FOR RETARDANCE "B"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			1.25 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0				
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2		
5	5.0	1.8	0.8																										
10	11.1	1.4	0.9	7.4	1.6	1.2																							
15	16.9	1.4	1.0	11.6	1.5	1.3	8.1	1.8	1.6																				
20	22.8	1.4	0.9	15.6	1.5	1.3	11.1	1.7	1.6	7.8	2.0	1.9																	
25	28.4	1.4	1.0	19.9	1.5	1.3	14.1	1.7	1.6	10.1	1.9	2.0	6.8	2.4	2.3														
30	34.1	1.4	1.0	23.8	1.5	1.3	17.0	1.6	1.6	12.4	1.8	2.0	9.0	2.1	2.4														
35	39.8	1.4	1.0	27.8	1.5	1.3	19.8	1.6	1.6	14.6	1.8	2.0	10.8	2.0	2.4	7.4	2.5	2.8											
40	45.4	1.4	1.0	31.7	1.5	1.3	23.0	1.6	1.6	16.8	1.8	2.0	12.5	2.0	2.5	9.3	2.3	2.9											
45	51.1	1.4	1.0	35.6	1.5	1.3	25.8	1.6	1.6	19.0	1.8	2.0	14.2	1.9	2.5	10.7	2.2	2.9											
50	56.8	1.4	1.0	39.5	1.5	1.3	28.7	1.6	1.6	21.1	1.7	2.0	15.9	1.9	2.5	12.1	2.1	2.9	8.7	2.6	3.3								
55	62.5	1.4	1.0	43.5	1.5	1.3	31.5	1.6	1.6	23.6	1.7	2.0	17.6	1.9	2.5	13.4	2.1	2.9	10.2	2.4	3.4								
60	68.1	1.4	1.0	47.4	1.5	1.3	34.4	1.6	1.6	25.7	1.7	2.0	19.2	1.9	2.5	14.7	2.1	2.9	11.3	2.4	3.4								
65	73.8	1.4	1.0	51.4	1.5	1.3	37.2	1.6	1.6	27.9	1.7	2.0	20.9	1.9	2.5	16.1	2.1	2.9	12.4	2.3	3.4	9.0	2.9	3.8					
70	79.5	1.4	1.0	55.3	1.5	1.3	40.1	1.6	1.6	30.0	1.7	2.0	22.5	1.9	2.5	17.4	2.1	2.9	13.5	2.3	3.4	10.3	2.7	3.8					
75	85.2	1.4	1.0	59.2	1.5	1.3	43.0	1.6	1.6	32.1	1.7	2.0	24.1	1.9	2.5	18.6	2.0	3.0	14.6	2.3	3.4	11.3	2.6	3.8					
80	90.8	1.4	1.0	63.2	1.5	1.3	45.8	1.6	1.6	34.2	1.7	2.0	26.1	1.9	2.5	19.9	2.0	3.0	15.7	2.2	3.4	12.2	2.5	3.9					
85	96.5	1.4	1.0	67.1	1.5	1.3	48.7	1.6	1.6	36.4	1.7	2.0	27.7	1.8	2.5	21.2	2.0	3.0	16.7	2.2	3.4	13.1	2.5	3.9					
90	102.2	1.4	1.0	71.1	1.5	1.3	51.5	1.6	1.6	38.5	1.7	2.0	29.3	1.8	2.5	22.5	2.0	3.0	17.7	2.2	3.5	14.0	2.5	3.9	10.1	3.1	4.4		
95	107.9	1.4	1.0	75.0	1.5	1.3	54.4	1.6	1.6	40.6	1.7	2.0	30.9	1.8	2.5	23.8	2.0	3.0	18.8	2.2	3.5	14.9	2.5	3.9	11.3	2.9	4.4		
100	113.5	1.4	1.0	79.0	1.5	1.3	57.2	1.6	1.6	42.8	1.7	2.0	32.6	1.8	2.5	25.1	2.0	3.0	19.8	2.2	3.5	15.8	2.4	3.9	12.1	2.8	4.4		
105	119.2	1.4	1.0	82.9	1.5	1.3	60.1	1.6	1.6	44.9	1.7	2.0	34.2	1.8	2.5	26.4	2.0	3.0	20.8	2.2	3.5	16.6	2.4	3.9	12.8	2.8	4.4		
110	124.9	1.4	1.0	86.9	1.5	1.3	63.0	1.6	1.6	47.0	1.7	2.0	35.8	1.8	2.5	27.6	2.0	3.0	21.9	2.2	3.5	17.5	2.4	3.9	13.6	2.8	4.4		
115	130.6	1.4	1.0	90.8	1.5	1.3	65.8	1.6	1.6	49.2	1.7	2.0	37.4	1.8	2.5	29.3	2.0	3.0	22.9	2.2	3.5	18.3	2.4	3.9	14.3	2.7	4.4		
120	136.2	1.4	1.0	94.8	1.5	1.3	68.7	1.6	1.6	51.3	1.7	2.0	39.0	1.8	2.5	30.5	2.0	3.0	23.9	2.2	3.5	19.2	2.4	3.9	15.0	2.7	4.4		
125	141.9	1.4	1.0	98.7	1.5	1.3	71.5	1.6	1.6	53.4	1.7	2.0	40.6	1.8	2.5	31.8	2.0	3.0	25.0	2.2	3.5	20.0	2.4	3.9	15.8	2.7	4.4		
130	147.6	1.4	1.0	102.7	1.5	1.3	74.4	1.6	1.6	55.6	1.7	2.0	42.3	1.8	2.5	33.1	2.0	3.0	26.0	2.2	3.5	20.9	2.4	3.9	16.4	2.7	4.5		
135	153.3	1.4	1.0	106.6	1.5	1.3	77.3	1.6	1.6	57.7	1.7	2.0	43.9	1.8	2.5	34.3	2.0	3.0	27.0	2.2	3.5	21.7	2.4	3.9	17.1	2.6	4.5		
140	158.9	1.4	1.0	110.5	1.5	1.3	80.1	1.6	1.6	59.8	1.7	2.0	45.5	1.8	2.5	35.6	2.0	3.0	28.0	2.2	3.5	22.6	2.4	3.9	17.8	2.6	4.5		
145	164.6	1.4	1.0	114.5	1.5	1.3	83.0	1.6	1.6	62.0	1.7	2.0	47.1	1.8	2.5	36.9	2.0	3.0	29.1	2.2	3.5	23.4	2.4	3.9	18.5	2.6	4.5		
150	170.3	1.4	1.0	118.4	1.5	1.3	85.8	1.6	1.6	64.1	1.7	2.0	48.8	1.8	2.5	38.1	2.0	3.0	30.1	2.2	3.5	24.3	2.3	4.0	19.2	2.6	4.5		

EXHIBIT 7-4 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "B")

(SHEET 5 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D", TOP WIDTH (T), DEPTH (D) AND V2 FOR RETARDANCE "B"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			1.50 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0				
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D
5	5.9	1.5	0.9																										
10	12.4	1.3	0.9																										
15	18.9	1.3	0.9	8.3	1.5	1.2	5.5	1.9	1.5																				
20	25.1	1.3	0.9	12.8	1.4	1.2	9.1	1.6	1.6	6.2	1.9	1.9																	
25	31.4	1.3	0.9	17.2	1.4	1.2	12.4	1.5	1.6	9.0	1.7	1.9	6.0	2.2	2.2														
30	37.7	1.3	0.9	21.8	1.4	1.2	15.6	1.5	1.6	11.5	1.7	2.0	8.4	1.9	2.4														
35	43.9	1.3	0.9	26.1	1.4	1.2	18.8	1.5	1.6	14.0	1.6	2.0	10.4	1.8	2.4	7.6	2.1	2.8											
40	50.2	1.3	0.9	30.4	1.4	1.2	22.2	1.5	1.6	16.4	1.6	2.0	12.3	1.8	2.4	9.2	2.0	2.8											
45	56.5	1.3	0.9	34.8	1.4	1.3	25.3	1.5	1.6	18.8	1.6	2.0	14.2	1.8	2.4	10.8	2.0	2.8	7.8	2.4	3.2								
50	62.7	1.3	0.9	39.1	1.4	1.3	28.5	1.5	1.6	21.2	1.6	2.0	16.1	1.7	2.4	12.3	1.9	2.9	9.4	2.2	3.3								
				43.5	1.4	1.3	31.7	1.5	1.6	23.9	1.6	2.0	17.9	1.7	2.4	13.8	1.9	2.9	10.6	2.1	3.3								
55	69.0	1.3	0.9	47.8	1.4	1.3	34.8	1.5	1.6	26.2	1.6	2.0	19.8	1.7	2.4	15.3	1.9	2.9	11.9	2.1	3.3	9.1	2.4	3.7					
60	75.3	1.3	0.9	52.1	1.4	1.3	38.0	1.5	1.6	28.6	1.6	2.0	21.6	1.7	2.4	16.7	1.9	2.9	13.1	2.1	3.3	10.1	2.4	3.8					
65	81.5	1.3	0.9	56.5	1.4	1.3	41.1	1.5	1.6	31.0	1.6	2.0	23.8	1.7	2.4	18.2	1.9	2.9	14.3	2.0	3.3	11.2	2.3	3.8					
70	87.8	1.3	0.9	60.8	1.4	1.3	44.3	1.5	1.6	33.3	1.6	2.0	25.6	1.7	2.4	19.6	1.8	2.9	15.5	2.0	3.3	12.2	2.3	3.8	9.2	2.7	4.2		
75	94.1	1.3	0.9	65.2	1.4	1.3	47.4	1.5	1.6	35.7	1.6	2.0	27.4	1.7	2.4	21.0	1.8	2.9	16.6	2.0	3.4	13.2	2.2	3.8	10.3	2.6	4.2		
80	100.3	1.3	0.9	69.5	1.4	1.3	50.6	1.5	1.6	38.1	1.6	2.0	29.1	1.7	2.4	22.5	1.8	2.9	17.8	2.0	3.4	14.2	2.2	3.8	11.2	2.5	4.3		
85	106.6	1.3	0.9	73.8	1.4	1.3	53.7	1.5	1.6	40.5	1.6	2.0	30.9	1.7	2.4	23.9	1.8	2.9	18.9	2.0	3.4	15.2	2.2	3.8	12.1	2.5	4.3		
90	112.9	1.3	0.9	78.2	1.4	1.3	56.9	1.5	1.6	42.8	1.6	2.0	32.7	1.7	2.4	25.7	1.8	2.9	20.1	2.0	3.4	16.1	2.2	3.9	12.9	2.4	4.3		
95	119.1	1.3	0.9	82.5	1.4	1.3	60.0	1.5	1.6	45.2	1.6	2.0	34.5	1.7	2.4	27.1	1.8	2.9	21.2	2.0	3.4	17.0	2.2	3.9	13.8	2.4	4.3		
100	125.4	1.3	0.9	86.9	1.4	1.3	63.2	1.5	1.6	47.6	1.6	2.0	36.3	1.7	2.4	28.5	1.8	2.9	22.4	2.0	3.4	18.0	2.2	3.9	14.6	2.4	4.3		
105	131.7	1.3	0.9	91.2	1.4	1.3	66.4	1.5	1.6	50.0	1.6	2.0	38.1	1.7	2.4	29.9	1.8	2.9	23.5	2.0	3.4	19.0	2.1	3.9	15.4	2.4	4.3		
110	138.0	1.3	0.9	95.5	1.4	1.3	69.5	1.5	1.6	52.3	1.6	2.0	40.0	1.7	2.4	31.3	1.8	2.9	24.7	2.0	3.4	19.9	2.1	3.9	16.2	2.3	4.3		
115	144.2	1.3	0.9	99.9	1.4	1.3	72.7	1.5	1.6	54.7	1.6	2.0	41.8	1.7	2.4	32.8	1.8	2.9	25.8	2.0	3.4	20.9	2.1	3.9	17.0	2.3	4.3		
120	150.5	1.3	0.9	104.2	1.4	1.3	75.8	1.5	1.6	57.1	1.6	2.0	43.6	1.7	2.4	34.2	1.8	2.9	27.0	2.0	3.4	21.8	2.1	3.9	17.8	2.3	4.4		
125	156.8	1.3	0.9	108.6	1.4	1.3	79.0	1.5	1.6	59.5	1.6	2.0	45.4	1.7	2.4	35.6	1.8	2.9	28.5	2.0	3.4	22.7	2.1	3.9	18.6	2.3	4.4		
130	163.0	1.3	0.9	112.9	1.4	1.3	82.2	1.5	1.6	61.8	1.6	2.0	47.2	1.7	2.4	37.0	1.8	2.9	29.6	2.0	3.4	23.7	2.1	3.9	19.3	2.3	4.4		
135	169.3	1.3	0.9	117.2	1.4	1.3	85.3	1.5	1.6	64.2	1.6	2.0	49.0	1.7	2.4	38.4	1.8	2.9	30.8	1.9	3.4	24.6	2.1	3.9	20.1	2.3	4.4		
140	175.6	1.3	0.9	121.6	1.4	1.3	88.5	1.5	1.6	66.6	1.6	2.0	50.8	1.7	2.4	39.8	1.8	2.9	31.9	1.9	3.4	25.6	2.1	3.9	20.9	2.3	4.4		
145	181.8	1.3	0.9	125.9	1.4	1.3	91.6	1.5	1.6	69.0	1.6	2.0	52.6	1.7	2.4	41.3	1.8	2.9	33.0	1.9	3.4	26.5	2.1	3.9	21.7	2.3	4.4		
150	188.1	1.3	0.9	130.3	1.4	1.3	94.8	1.5	1.6	71.3	1.6	2.0	54.4	1.7	2.4	42.7	1.8	2.9	34.2	1.9	3.4	27.4	2.1	3.9	22.5	2.3	4.4		

EXHIBIT 7-4 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "B")

(SHEET 6 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "B"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			1.75 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0				
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D
5	6.5	1.3	0.9																										
10	13.5	1.2	0.9																										
15	20.5	1.2	0.9	9.1	1.4	1.2	6.4	1.6	1.5																				
20	27.3	1.2	0.9	13.9	1.3	1.2	10.0	1.4	1.6	7.2	1.7	1.9																	
25	34.1	1.2	0.9	18.8	1.3	1.2	13.6	1.4	1.6	10.0	1.6	1.9	7.3	1.8	2.3														
30	40.9	1.2	0.9	23.5	1.3	1.2	17.0	1.4	1.6	12.7	1.5	1.9	9.5	1.7	2.3	6.8	2.0	2.7											
35	47.7	1.2	0.9	28.2	1.3	1.2	20.7	1.4	1.6	15.4	1.5	1.9	11.6	1.7	2.3	8.7	1.9	2.8											
40	54.5	1.2	0.9	32.8	1.3	1.2	24.1	1.4	1.6	17.9	1.5	2.0	13.6	1.6	2.4	10.4	1.8	2.8	7.9	2.1	3.2								
45	61.3	1.2	0.9	37.5	1.3	1.2	27.5	1.4	1.6	20.8	1.5	1.9	15.7	1.6	2.4	12.1	1.8	2.8	9.3	2.0	3.2								
50	68.1	1.2	0.9	42.2	1.3	1.2	30.9	1.4	1.6	23.4	1.5	1.9	17.7	1.6	2.4	13.7	1.8	2.8	10.7	1.9	3.3	7.9	2.3	3.7					
				46.9	1.3	1.2	34.4	1.4	1.6	26.0	1.5	1.9	19.7	1.6	2.4	15.3	1.7	2.8	12.0	1.9	3.3	9.3	2.2	3.7					
55	74.9	1.2	0.9	51.6	1.3	1.2	37.8	1.4	1.6	28.5	1.5	1.9	22.1	1.6	2.3	16.9	1.7	2.8	13.3	1.9	3.3	10.5	2.1	3.7	7.5	2.7	4.1		
60	81.7	1.2	0.9	56.2	1.3	1.2	41.2	1.4	1.6	31.1	1.5	2.0	24.0	1.6	2.3	18.5	1.7	2.8	14.6	1.9	3.3	11.6	2.1	3.7	9.0	2.4	4.1		
65	88.5	1.2	0.9	60.9	1.3	1.2	44.6	1.4	1.6	33.7	1.5	2.0	26.0	1.6	2.4	20.1	1.7	2.8	15.9	1.9	3.3	12.7	2.1	3.7	10.0	2.3	4.2		
70	95.4	1.2	0.9	65.6	1.3	1.2	48.1	1.4	1.6	36.3	1.5	2.0	28.0	1.6	2.4	21.6	1.7	2.9	17.2	1.8	3.3	13.8	2.0	3.8	11.0	2.3	4.2		
75	102.2	1.2	0.9	70.3	1.3	1.2	51.5	1.4	1.6	38.9	1.5	2.0	30.0	1.6	2.4	23.2	1.7	2.9	18.4	1.8	3.3	14.8	2.0	3.8	11.9	2.2	4.2		
80	109.0	1.2	0.9	75.0	1.3	1.2	54.9	1.4	1.6	41.5	1.5	2.0	32.0	1.6	2.4	25.1	1.7	2.8	19.7	1.8	3.3	15.8	2.0	3.8	12.8	2.2	4.2		
85	115.8	1.2	0.9	79.6	1.3	1.2	58.3	1.4	1.6	44.1	1.5	2.0	34.0	1.6	2.4	26.6	1.7	2.8	21.0	1.8	3.3	16.9	2.0	3.8	13.7	2.2	4.2		
90	122.6	1.2	0.9	84.3	1.3	1.2	61.8	1.4	1.6	46.6	1.5	2.0	36.0	1.6	2.4	28.2	1.7	2.8	22.2	1.8	3.3	17.9	2.0	3.8	14.6	2.2	4.3		
95	129.4	1.2	0.9	89.0	1.3	1.2	65.2	1.4	1.6	49.2	1.5	2.0	37.9	1.6	2.4	29.8	1.7	2.8	23.5	1.8	3.3	19.0	2.0	3.8	15.5	2.2	4.3		
100	136.2	1.2	0.9	93.7	1.3	1.2	68.6	1.4	1.6	51.8	1.5	2.0	39.8	1.6	2.4	31.3	1.7	2.8	24.8	1.8	3.3	20.0	2.0	3.8	16.3	2.1	4.3		
105	143.0	1.2	0.9	98.4	1.3	1.2	72.1	1.4	1.6	54.4	1.5	2.0	41.8	1.6	2.4	32.9	1.7	2.8	26.4	1.8	3.3	21.1	2.0	3.8	17.2	2.1	4.3		
110	149.8	1.2	0.9	103.1	1.3	1.2	75.5	1.4	1.6	57.0	1.5	2.0	43.8	1.6	2.4	34.4	1.7	2.8	27.6	1.8	3.3	22.1	2.0	3.8	18.1	2.1	4.3		
115	156.6	1.2	0.9	107.7	1.3	1.2	78.9	1.4	1.6	59.6	1.5	2.0	45.8	1.6	2.4	36.0	1.7	2.8	28.9	1.8	3.3	23.1	2.0	3.8	19.0	2.1	4.3		
120	163.4	1.2	0.9	112.4	1.3	1.2	82.3	1.4	1.6	62.2	1.5	2.0	47.8	1.6	2.4	37.6	1.7	2.8	30.1	1.8	3.3	24.2	1.9	3.8	19.8	2.1	4.3		
125	170.3	1.2	0.9	117.1	1.3	1.2	85.8	1.4	1.6	64.8	1.5	2.0	49.8	1.6	2.4	39.1	1.7	2.9	31.4	1.8	3.3	25.2	1.9	3.8	20.7	2.1	4.3		
130	177.1	1.2	0.9	121.8	1.3	1.2	89.2	1.4	1.6	67.3	1.5	2.0	51.8	1.6	2.4	40.7	1.7	2.9	32.6	1.8	3.3	26.2	1.9	3.8	21.5	2.1	4.3		
135	183.9	1.2	0.9	126.5	1.3	1.2	92.6	1.4	1.6	69.9	1.5	2.0	53.8	1.6	2.4	42.2	1.7	2.9	33.9	1.8	3.3	27.3	1.9	3.8	22.4	2.1	4.3		
140	190.7	1.2	0.9	131.2	1.3	1.2	96.1	1.4	1.6	72.5	1.5	2.0	55.7	1.6	2.4	43.8	1.7	2.9	35.1	1.8	3.3	28.7	1.9	3.8	23.3	2.1	4.3		
145	197.5	1.2	0.9	135.8	1.3	1.2	99.5	1.4	1.6	75.1	1.5	2.0	57.7	1.6	2.4	45.3	1.7	2.9	36.4	1.8	3.3	29.7	1.9	3.8	24.1	2.1	4.3		
150	204.3	1.2	0.9	140.5	1.3	1.2	102.9	1.4	1.6	77.7	1.5	2.0	59.7	1.6	2.4	46.9	1.7	2.9	37.6	1.8	3.3	30.7	1.9	3.8	25.0	2.1	4.3		

EXHIBIT 7-4 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "B")

(SHEET 7 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH (D) AND V2 FOR RETARDANCE "B"

Q CFS	GRADE 2.00 PERCENT																										
	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			V1=3.5			V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0		
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2
5	7.1	1.2	0.9																								
10	14.7	1.2	0.9																								
15	22.0	1.2	0.9	9.5	1.3	1.2	7.0	1.4	1.5																		
20	29.3	1.2	0.9	14.5	1.3	1.2	10.8	1.4	1.5	8.0	1.5	1.9	5.5	1.9	2.1												
25	36.6	1.2	0.9	19.6	1.2	1.2	14.6	1.3	1.5	10.9	1.5	1.9	8.1	1.6	2.3	5.5	2.1	2.6									
30	43.9	1.2	0.9	24.4	1.2	1.2	18.5	1.3	1.5	13.8	1.4	1.9	10.4	1.6	2.3	7.9	1.8	2.7									
35	51.2	1.2	0.9	29.3	1.2	1.2	22.2	1.3	1.6	16.6	1.4	1.9	12.7	1.5	2.3	9.7	1.7	2.7	7.3	2.0	3.1						
40	58.5	1.2	0.9	34.2	1.2	1.2	25.8	1.3	1.6	19.6	1.4	1.9	14.9	1.5	2.3	11.5	1.7	2.7	8.9	1.9	3.2						
45	65.8	1.2	0.9	39.0	1.2	1.2	29.5	1.3	1.6	22.4	1.4	1.9	17.1	1.5	2.3	13.3	1.6	2.8	10.4	1.8	3.2	8.0	2.1	3.6			
50	73.1	1.2	0.9	43.9	1.2	1.2	33.2	1.3	1.6	25.2	1.4	1.9	19.3	1.5	2.3	15.0	1.6	2.8	11.8	1.8	3.2	9.2	2.0	3.7			
				48.8	1.2	1.2	36.8	1.3	1.6	28.0	1.4	1.9	21.7	1.5	2.3	16.7	1.6	2.8	13.2	1.8	3.2	10.5	1.9	3.7	7.9	2.3	4.1
55	80.4	1.2	0.9	53.6	1.2	1.2	40.5	1.3	1.6	30.7	1.4	1.9	23.9	1.5	2.3	18.5	1.6	2.8	14.6	1.7	3.2	11.7	1.9	3.7	9.2	2.2	4.1
60	87.7	1.2	0.9	58.5	1.2	1.2	44.2	1.3	1.6	33.5	1.4	1.9	26.0	1.5	2.3	20.2	1.6	2.8	16.0	1.7	3.2	12.8	1.9	3.7	10.2	2.1	4.1
65	95.0	1.2	0.9	63.4	1.2	1.2	47.9	1.3	1.6	36.3	1.4	1.9	28.2	1.5	2.3	22.1	1.6	2.8	17.4	1.7	3.3	14.0	1.9	3.7	11.3	2.1	4.2
70	102.3	1.2	0.9	68.2	1.2	1.2	51.6	1.3	1.6	39.1	1.4	1.9	30.3	1.5	2.3	23.8	1.6	2.8	18.8	1.7	3.3	15.2	1.9	3.7	12.3	2.1	4.2
75	109.6	1.2	0.9	73.1	1.2	1.2	55.2	1.3	1.6	41.9	1.4	1.9	32.5	1.5	2.3	25.5	1.6	2.8	20.1	1.7	3.3	16.2	1.8	3.7	13.2	2.0	4.2
80	116.9	1.2	0.9	78.0	1.2	1.2	58.9	1.3	1.6	44.7	1.4	1.9	34.6	1.5	2.3	27.2	1.6	2.8	21.5	1.7	3.3	17.4	1.8	3.8	14.2	2.0	4.2
85	124.2	1.2	0.9	82.9	1.2	1.2	62.6	1.3	1.6	47.4	1.4	1.9	36.8	1.5	2.3	28.9	1.6	2.8	22.9	1.7	3.3	18.5	1.8	3.8	15.1	2.0	4.2
90	131.5	1.2	0.9	87.7	1.2	1.2	66.3	1.3	1.6	50.2	1.4	1.9	39.0	1.5	2.3	30.6	1.6	2.8	24.6	1.7	3.2	19.6	1.8	3.8	16.1	2.0	4.2
95	138.8	1.2	0.9	92.6	1.2	1.2	69.9	1.3	1.6	53.0	1.4	1.9	41.1	1.5	2.3	32.3	1.6	2.8	25.9	1.7	3.3	20.8	1.8	3.8	17.0	2.0	4.2
100	146.1	1.2	0.9	97.5	1.2	1.2	73.6	1.3	1.6	55.8	1.4	1.9	43.3	1.5	2.3	34.0	1.6	2.8	27.3	1.7	3.3	21.9	1.8	3.8	18.0	2.0	4.2
105	153.4	1.2	0.9	102.3	1.2	1.2	77.3	1.3	1.6	58.6	1.4	1.9	45.4	1.5	2.3	35.7	1.6	2.8	28.6	1.7	3.3	23.0	1.8	3.8	18.9	2.0	4.2
110	160.7	1.2	0.9	107.2	1.2	1.2	81.0	1.3	1.6	61.4	1.4	1.9	47.6	1.5	2.3	37.3	1.6	2.8	30.0	1.7	3.3	24.1	1.8	3.8	19.8	2.0	4.2
115	168.0	1.2	0.9	112.1	1.2	1.2	84.7	1.3	1.6	64.2	1.4	1.9	49.8	1.5	2.3	39.0	1.6	2.8	31.3	1.7	3.3	25.3	1.8	3.8	20.8	2.0	4.2
120	175.3	1.2	0.9	117.0	1.2	1.2	88.3	1.3	1.6	67.0	1.4	1.9	51.9	1.5	2.3	40.7	1.6	2.8	32.7	1.7	3.3	26.7	1.8	3.7	21.7	2.0	4.2
125	182.6	1.2	0.9	121.8	1.2	1.2	92.0	1.3	1.6	69.7	1.4	1.9	54.1	1.5	2.3	42.4	1.6	2.8	34.1	1.7	3.3	27.8	1.8	3.7	22.6	1.9	4.3
130	189.9	1.2	0.9	126.7	1.2	1.2	95.7	1.3	1.6	72.5	1.4	1.9	56.2	1.5	2.3	44.1	1.6	2.8	35.4	1.7	3.3	28.9	1.8	3.7	23.6	1.9	4.3
135	197.3	1.2	0.9	131.6	1.2	1.2	99.4	1.3	1.6	75.3	1.4	1.9	58.4	1.5	2.3	45.8	1.6	2.8	36.8	1.7	3.3	30.0	1.8	3.7	24.5	1.9	4.3
140	204.6	1.2	0.9	136.5	1.2	1.2	103.1	1.3	1.6	78.1	1.4	1.9	60.6	1.5	2.3	47.5	1.6	2.8	38.1	1.7	3.3	31.1	1.8	3.7	25.4	1.9	4.3
145	211.9	1.2	0.9	141.3	1.2	1.2	106.7	1.3	1.6	80.9	1.4	1.9	62.7	1.5	2.3	49.2	1.6	2.8	39.5	1.7	3.3	32.3	1.8	3.7	26.4	1.9	4.3
150	219.2	1.2	0.9	146.2	1.2	1.2	110.4	1.3	1.6	83.7	1.4	1.9	64.9	1.5	2.3	50.9	1.6	2.8	40.8	1.7	3.3	33.4	1.8	3.7	27.3	1.9	4.3

EXHIBIT 7-4 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "B")

(SHEET 8 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "B"

Q CFS	GRADE 3.00 PERCENT																																
	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			V1=3.5			V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0								
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2			
5	8.8	1.0	0.8	5.8	1.1	1.1	3.9	1.5	1.3				6.6	1.3	1.8	4.7	1.5	2.1															
10	18.0	1.0	0.8	12.1	1.1	1.2	8.9	1.1	1.5				6.6	1.3	1.8	4.7	1.5	2.1															
15	27.0	1.0	0.8	18.3	1.1	1.2	13.5	1.1	1.5				10.3	1.2	1.8	7.9	1.3	2.2				6.0	1.5	2.5									
20	35.9	1.0	0.8	24.4	1.1	1.2	18.2	1.1	1.5				13.8	1.2	1.8	10.7	1.3	2.2				8.3	1.4	2.6	6.4	1.6	3.0						
25	44.9	1.0	0.8	30.5	1.1	1.2	22.8	1.1	1.5				17.5	1.2	1.8	13.4	1.3	2.2				10.6	1.4	2.6	8.3	1.5	3.0	6.4	1.7	3.4			
30	53.9	1.0	0.8	36.6	1.1	1.2	27.3	1.1	1.5				20.9	1.2	1.8	16.2	1.3	2.2				12.8	1.4	2.6	10.2	1.5	3.0	8.1	1.6	3.5	6.0	1.9	3.9
35	62.8	1.0	0.8	42.7	1.1	1.2	31.8	1.1	1.5				24.4	1.2	1.8	19.1	1.2	2.2				15.0	1.3	2.6	12.0	1.4	3.0	9.6	1.6	3.5	7.6	1.7	3.9
40	71.8	1.0	0.8	48.8	1.1	1.2	36.4	1.1	1.5				27.9	1.2	1.8	21.9	1.2	2.2				17.2	1.3	2.6	13.8	1.4	3.1	11.1	1.5	3.5	9.0	1.7	4.0
45	80.8	1.0	0.8	54.9	1.0	1.2	40.9	1.1	1.5				31.3	1.2	1.8	24.6	1.2	2.2				19.6	1.3	2.6	15.5	1.4	3.1	12.6	1.5	3.5	10.2	1.7	4.0
50	89.7	1.0	0.8	60.9	1.0	1.2	45.4	1.1	1.5				34.8	1.2	1.8	27.3	1.2	2.2				21.8	1.3	2.6	17.3	1.4	3.1	14.1	1.5	3.5	11.5	1.6	4.0
55	98.7	1.0	0.8	67.0	1.0	1.2	50.0	1.1	1.5				38.3	1.2	1.8	30.0	1.2	2.2				24.0	1.3	2.6	19.1	1.4	3.1	15.5	1.5	3.5	12.7	1.6	4.0
60	107.7	1.0	0.8	73.1	1.0	1.2	54.5	1.1	1.5				41.8	1.2	1.8	32.7	1.2	2.2				26.1	1.3	2.6	21.0	1.4	3.1	16.9	1.5	3.6	14.0	1.6	4.0
65	116.6	1.0	0.8	79.2	1.0	1.2	59.0	1.1	1.5				45.2	1.2	1.8	35.5	1.2	2.2				28.3	1.3	2.6	22.8	1.4	3.1	18.4	1.5	3.6	15.1	1.6	4.0
70	125.6	1.0	0.8	85.3	1.0	1.2	63.6	1.1	1.5				48.7	1.2	1.8	38.2	1.2	2.2				30.5	1.3	2.6	24.5	1.4	3.1	19.8	1.5	3.6	16.3	1.6	4.1
75	134.6	1.0	0.8	91.4	1.0	1.2	68.1	1.1	1.5				52.2	1.2	1.9	40.9	1.2	2.2				32.6	1.3	2.6	26.2	1.4	3.1	21.5	1.5	3.5	17.5	1.6	4.1
80	143.6	1.0	0.8	97.5	1.0	1.2	72.7	1.1	1.5				55.7	1.2	1.9	43.6	1.2	2.2				34.8	1.3	2.6	28.0	1.4	3.1	23.0	1.5	3.5	18.8	1.6	4.1
85	152.5	1.0	0.8	103.6	1.0	1.2	77.2	1.1	1.5				59.1	1.2	1.9	46.3	1.2	2.2				37.0	1.3	2.6	29.7	1.4	3.1	24.4	1.5	3.6	20.0	1.6	4.1
90	161.5	1.0	0.8	109.7	1.0	1.2	81.7	1.1	1.5				62.6	1.2	1.9	49.1	1.2	2.2				39.1	1.3	2.6	31.5	1.4	3.1	25.8	1.5	3.6	21.2	1.6	4.1
95	170.5	1.0	0.8	115.8	1.0	1.2	86.3	1.1	1.5				66.1	1.2	1.9	51.8	1.2	2.2				41.3	1.3	2.6	33.2	1.4	3.1	27.2	1.5	3.6	22.6	1.6	4.0
100	179.5	1.0	0.8	121.9	1.0	1.2	90.8	1.1	1.5				69.6	1.2	1.9	54.5	1.2	2.2				43.5	1.3	2.6	35.0	1.4	3.1	28.7	1.5	3.6	23.8	1.6	4.0
105	188.4	1.0	0.8	128.0	1.0	1.2	95.4	1.1	1.5				73.0	1.2	1.9	57.2	1.2	2.2				45.6	1.3	2.6	36.7	1.4	3.1	30.1	1.5	3.6	25.0	1.6	4.0
110	197.4	1.0	0.8	134.1	1.0	1.2	99.9	1.1	1.5				76.5	1.2	1.9	60.0	1.2	2.2				47.8	1.3	2.6	38.4	1.4	3.1	31.5	1.5	3.6	26.2	1.6	4.0
115	206.4	1.0	0.8	140.1	1.0	1.2	104.4	1.1	1.5				80.0	1.2	1.9	62.7	1.2	2.2				50.0	1.3	2.6	40.2	1.4	3.1	32.9	1.5	3.6	27.4	1.6	4.0
120	215.3	1.0	0.8	146.2	1.0	1.2	109.0	1.1	1.5				83.5	1.2	1.9	65.4	1.2	2.2				52.2	1.3	2.6	41.9	1.4	3.1	34.4	1.5	3.6	28.6	1.6	4.0
125	224.3	1.0	0.8	152.3	1.0	1.2	113.5	1.1	1.5				86.9	1.2	1.9	68.1	1.2	2.2				54.3	1.3	2.6	43.7	1.4	3.1	35.8	1.5	3.6	29.8	1.6	4.0
130	233.3	1.0	0.8	158.4	1.0	1.2	118.1	1.1	1.5				90.4	1.2	1.9	70.9	1.2	2.2				56.5	1.3	2.6	45.4	1.4	3.1	37.2	1.5	3.6	30.9	1.6	4.0
135	242.3	1.0	0.8	164.5	1.0	1.2	122.6	1.1	1.5				93.9	1.2	1.9	73.6	1.2	2.2				58.7	1.3	2.6	47.2	1.4	3.1	38.6	1.5	3.6	32.1	1.6	4.1
140	251.2	1.0	0.8	170.6	1.0	1.2	127.1	1.1	1.5				97.4	1.2	1.9	76.3	1.2	2.2				60.8	1.3	2.6	48.9	1.4	3.1	40.1	1.5	3.6	33.3	1.6	4.1
145	260.2	1.0	0.8	176.7	1.0	1.2	131.7	1.1	1.5				100.9	1.2	1.9	79.0	1.2	2.2				63.0	1.3	2.6	50.7	1.4	3.1	41.5	1.5	3.6	34.5	1.6	4.1
150	269.2	1.0	0.8	182.8	1.0	1.2	136.2	1.1	1.5				104.3	1.2	1.9	81.7	1.2	2.2				65.2	1.3	2.6	52.4	1.4	3.1	42.9	1.5	3.6	35.7	1.6	4.1

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "B"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE 4.00 PERCENT V1=3.5			V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0				
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D
5	10.1	0.9	0.8	7.0	1.0	1.1	4.9	1.1	1.4																				
10	20.5	0.9	0.8	14.4	0.9	1.1	10.3	1.0	1.4	7.9	1.1	1.8	6.1	1.2	2.1	4.5	1.4	2.4											
15	30.7	0.9	0.8	21.5	0.9	1.1	15.7	1.0	1.4	12.0	1.1	1.8	9.4	1.1	2.1	7.4	1.2	2.5	5.8	1.4	2.8								
20	40.9	0.9	0.8	28.6	0.9	1.1	20.9	1.0	1.4	16.3	1.0	1.8	12.6	1.1	2.1	10.1	1.2	2.5	8.0	1.3	2.9	6.3	1.4	3.3					
25	51.1	0.9	0.8	35.8	0.9	1.1	26.1	1.0	1.4	20.3	1.0	1.8	16.0	1.1	2.1	12.7	1.2	2.5	10.2	1.3	2.9	8.2	1.4	3.4	6.5	1.5	3.8		
30	61.3	0.9	0.8	42.9	0.9	1.1	31.4	1.0	1.4	24.4	1.0	1.8	19.2	1.1	2.1	15.2	1.2	2.5	12.3	1.3	2.9	10.0	1.3	3.4	8.1	1.5	3.8		
35	71.5	0.9	0.8	50.1	0.9	1.1	36.6	1.0	1.4	28.3	1.0	1.8	22.4	1.1	2.1	18.0	1.2	2.5	14.4	1.2	2.9	11.7	1.3	3.4	9.6	1.4	3.8		
40	81.8	0.9	0.8	57.2	0.9	1.1	41.8	1.0	1.5	32.4	1.0	1.8	25.6	1.1	2.1	20.6	1.2	2.5	16.5	1.2	2.9	13.5	1.3	3.4	11.1	1.4	3.8		
45	92.0	0.9	0.8	64.4	0.9	1.1	47.0	1.0	1.5	36.4	1.0	1.8	28.8	1.1	2.1	23.1	1.2	2.5	18.8	1.2	2.9	15.2	1.3	3.4	12.6	1.4	3.9		
50	102.2	0.9	0.8	71.5	0.9	1.1	52.2	1.0	1.5	40.5	1.0	1.8	32.0	1.1	2.1	25.7	1.2	2.5	20.9	1.2	2.9	17.0	1.3	3.4	14.0	1.4	3.9		
55	112.4	0.9	0.8	78.7	0.9	1.1	57.5	1.0	1.5	44.5	1.0	1.8	35.2	1.1	2.1	28.2	1.2	2.5	23.0	1.2	2.9	18.9	1.3	3.4	15.4	1.4	3.9		
60	122.6	0.9	0.8	85.8	0.9	1.1	62.7	1.0	1.5	48.5	1.0	1.8	38.4	1.1	2.2	30.8	1.2	2.5	25.1	1.2	2.9	20.6	1.3	3.4	16.9	1.4	3.9		
65	132.8	0.9	0.8	93.0	0.9	1.1	67.9	1.0	1.5	52.6	1.0	1.8	41.5	1.1	2.2	33.4	1.2	2.5	27.2	1.2	2.9	22.3	1.3	3.4	18.3	1.4	3.9		
70	143.1	0.9	0.8	100.1	0.9	1.1	73.1	1.0	1.5	56.6	1.0	1.8	44.7	1.1	2.2	35.9	1.2	2.5	29.2	1.2	2.9	24.0	1.3	3.4	20.0	1.4	3.9		
75	153.3	0.9	0.8	107.3	0.9	1.1	78.3	1.0	1.5	60.7	1.0	1.8	47.9	1.1	2.2	38.5	1.2	2.5	31.3	1.2	2.9	25.7	1.3	3.4	21.4	1.4	3.9		
80	163.5	0.9	0.8	114.4	0.9	1.1	83.6	1.0	1.5	64.7	1.0	1.8	51.1	1.1	2.2	41.0	1.2	2.5	33.4	1.2	2.9	27.4	1.3	3.4	22.8	1.4	3.9		
85	173.7	0.9	0.8	121.6	0.9	1.1	88.8	1.0	1.5	68.8	1.0	1.8	54.3	1.1	2.2	43.6	1.2	2.5	35.5	1.2	2.9	29.1	1.3	3.4	24.2	1.4	3.9		
90	183.9	0.9	0.8	128.7	0.9	1.1	94.0	1.0	1.5	72.8	1.0	1.8	57.5	1.1	2.2	46.2	1.2	2.5	37.6	1.2	2.9	30.8	1.3	3.4	25.7	1.4	3.9		
95	194.1	0.9	0.8	135.9	0.9	1.1	99.2	1.0	1.5	76.8	1.0	1.8	60.7	1.1	2.2	48.7	1.2	2.5	39.7	1.2	2.9	32.5	1.3	3.4	27.1	1.4	3.9		
100	204.4	0.9	0.8	143.0	0.9	1.1	104.4	1.0	1.5	80.9	1.0	1.8	63.9	1.1	2.2	51.3	1.2	2.5	41.7	1.2	2.9	34.2	1.3	3.4	28.5	1.3	3.9		
105	214.6	0.9	0.8	150.2	0.9	1.1	109.7	1.0	1.5	84.9	1.0	1.8	67.1	1.1	2.2	53.9	1.2	2.5	43.8	1.2	2.9	35.9	1.3	3.4	29.9	1.3	3.9		
110	224.8	0.9	0.8	157.4	0.9	1.1	114.9	1.0	1.5	89.0	1.0	1.8	70.3	1.1	2.2	56.4	1.2	2.5	45.9	1.2	2.9	37.6	1.3	3.4	31.3	1.3	3.9		
115	235.0	0.9	0.8	164.5	0.9	1.1	120.1	1.0	1.5	93.0	1.0	1.8	73.5	1.1	2.2	59.0	1.2	2.5	48.0	1.2	2.9	39.3	1.3	3.4	32.7	1.3	3.9		
120	245.2	0.9	0.8	171.7	0.9	1.1	125.3	1.0	1.5	97.1	1.0	1.8	76.7	1.1	2.2	61.5	1.2	2.5	49.9	1.2	3.0	41.0	1.3	3.4	34.2	1.3	3.9		
125	255.5	0.9	0.8	178.8	0.9	1.1	130.5	1.0	1.5	101.1	1.0	1.8	79.9	1.1	2.2	64.1	1.2	2.5	52.0	1.2	3.0	42.7	1.3	3.4	35.6	1.3	3.9		
130	265.7	0.9	0.8	186.0	0.9	1.1	135.8	1.0	1.5	105.1	1.0	1.8	83.0	1.1	2.2	66.7	1.2	2.5	54.1	1.2	3.0	44.4	1.3	3.4	37.0	1.3	3.9		
135	275.9	0.9	0.8	193.1	0.9	1.1	141.0	1.0	1.5	109.2	1.0	1.8	86.2	1.1	2.2	69.2	1.2	2.5	56.1	1.2	3.0	46.1	1.3	3.4	38.4	1.3	3.9		
140	286.1	0.9	0.8	200.3	0.9	1.1	146.2	1.0	1.5	113.2	1.0	1.8	89.4	1.1	2.2	71.8	1.2	2.5	58.2	1.2	3.0	47.8	1.3	3.4	39.9	1.3	3.9		
145	296.3	0.9	0.8	207.4	0.9	1.1	151.4	1.0	1.5	117.3	1.0	1.8	92.6	1.1	2.2	74.4	1.2	2.5	60.3	1.2	3.0	49.6	1.3	3.4	41.3	1.3	3.9		
150	306.5	0.9	0.8	214.6	0.9	1.1	156.7	1.0	1.5	121.3	1.0	1.8	95.8	1.1	2.2	76.9	1.2	2.5	62.4	1.2	3.0	51.3	1.3	3.4	42.7	1.3	3.9		

EXHIBIT 7-4 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "B")

(SHEET 10 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH (D) AND V2 FOR RETARDANCE "B"

Q CFS	GRADE 5.00 PERCENT V1=4.0																										
	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			V1=3.5			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0					
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2
5	11.3	0.8	0.8	8.0	0.9	1.1	5.6	1.0	1.4	4.2	1.1	1.6															
10	22.5	0.8	0.8	16.3	0.9	1.1	11.5	0.9	1.4	8.9	1.0	1.7	7.0	1.0	2.0	5.5	1.2	2.4	4.0	1.4	2.6						
15	33.7	0.8	0.8	24.3	0.9	1.1	17.4	0.9	1.4	13.7	1.0	1.7	10.7	1.0	2.1	8.5	1.1	2.4	6.8	1.2	2.8	5.4	1.3	3.2			
20	45.0	0.8	0.8	32.4	0.9	1.1	23.2	0.9	1.4	18.2	1.0	1.7	14.5	1.0	2.1	11.5	1.1	2.5	9.3	1.1	2.8	7.5	1.2	3.2	6.1	1.4	3.7
25	56.2	0.8	0.8	40.5	0.9	1.1	28.9	0.9	1.4	22.8	1.0	1.7	18.1	1.0	2.1	14.6	1.1	2.4	11.7	1.1	2.8	9.6	1.2	3.3	7.8	1.3	3.7
30	67.4	0.8	0.8	48.7	0.9	1.1	34.7	0.9	1.4	27.3	1.0	1.7	21.7	1.0	2.1	17.5	1.1	2.4	14.1	1.1	2.8	11.6	1.2	3.3	9.5	1.3	3.7
35	78.7	0.8	0.8	56.8	0.9	1.1	40.5	0.9	1.4	31.8	1.0	1.7	25.3	1.0	2.1	20.4	1.0	2.5	16.7	1.1	2.8	13.6	1.2	3.3	11.2	1.3	3.7
40	89.9	0.8	0.8	64.9	0.9	1.1	46.3	0.9	1.4	36.4	1.0	1.7	28.8	1.0	2.1	23.3	1.0	2.5	19.1	1.1	2.8	15.6	1.2	3.3	12.9	1.2	3.7
45	101.1	0.8	0.8	73.0	0.9	1.1	52.1	0.9	1.4	40.9	1.0	1.7	32.4	1.0	2.1	26.2	1.0	2.5	21.5	1.1	2.8	17.7	1.2	3.3	14.6	1.2	3.7
50	112.4	0.8	0.8	81.1	0.9	1.1	57.9	0.9	1.4	45.5	1.0	1.7	36.0	1.0	2.1	29.1	1.0	2.5	23.9	1.1	2.8	19.7	1.2	3.3	16.2	1.2	3.7
55	123.6	0.8	0.8	89.2	0.9	1.1	63.6	0.9	1.4	50.0	1.0	1.7	39.6	1.0	2.1	32.0	1.0	2.5	26.2	1.1	2.8	21.7	1.2	3.3	18.0	1.2	3.8
60	134.8	0.8	0.8	97.3	0.9	1.1	69.4	0.9	1.4	54.5	1.0	1.7	43.2	1.0	2.1	34.9	1.0	2.5	28.6	1.1	2.8	23.6	1.2	3.3	19.7	1.2	3.8
65	146.1	0.8	0.8	105.4	0.9	1.1	75.2	0.9	1.4	59.1	1.0	1.7	46.8	1.0	2.1	37.8	1.0	2.5	31.0	1.1	2.8	25.6	1.2	3.3	21.3	1.2	3.8
70	157.3	0.8	0.8	113.5	0.9	1.1	81.0	0.9	1.4	63.6	1.0	1.7	50.4	1.0	2.1	40.7	1.0	2.5	33.4	1.1	2.8	27.5	1.2	3.3	22.9	1.2	3.8
75	168.6	0.8	0.8	121.6	0.9	1.1	86.8	0.9	1.4	68.2	1.0	1.7	54.0	1.0	2.1	43.6	1.0	2.5	35.8	1.1	2.8	29.4	1.2	3.3	24.5	1.2	3.8
80	179.8	0.8	0.8	129.7	0.9	1.1	92.6	0.9	1.4	72.7	0.9	1.7	57.6	1.0	2.1	46.5	1.0	2.5	38.1	1.1	2.8	31.4	1.2	3.3	26.2	1.2	3.8
85	191.0	0.8	0.8	137.8	0.9	1.1	98.3	0.9	1.4	77.3	0.9	1.7	61.2	1.0	2.1	49.4	1.0	2.5	40.5	1.1	2.8	33.3	1.2	3.3	27.8	1.2	3.8
90	202.3	0.8	0.8	145.9	0.9	1.1	104.1	0.9	1.4	81.8	0.9	1.7	64.9	1.0	2.1	52.3	1.0	2.5	42.9	1.1	2.8	35.3	1.2	3.3	29.4	1.2	3.8
95	213.5	0.8	0.8	154.0	0.9	1.1	109.9	0.9	1.4	86.3	0.9	1.7	68.5	1.0	2.1	55.2	1.0	2.5	45.3	1.1	2.8	37.2	1.2	3.3	31.1	1.2	3.8
100	224.7	0.8	0.8	162.1	0.9	1.1	115.7	0.9	1.4	90.9	0.9	1.7	72.1	1.0	2.1	58.1	1.0	2.5	47.7	1.1	2.8	39.2	1.2	3.3	32.7	1.2	3.8
105	236.0	0.8	0.8	170.2	0.9	1.1	121.5	0.9	1.4	95.4	0.9	1.7	75.7	1.0	2.1	61.0	1.0	2.5	50.0	1.1	2.8	41.1	1.2	3.3	34.3	1.2	3.8
110	247.2	0.8	0.8	178.3	0.9	1.1	127.3	0.9	1.4	100.0	0.9	1.7	79.3	1.0	2.1	64.0	1.0	2.5	52.4	1.1	2.8	43.1	1.2	3.3	35.0	1.2	3.8
115	258.5	0.8	0.8	186.4	0.9	1.1	133.0	0.9	1.4	104.5	0.9	1.7	82.9	1.0	2.1	66.9	1.0	2.5	54.8	1.1	2.8	45.0	1.2	3.3	37.6	1.2	3.8
120	269.7	0.8	0.8	194.6	0.9	1.1	138.8	0.9	1.4	109.1	0.9	1.7	86.5	1.0	2.1	69.8	1.0	2.5	57.2	1.1	2.8	47.0	1.2	3.3	39.2	1.2	3.8
125	280.9	0.8	0.8	202.7	0.9	1.1	144.6	0.9	1.4	113.6	0.9	1.7	90.1	1.0	2.1	72.7	1.0	2.5	59.6	1.1	2.8	48.9	1.2	3.3	40.9	1.2	3.8
130	292.2	0.8	0.8	210.8	0.9	1.1	150.4	0.9	1.4	118.2	0.9	1.7	93.7	1.0	2.1	75.6	1.0	2.5	61.9	1.1	2.8	50.9	1.2	3.3	42.5	1.2	3.8
135	303.4	0.8	0.8	218.9	0.9	1.1	156.2	0.9	1.4	122.7	0.9	1.7	97.3	1.0	2.1	78.5	1.0	2.5	64.3	1.1	2.8	52.9	1.2	3.3	44.1	1.2	3.8
140	314.6	0.8	0.8	227.0	0.9	1.1	162.0	0.9	1.4	127.2	0.9	1.7	100.9	1.0	2.1	81.4	1.0	2.5	66.7	1.1	2.8	54.8	1.2	3.3	45.8	1.2	3.8
145	325.9	0.8	0.8	235.1	0.9	1.1	167.8	0.9	1.4	131.8	0.9	1.7	104.5	1.0	2.1	84.3	1.0	2.5	69.1	1.1	2.8	56.8	1.2	3.3	47.4	1.2	3.8
150	337.1	0.8	0.8	243.2	0.9	1.1	173.5	0.9	1.4	136.3	0.9	1.7	108.1	1.0	2.1	87.2	1.0	2.5	71.5	1.1	2.8	58.7	1.2	3.3	49.0	1.2	3.8

EXHIBIT 7-4 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "B")

(SHEET 11 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "B"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			6.00 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0					
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2
	5	12.4	0.7	0.8	8.7	0.8	1.0	6.2	0.9	1.4	4.7	1.0	1.6	3.5	1.2	1.9														
10	24.7	0.7	0.8	17.6	0.8	1.0	12.8	0.9	1.4	9.8	0.9	1.7	7.8	1.0	2.0	6.2	1.0	2.3	4.9	1.1	2.7									
15	37.1	0.7	0.8	26.4	0.8	1.1	19.2	0.8	1.4	15.0	0.9	1.7	11.8	0.9	2.0	9.5	1.0	2.4	7.7	1.1	2.7	6.2	1.2	3.1	5.0	1.3	3.5			
20	49.4	0.7	0.8	35.1	0.8	1.1	25.6	0.8	1.4	19.9	0.9	1.7	16.0	0.9	2.0	12.9	1.0	2.4	10.4	1.0	2.8	8.5	1.1	3.2	7.0	1.2	3.6			
25	61.8	0.7	0.8	43.9	0.8	1.1	32.0	0.8	1.4	24.9	0.9	1.7	19.9	0.9	2.0	16.1	1.0	2.4	13.1	1.0	2.8	10.8	1.1	3.2	8.9	1.2	3.6			
30	74.1	0.7	0.8	52.7	0.8	1.1	38.4	0.8	1.4	29.9	0.9	1.7	23.8	0.9	2.1	19.3	1.0	2.4	15.9	1.0	2.8	13.0	1.1	3.2	10.8	1.1	3.6			
35	86.5	0.7	0.8	61.5	0.8	1.1	44.8	0.8	1.4	34.8	0.9	1.7	27.8	0.9	2.1	22.5	1.0	2.4	18.5	1.0	2.8	15.4	1.1	3.2	12.7	1.1	3.6			
40	98.9	0.7	0.8	70.2	0.8	1.1	51.2	0.8	1.4	39.8	0.9	1.7	31.8	0.9	2.1	25.7	1.0	2.4	21.2	1.0	2.8	17.6	1.1	3.2	14.5	1.1	3.6			
45	111.2	0.7	0.8	79.0	0.8	1.1	57.6	0.8	1.4	44.8	0.9	1.7	35.7	0.9	2.1	29.0	1.0	2.4	23.8	1.0	2.8	19.8	1.1	3.2	16.6	1.1	3.6			
50	123.6	0.7	0.8	87.8	0.8	1.1	64.0	0.8	1.4	49.7	0.9	1.7	39.7	0.9	2.1	32.2	1.0	2.4	26.4	1.0	2.8	22.0	1.1	3.2	18.4	1.1	3.6			
55	135.9	0.7	0.8	96.6	0.8	1.1	70.4	0.8	1.4	54.7	0.9	1.7	43.6	0.9	2.1	35.4	1.0	2.4	29.1	1.0	2.8	24.2	1.1	3.2	20.2	1.1	3.7			
60	148.3	0.7	0.8	105.3	0.8	1.1	76.8	0.8	1.4	59.7	0.9	1.7	47.6	0.9	2.1	38.6	1.0	2.4	31.7	1.0	2.8	26.3	1.1	3.2	22.0	1.1	3.7			
65	160.6	0.7	0.8	114.1	0.8	1.1	83.2	0.8	1.4	64.7	0.9	1.7	51.6	0.9	2.1	41.8	1.0	2.4	34.3	1.0	2.8	28.5	1.1	3.2	23.8	1.1	3.7			
70	173.0	0.7	0.8	122.9	0.8	1.1	89.6	0.8	1.4	69.6	0.9	1.7	55.5	0.9	2.1	45.0	1.0	2.4	37.0	1.0	2.8	30.7	1.1	3.2	25.6	1.1	3.7			
75	185.4	0.7	0.8	131.7	0.8	1.1	96.0	0.8	1.4	74.6	0.9	1.7	59.5	0.9	2.1	48.2	1.0	2.4	39.6	1.0	2.8	32.9	1.1	3.2	27.4	1.1	3.7			
80	197.7	0.7	0.8	140.4	0.8	1.1	102.3	0.8	1.4	79.6	0.9	1.7	63.5	0.9	2.1	51.4	1.0	2.4	42.2	1.0	2.8	35.1	1.1	3.2	29.3	1.1	3.7			
85	210.1	0.7	0.8	149.2	0.8	1.1	108.7	0.8	1.4	84.5	0.9	1.7	67.4	0.9	2.1	54.7	1.0	2.4	44.9	1.0	2.8	37.3	1.1	3.2	31.1	1.1	3.7			
90	222.4	0.7	0.8	158.0	0.8	1.1	115.1	0.8	1.4	89.5	0.9	1.7	71.4	0.9	2.1	57.9	1.0	2.4	47.5	1.0	2.8	39.5	1.1	3.2	32.9	1.1	3.7			
95	234.8	0.7	0.8	166.8	0.8	1.1	121.5	0.8	1.4	94.5	0.9	1.7	75.4	0.9	2.1	61.1	1.0	2.4	50.2	1.0	2.8	41.7	1.1	3.2	34.7	1.1	3.7			
100	247.1	0.7	0.8	175.5	0.8	1.1	127.9	0.8	1.4	99.5	0.9	1.7	79.3	0.9	2.1	64.3	1.0	2.4	52.8	1.0	2.8	43.9	1.1	3.2	36.6	1.1	3.7			
105	259.5	0.7	0.8	184.3	0.8	1.1	134.3	0.8	1.4	104.4	0.9	1.7	83.3	0.9	2.1	67.5	1.0	2.4	55.4	1.0	2.8	46.1	1.1	3.2	38.4	1.1	3.7			
110	271.8	0.7	0.8	193.1	0.8	1.1	140.7	0.8	1.4	109.4	0.9	1.7	87.3	0.9	2.1	70.7	1.0	2.4	58.1	1.0	2.8	48.2	1.1	3.2	40.2	1.1	3.7			
115	284.2	0.7	0.8	201.9	0.8	1.1	147.1	0.8	1.4	114.4	0.9	1.7	91.2	0.9	2.1	73.9	1.0	2.4	60.7	1.0	2.8	50.4	1.1	3.2	42.0	1.1	3.7			
120	296.6	0.7	0.8	210.7	0.8	1.1	153.5	0.8	1.4	119.3	0.9	1.7	95.2	0.9	2.1	77.2	1.0	2.4	63.3	1.0	2.8	52.6	1.1	3.2	43.9	1.1	3.7			
125	308.9	0.7	0.8	219.4	0.8	1.1	159.9	0.8	1.4	124.3	0.9	1.7	99.2	0.9	2.1	80.4	1.0	2.4	66.0	1.0	2.8	54.8	1.1	3.2	45.7	1.1	3.7			
130	321.3	0.7	0.8	228.2	0.8	1.1	166.3	0.8	1.4	129.3	0.9	1.7	103.1	0.9	2.1	83.6	1.0	2.4	68.6	1.0	2.8	57.0	1.1	3.2	47.5	1.1	3.7			
135	333.6	0.7	0.8	237.0	0.8	1.1	172.7	0.8	1.4	134.3	0.9	1.7	107.1	0.9	2.1	86.8	1.0	2.4	71.3	1.0	2.8	59.2	1.1	3.2	49.3	1.1	3.7			
140	346.0	0.7	0.8	245.8	0.8	1.1	179.1	0.8	1.4	139.2	0.9	1.7	111.0	0.9	2.1	90.0	1.0	2.4	73.9	1.0	2.8	61.4	1.1	3.2	51.2	1.1	3.7			
145	358.3	0.7	0.8	254.5	0.8	1.1	185.5	0.8	1.4	144.2	0.9	1.7	115.0	0.9	2.1	93.2	1.0	2.4	76.5	1.0	2.8	63.6	1.1	3.2	53.0	1.1	3.7			
150	370.7	0.7	0.8	263.3	0.8	1.1	191.9	0.8	1.4	149.2	0.9	1.7	119.0	0.9	2.1	96.4	1.0	2.4	79.2	1.0	2.8	65.8	1.1	3.2	54.8	1.1	3.7			

EXHIBIT 7-4 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "B")

(SHEET 12 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "B"

Q CFS	GRADE 8.00 PERCENT V1=4.0																										
	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			V1=3.5			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0					
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2
5	14.0	0.7	0.8	10.1	0.7	1.0	7.4	0.8	1.3	5.5	0.8	1.6	4.4	0.9	1.9	3.4	1.0	2.1									
10	28.0	0.7	0.8	20.1	0.7	1.0	15.0	0.8	1.3	11.3	0.8	1.7	9.1	0.8	2.0	7.4	0.9	2.3	6.0	0.9	2.6	4.9	1.0	3.0	3.8	1.2	3.3
15	41.9	0.7	0.8	30.1	0.7	1.0	22.4	0.8	1.3	17.0	0.8	1.7	13.9	0.8	2.0	11.4	0.9	2.3	9.2	0.9	2.7	7.6	1.0	3.0	6.3	1.0	3.4
20	55.9	0.7	0.8	40.1	0.7	1.0	29.9	0.8	1.3	22.6	0.8	1.7	18.5	0.8	2.0	15.1	0.9	2.3	12.5	0.9	2.7	10.2	1.0	3.1	8.5	1.0	3.5
25	69.9	0.7	0.8	50.1	0.7	1.0	37.3	0.8	1.3	28.2	0.8	1.7	23.1	0.8	2.0	18.8	0.9	2.3	15.6	0.9	2.7	13.0	0.9	3.1	10.8	1.0	3.5
30	83.9	0.7	0.8	60.1	0.7	1.0	44.8	0.8	1.3	33.9	0.8	1.7	27.7	0.8	2.0	22.6	0.9	2.3	18.6	0.9	2.7	15.6	0.9	3.1	13.0	1.0	3.5
35	97.9	0.7	0.8	70.1	0.7	1.0	52.3	0.8	1.3	39.5	0.8	1.7	32.3	0.8	2.0	26.3	0.9	2.3	21.7	0.9	2.7	18.2	0.9	3.1	15.3	1.0	3.5
40	111.8	0.7	0.8	80.2	0.7	1.0	59.7	0.8	1.3	45.1	0.8	1.7	36.9	0.8	2.0	30.1	0.9	2.3	24.8	0.9	2.7	20.8	0.9	3.1	17.5	1.0	3.5
45	125.8	0.7	0.8	90.2	0.7	1.0	67.2	0.8	1.3	50.8	0.8	1.7	41.5	0.8	2.0	33.8	0.9	2.3	27.9	0.9	2.7	23.3	0.9	3.1	19.7	1.0	3.5
50	139.8	0.7	0.8	100.2	0.7	1.0	74.7	0.8	1.3	56.4	0.8	1.7	46.1	0.8	2.0	37.6	0.9	2.3	31.0	0.9	2.7	25.9	0.9	3.1	21.9	1.0	3.5
55	153.8	0.7	0.8	110.2	0.7	1.0	82.1	0.8	1.3	62.1	0.8	1.7	50.7	0.8	2.0	41.3	0.9	2.3	34.1	0.9	2.7	28.5	0.9	3.1	24.0	1.0	3.5
60	167.8	0.7	0.8	120.2	0.7	1.0	89.6	0.8	1.3	67.7	0.8	1.7	55.3	0.8	2.0	45.1	0.9	2.3	37.2	0.9	2.7	31.1	0.9	3.1	26.2	1.0	3.5
65	181.7	0.7	0.8	130.3	0.7	1.0	97.0	0.8	1.3	73.3	0.8	1.7	60.0	0.8	2.0	48.8	0.9	2.3	40.3	0.9	2.7	33.7	0.9	3.1	28.4	1.0	3.5
70	195.7	0.7	0.8	140.3	0.7	1.0	104.5	0.8	1.3	79.0	0.8	1.7	64.6	0.8	2.0	52.6	0.9	2.3	43.4	0.9	2.7	36.3	0.9	3.1	30.6	1.0	3.5
75	209.7	0.7	0.8	150.3	0.7	1.0	112.0	0.8	1.3	84.6	0.8	1.7	69.2	0.8	2.0	56.3	0.9	2.3	46.5	0.9	2.7	38.9	0.9	3.1	32.8	1.0	3.5
80	223.7	0.7	0.8	160.3	0.7	1.0	119.4	0.8	1.3	90.3	0.8	1.7	73.8	0.8	2.0	60.1	0.9	2.3	49.6	0.9	2.7	41.4	0.9	3.1	35.0	1.0	3.5
85	237.7	0.7	0.8	170.3	0.7	1.0	126.9	0.8	1.3	95.9	0.8	1.7	78.4	0.8	2.0	63.8	0.9	2.3	52.7	0.9	2.7	44.0	0.9	3.1	37.1	1.0	3.5
90	251.6	0.7	0.8	180.3	0.7	1.0	134.4	0.8	1.3	101.6	0.8	1.7	83.0	0.8	2.0	67.6	0.9	2.3	55.8	0.9	2.7	46.6	0.9	3.1	37.3	1.0	3.5
95	265.6	0.7	0.8	190.4	0.7	1.0	141.8	0.8	1.3	107.2	0.8	1.7	87.6	0.8	2.0	71.3	0.9	2.3	58.9	0.9	2.7	49.2	0.9	3.1	41.5	1.0	3.5
100	279.6	0.7	0.8	200.4	0.7	1.0	149.3	0.8	1.3	112.8	0.8	1.7	92.2	0.8	2.0	75.1	0.9	2.3	62.0	0.9	2.7	51.8	0.9	3.1	43.7	1.0	3.5
105	293.6	0.7	0.8	210.4	0.7	1.0	156.8	0.8	1.3	118.5	0.8	1.7	96.8	0.8	2.0	78.9	0.9	2.3	65.1	0.9	2.7	54.4	0.9	3.1	45.9	1.0	3.5
110	307.6	0.7	0.8	220.4	0.7	1.0	164.2	0.8	1.3	124.1	0.8	1.7	101.4	0.8	2.0	82.6	0.9	2.3	68.2	0.9	2.7	57.0	0.9	3.1	48.0	1.0	3.5
115	321.5	0.7	0.8	230.4	0.7	1.0	171.7	0.8	1.3	129.8	0.8	1.7	106.1	0.8	2.0	86.4	0.9	2.3	71.3	0.9	2.7	59.6	0.9	3.1	50.2	1.0	3.5
120	335.5	0.7	0.8	240.5	0.7	1.0	179.1	0.8	1.3	135.4	0.8	1.7	110.7	0.8	2.0	90.1	0.9	2.3	74.4	0.9	2.7	62.2	0.9	3.1	52.4	1.0	3.5
125	349.5	0.7	0.8	250.5	0.7	1.0	186.6	0.8	1.3	141.0	0.8	1.7	115.3	0.8	2.0	93.9	0.9	2.3	77.5	0.9	2.7	64.7	0.9	3.1	54.6	1.0	3.5
130	363.5	0.7	0.8	260.5	0.7	1.0	194.1	0.8	1.3	146.7	0.8	1.7	119.9	0.8	2.0	97.6	0.9	2.3	80.6	0.9	2.7	67.3	0.9	3.1	56.8	1.0	3.5
135	377.5	0.7	0.8	270.5	0.7	1.0	201.5	0.8	1.3	152.3	0.8	1.7	124.5	0.8	2.0	101.4	0.9	2.3	83.7	0.9	2.7	69.9	0.9	3.1	59.0	1.0	3.5
140	391.5	0.7	0.8	280.5	0.7	1.0	209.0	0.8	1.3	158.0	0.8	1.7	129.1	0.8	2.0	105.1	0.9	2.3	86.8	0.9	2.7	72.5	0.9	3.1	61.1	1.0	3.5
145	405.4	0.7	0.8	290.6	0.7	1.0	216.5	0.8	1.3	163.6	0.8	1.7	133.7	0.8	2.0	108.9	0.9	2.3	89.9	0.9	2.7	75.1	0.9	3.1	63.3	1.0	3.5
150	419.4	0.7	0.8	300.6	0.7	1.0	223.9	0.8	1.3	169.3	0.8	1.7	138.3	0.8	2.0	112.6	0.9	2.3	93.0	0.9	2.7	77.7	0.9	3.1	65.5	1.0	3.5

EXHIBIT 7-4 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "B")

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "B"

Q CFS	GRADE 10.00 PERCENT																										
	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			V1=3.5			V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0		
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2
5	15.3	0.6	0.8	11.1	0.7	1.0	8.1	0.7	1.3	6.3	0.7	1.6	4.8	0.8	1.9	4.0	0.9	2.2	3.1	1.0	2.4						
10	30.6	0.6	0.8	22.1	0.7	1.0	16.5	0.7	1.3	12.8	0.7	1.6	10.0	0.8	2.0	8.4	0.8	2.2	6.9	0.8	2.6	5.7	0.9	2.9	4.7	1.0	3.3
15	45.9	0.6	0.8	33.2	0.7	1.0	24.7	0.7	1.3	19.2	0.7	1.6	15.0	0.8	2.0	12.7	0.8	2.2	10.5	0.8	2.6	8.7	0.9	3.0	7.3	0.9	3.3
20	61.2	0.6	0.8	44.2	0.7	1.0	32.9	0.7	1.3	25.6	0.7	1.6	20.0	0.8	2.0	17.0	0.8	2.2	14.1	0.8	2.6	11.8	0.9	3.0	9.8	0.9	3.4
25	76.5	0.6	0.8	55.3	0.7	1.0	41.1	0.7	1.3	32.0	0.7	1.6	25.0	0.8	2.0	21.2	0.8	2.3	17.6	0.8	2.6	14.7	0.9	3.0	12.5	0.9	3.4
30	91.8	0.6	0.8	66.3	0.7	1.0	49.3	0.7	1.3	38.3	0.7	1.6	29.9	0.8	2.0	25.4	0.8	2.3	21.1	0.8	2.6	17.7	0.8	3.0	15.0	0.9	3.3
35	107.1	0.6	0.8	77.4	0.7	1.0	57.5	0.7	1.3	44.7	0.7	1.6	34.9	0.8	2.0	29.7	0.8	2.3	24.6	0.8	2.6	20.6	0.8	3.0	17.5	0.9	3.4
40	122.4	0.6	0.8	88.4	0.7	1.0	65.7	0.7	1.3	51.1	0.7	1.6	39.9	0.8	2.0	33.9	0.8	2.3	28.1	0.8	2.6	23.5	0.8	3.0	20.0	0.9	3.4
45	137.8	0.6	0.8	99.5	0.7	1.0	73.9	0.7	1.3	57.5	0.7	1.6	44.9	0.8	2.0	38.0	0.8	2.3	31.6	0.8	2.6	26.5	0.8	3.0	22.5	0.9	3.4
50	153.1	0.6	0.8	110.6	0.7	1.0	82.7	0.7	1.3	63.9	0.7	1.6	49.9	0.8	2.0	42.2	0.8	2.3	35.1	0.8	2.6	29.4	0.8	3.0	25.0	0.9	3.4
55	168.4	0.6	0.8	121.6	0.7	1.0	90.3	0.7	1.3	70.3	0.7	1.6	54.9	0.8	2.0	46.4	0.8	2.3	38.6	0.8	2.6	32.3	0.8	3.0	27.5	0.9	3.4
60	183.7	0.6	0.8	132.7	0.7	1.0	98.5	0.7	1.3	76.7	0.7	1.6	59.9	0.8	2.0	50.7	0.8	2.3	42.1	0.8	2.6	35.3	0.8	3.0	30.0	0.9	3.4
65	199.0	0.6	0.8	143.7	0.7	1.0	106.7	0.7	1.3	83.1	0.7	1.6	64.8	0.8	2.0	54.9	0.8	2.3	45.6	0.8	2.6	38.2	0.8	3.0	32.5	0.9	3.4
70	214.3	0.6	0.8	154.8	0.7	1.0	115.0	0.7	1.3	89.4	0.7	1.6	69.8	0.8	2.0	59.1	0.8	2.3	49.1	0.8	2.6	41.2	0.8	3.0	35.0	0.9	3.4
75	229.6	0.6	0.8	165.8	0.7	1.0	123.2	0.7	1.3	95.8	0.7	1.6	74.8	0.8	2.0	63.3	0.8	2.3	52.6	0.8	2.6	44.1	0.8	3.0	37.4	0.9	3.4
80	244.9	0.6	0.8	176.9	0.7	1.0	131.4	0.7	1.3	102.2	0.7	1.6	79.8	0.8	2.0	67.6	0.8	2.3	56.1	0.8	2.6	47.0	0.8	3.0	39.8	0.9	3.4
85	260.2	0.6	0.8	187.9	0.7	1.0	139.6	0.7	1.3	108.6	0.7	1.6	84.8	0.8	2.0	71.8	0.8	2.3	59.6	0.8	2.6	50.0	0.8	3.0	42.3	0.9	3.4
90	275.5	0.6	0.8	199.0	0.7	1.0	147.8	0.7	1.3	115.0	0.7	1.6	89.8	0.8	2.0	76.0	0.8	2.3	63.1	0.8	2.6	52.9	0.8	3.0	44.8	0.9	3.4
95	290.8	0.6	0.8	210.0	0.7	1.0	156.0	0.7	1.3	121.4	0.7	1.6	94.8	0.8	2.0	80.2	0.8	2.3	66.6	0.8	2.6	55.8	0.8	3.0	47.3	0.9	3.4
100	306.1	0.6	0.8	221.1	0.7	1.0	164.2	0.7	1.3	127.8	0.7	1.6	99.8	0.8	2.0	84.4	0.8	2.3	70.1	0.8	2.6	58.8	0.8	3.0	49.7	0.9	3.4
105	321.4	0.6	0.8	232.2	0.7	1.0	172.4	0.7	1.3	134.2	0.7	1.6	104.7	0.8	2.0	88.7	0.8	2.3	73.6	0.8	2.6	61.7	0.8	3.0	52.2	0.9	3.4
110	336.7	0.6	0.8	243.2	0.7	1.0	180.6	0.7	1.3	140.5	0.7	1.6	109.7	0.8	2.0	92.9	0.8	2.3	77.1	0.8	2.6	64.7	0.8	3.0	54.7	0.9	3.4
115	352.0	0.6	0.8	254.3	0.7	1.0	188.8	0.7	1.3	146.9	0.7	1.6	114.7	0.8	2.0	97.1	0.8	2.3	80.6	0.8	2.6	67.6	0.8	3.0	57.2	0.9	3.4
120	367.3	0.6	0.8	265.3	0.7	1.0	197.1	0.7	1.3	153.3	0.7	1.6	119.7	0.8	2.0	101.3	0.8	2.3	84.1	0.8	2.6	70.5	0.8	3.0	59.7	0.9	3.4
125	382.6	0.6	0.8	276.4	0.7	1.0	205.3	0.7	1.3	159.7	0.7	1.6	124.7	0.8	2.0	105.5	0.8	2.3	87.6	0.8	2.6	73.5	0.8	3.0	62.2	0.9	3.4
130	397.9	0.6	0.8	287.4	0.7	1.0	213.5	0.7	1.3	166.1	0.7	1.6	129.7	0.8	2.0	109.8	0.8	2.3	91.1	0.8	2.6	76.4	0.8	3.0	64.7	0.9	3.4
135	413.2	0.6	0.8	298.5	0.7	1.0	221.7	0.7	1.3	172.5	0.7	1.6	134.7	0.8	2.0	114.0	0.8	2.3	94.6	0.8	2.6	79.3	0.8	3.0	67.2	0.9	3.4
140	428.6	0.6	0.8	309.5	0.7	1.0	229.9	0.7	1.3	178.9	0.7	1.6	139.7	0.8	2.0	118.2	0.8	2.3	98.1	0.8	2.6	82.3	0.8	3.0	69.6	0.9	3.4
145	443.9	0.6	0.8	320.6	0.7	1.0	238.1	0.7	1.3	185.3	0.7	1.6	144.6	0.8	2.0	122.4	0.8	2.3	101.7	0.8	2.6	85.2	0.8	3.0	72.1	0.9	3.4
150	459.2	0.6	0.8	331.7	0.7	1.0	246.3	0.7	1.3	191.6	0.7	1.6	149.6	0.8	2.0	126.7	0.8	2.3	105.2	0.8	2.6	88.2	0.8	3.0	74.6	0.9	3.4

EXHIBIT 7-4 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "B")

(SHEET 14 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "C"

Q CFS	GRADE 0.25 PERCENT																													
	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			V1=3.5			V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0					
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2
5																														
10																														
15																														
20																														
25																														
30	9.3	2.3	1.7																											
35	11.7	2.2	1.8																											
40	14.1	2.1	1.7																											
45	16.3	2.1	1.8																											
50	18.5	2.1	1.8	10.4	2.8	2.3																								
55	20.7	2.1	1.8	12.3	2.6	2.3																								
60	22.9	2.1	1.8	13.8	2.6	2.3																								
65	25.0	2.0	1.8	15.3	2.5	2.3																								
70	27.2	2.0	1.8	16.8	2.5	2.3	10.4	3.4	2.8																					
75	29.3	2.0	1.8	18.2	2.5	2.3	12.1	3.1	2.8																					
80	31.9	2.0	1.7	19.7	2.4	2.3	13.5	3.0	2.8																					
85	34.0	2.0	1.7	21.1	2.4	2.3	14.7	2.9	2.8																					
90	36.1	2.0	1.7	22.5	2.4	2.3	15.8	2.9	2.8																					
95	38.2	2.0	1.7	23.9	2.4	2.3	16.9	2.8	2.8																					
100	40.3	2.0	1.7	25.3	2.4	2.3	18.0	2.8	2.8																					
105	42.4	2.0	1.7	26.7	2.4	2.3	19.1	2.8	2.8																					
110	44.6	2.0	1.7	28.1	2.4	2.3	20.2	2.8	2.8																					
115	46.7	2.0	1.7	29.5	2.4	2.3	21.3	2.8	2.8	12.9	3.8	3.4																		
120	48.8	2.0	1.7	30.8	2.4	2.3	22.3	2.8	2.8	14.0	3.7	3.4																		
125	50.9	2.0	1.7	32.2	2.4	2.3	23.4	2.8	2.8	15.3	3.5	3.4																		
130	53.0	2.0	1.8	33.6	2.4	2.3	24.4	2.8	2.8	16.1	3.5	3.4																		
135	55.1	2.0	1.8	35.0	2.4	2.3	25.5	2.8	2.8	16.9	3.4	3.4																		
140	57.3	2.0	1.8	36.4	2.4	2.3	26.5	2.7	2.8	17.7	3.4	3.4																		
145	59.4	2.0	1.8	38.3	2.4	2.3	27.6	2.7	2.8	18.5	3.4	3.4																		
150	61.5	2.0	1.8	39.7	2.4	2.3	28.6	2.7	2.8	19.3	3.3	3.4																		
155	63.6	2.0	1.8	41.1	2.4	2.3	29.6	2.7	2.8	20.1	3.3	3.4																		

EXHIBIT 7-5 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "C")

(SHEET 1 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH (D) AND V2 FOR RETARDANCE "C"

q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			0.50 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0				
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D
5																													
10																													
15	8.4	1.6	1.7																										
20	11.7	1.5	1.7	7.1	2.0	2.2																							
25	14.9	1.5	1.7	9.7	1.8	2.2																							
30	18.0	1.5	1.7	12.0	1.7	2.2																							
35	21.0	1.5	1.7	14.2	1.7	2.2	9.3	2.1	2.7																				
40	24.4	1.5	1.7	16.3	1.7	2.2	10.9	2.0	2.7																				
45	27.4	1.5	1.7	18.5	1.7	2.2	12.5	2.0	2.7																				
50	30.5	1.5	1.7	20.6	1.7	2.2	14.7	1.9	2.7	8.7	2.6	3.3																	
55	33.5	1.5	1.7	22.7	1.7	2.2	15.7	1.9	2.7	10.4	2.4	3.3																	
60	36.6	1.5	1.7	24.8	1.7	2.2	17.2	1.9	2.7	11.7	2.3	3.3																	
65	39.6	1.5	1.7	27.3	1.7	2.2	18.8	1.9	2.7	12.9	2.3	3.3																	
70	42.6	1.5	1.7	29.4	1.7	2.2	20.3	1.9	2.7	14.0	2.2	3.3	9.8	2.8	3.8														
75	45.7	1.5	1.7	31.4	1.7	2.2	21.8	1.9	2.7	15.2	2.2	3.3	11.3	2.7	3.8														
80	48.7	1.5	1.7	33.5	1.7	2.2	23.3	1.9	2.7	16.3	2.2	3.3	12.2	2.6	3.8														
85	51.7	1.5	1.7	35.6	1.6	2.2	24.8	1.9	2.7	17.4	2.2	3.3	13.2	2.5	3.8														
90	54.8	1.5	1.7	37.7	1.6	2.2	26.3	1.9	2.7	18.5	2.2	3.3	14.2	2.5	3.8														
95	57.8	1.5	1.7	39.8	1.6	2.2	27.8	1.9	2.7	19.6	2.2	3.3	15.1	2.5	3.8														
100	60.9	1.5	1.7	41.9	1.6	2.2	29.7	1.9	2.7	20.7	2.2	3.3	16.0	2.5	3.8	11.0	3.2	4.3											
105	63.9	1.5	1.7	44.0	1.6	2.2	31.2	1.9	2.7	21.8	2.2	3.3	16.9	2.5	3.8	12.3	3.0	4.3											
110	66.9	1.5	1.7	46.1	1.6	2.2	32.6	1.9	2.7	22.9	2.2	3.3	17.8	2.4	3.8	13.1	2.9	4.3											
115	70.0	1.5	1.7	48.1	1.6	2.2	34.1	1.9	2.7	24.0	2.1	3.3	18.7	2.4	3.8	13.9	2.9	4.3											
120	73.0	1.5	1.7	50.2	1.6	2.2	35.6	1.9	2.7	25.1	2.1	3.3	19.6	2.4	3.8	14.6	2.9	4.3											
125	76.1	1.5	1.7	52.3	1.6	2.2	37.1	1.9	2.7	26.2	2.1	3.3	20.5	2.4	3.8	15.4	2.8	4.3											
130	79.1	1.5	1.7	54.4	1.6	2.2	38.5	1.9	2.7	27.3	2.1	3.3	21.3	2.4	3.8	16.1	2.8	4.3											
135	82.1	1.5	1.7	56.5	1.6	2.2	40.0	1.9	2.7	28.4	2.1	3.3	22.2	2.4	3.8	16.9	2.8	4.3											
140	85.2	1.5	1.7	58.6	1.6	2.2	41.5	1.9	2.7	29.4	2.1	3.3	23.1	2.4	3.8	17.6	2.8	4.3											
145	88.2	1.5	1.7	60.7	1.6	2.2	43.0	1.9	2.7	30.5	2.1	3.3	24.0	2.4	3.8	18.3	2.8	4.3	12.3	3.7	4.9								
150	91.3	1.5	1.7	62.8	1.6	2.2	44.5	1.9	2.7	31.6	2.1	3.3	24.8	2.4	3.8	19.0	2.7	4.3	13.1	3.5	4.9								

EXHIBIT 7-5 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "C")

(SHEET 2 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "C"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			0.75 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0				
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D
5																													
10	7.0	1.3	1.6																										
15	11.0	1.3	1.6	7.1	1.5	2.1																							
20	14.9	1.3	1.6	9.9	1.4	2.1	6.1	1.9	2.6																				
25	18.9	1.2	1.6	12.7	1.4	2.1	8.6	1.6	2.7																				
30	22.7	1.2	1.6	15.3	1.4	2.1	10.6	1.6	2.6	6.7	2.1	3.2																	
35	26.5	1.2	1.6	18.0	1.4	2.1	12.6	1.6	2.7	8.7	1.9	3.2																	
40	30.2	1.2	1.6	20.6	1.4	2.1	14.5	1.6	2.7	10.3	1.8	3.2																	
45	34.0	1.2	1.6	23.5	1.4	2.1	16.4	1.5	2.7	11.8	1.8	3.2	7.8	2.3	3.8														
50	37.8	1.2	1.6	26.1	1.4	2.1	18.3	1.5	2.7	13.2	1.8	3.2	9.5	2.1	3.8														
55	41.5	1.2	1.6	28.7	1.4	2.1	20.2	1.5	2.7	14.7	1.7	3.2	10.7	2.0	3.8														
60	45.3	1.2	1.6	31.3	1.4	2.1	22.1	1.5	2.7	16.1	1.7	3.2	11.8	2.0	3.8														
65	49.1	1.2	1.6	33.9	1.4	2.1	24.3	1.5	2.6	17.6	1.7	3.2	13.0	2.0	3.8	8.5	2.6	4.4											
70	52.9	1.2	1.6	36.5	1.4	2.1	26.2	1.5	2.6	19.0	1.7	3.2	14.1	2.0	3.8	10.0	2.4	4.3											
75	56.6	1.2	1.6	39.1	1.4	2.1	28.0	1.5	2.6	20.4	1.7	3.2	15.2	2.0	3.8	11.0	2.4	4.4											
80	60.4	1.2	1.6	41.7	1.4	2.1	29.9	1.5	2.6	21.8	1.7	3.2	16.3	1.9	3.8	11.9	2.3	4.4											
85	64.2	1.2	1.6	44.3	1.4	2.1	31.8	1.5	2.6	23.2	1.7	3.2	17.4	1.9	3.8	12.8	2.3	4.4	9.1	2.9	4.8								
90	67.9	1.2	1.6	46.9	1.4	2.1	33.6	1.5	2.6	24.6	1.7	3.2	18.5	1.9	3.8	13.7	2.3	4.4	10.3	2.7	4.8								
95	71.7	1.2	1.6	49.5	1.4	2.1	35.5	1.5	2.6	26.0	1.7	3.2	19.6	1.9	3.8	14.6	2.2	4.4	11.4	2.6	4.8								
100	75.5	1.2	1.6	52.1	1.4	2.1	37.3	1.5	2.6	27.8	1.7	3.2	20.7	1.9	3.8	15.4	2.2	4.4	12.2	2.6	4.8								
105	79.3	1.2	1.6	54.7	1.4	2.1	39.2	1.5	2.6	29.1	1.7	3.2	21.8	1.9	3.8	16.3	2.2	4.4	12.9	2.5	4.8								
110	83.0	1.2	1.6	57.3	1.4	2.1	41.1	1.5	2.6	30.5	1.7	3.2	22.8	1.9	3.8	17.2	2.2	4.4	13.7	2.5	4.8								
115	86.8	1.2	1.6	59.9	1.4	2.1	42.9	1.5	2.6	31.9	1.7	3.2	23.9	1.9	3.8	18.0	2.2	4.4	14.4	2.5	4.8	10.5	3.1	5.3					
120	90.6	1.2	1.6	62.5	1.4	2.1	44.8	1.5	2.7	33.3	1.7	3.2	25.0	1.9	3.8	18.9	2.2	4.4	15.2	2.5	4.8	11.4	3.0	5.3					
125	94.3	1.2	1.6	65.1	1.4	2.1	46.7	1.5	2.7	34.7	1.7	3.2	26.0	1.9	3.8	19.7	2.2	4.4	15.9	2.4	4.8	12.4	2.9	5.3					
130	98.1	1.2	1.6	67.7	1.4	2.1	48.5	1.5	2.7	36.0	1.7	3.2	27.1	1.9	3.8	20.5	2.2	4.4	16.6	2.4	4.8	13.0	2.8	5.3					
135	101.9	1.2	1.6	70.3	1.4	2.1	50.4	1.5	2.7	37.4	1.7	3.2	28.2	1.9	3.8	21.4	2.2	4.4	17.3	2.4	4.8	13.7	2.8	5.3					
140	105.7	1.2	1.6	72.9	1.4	2.1	52.2	1.5	2.7	38.8	1.7	3.2	29.3	1.9	3.8	22.2	2.2	4.4	18.0	2.4	4.9	14.3	2.8	5.3					
145	109.4	1.2	1.6	75.5	1.4	2.1	54.1	1.5	2.7	40.2	1.7	3.2	30.8	1.9	3.7	23.1	2.2	4.4	18.7	2.4	4.9	14.9	2.7	5.3					
150	113.2	1.2	1.6	78.1	1.4	2.1	56.0	1.5	2.7	41.6	1.7	3.2	31.9	1.9	3.7	23.9	2.1	4.4	19.4	2.4	4.9	15.5	2.7	5.3					

EXHIBIT 7-5 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "C")

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH (D) AND V2 FOR RETARDANCE "C"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			1.00 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0				
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D
5																													
10	8.2	1.2	1.6	5.2	1.4	2.0																							
15	12.6	1.1	1.6	8.7	1.3	2.1	5.5	1.6	2.6																				
20	17.1	1.1	1.6	11.8	1.2	2.1	8.2	1.4	2.6																				
25	21.4	1.1	1.6	14.9	1.2	2.1	10.5	1.4	2.6	7.3	1.6	3.1																	
30	25.7	1.1	1.6	18.0	1.2	2.1	12.8	1.4	2.6	9.1	1.6	3.2																	
35	29.9	1.1	1.6	21.2	1.2	2.1	15.0	1.3	2.6	10.9	1.5	3.1	7.8	1.8	3.7														
40	34.2	1.1	1.6	24.3	1.2	2.1	17.3	1.3	2.6	12.6	1.5	3.1	9.2	1.7	3.7														
45	38.5	1.1	1.6	27.3	1.2	2.1	19.5	1.3	2.6	14.3	1.5	3.1	10.6	1.7	3.7	7.2	2.2	4.3											
50	42.7	1.1	1.6	30.3	1.2	2.1	21.9	1.3	2.6	16.0	1.5	3.2	11.9	1.7	3.7	8.8	2.0	4.3											
55	47.0	1.1	1.6	33.3	1.2	2.1	24.1	1.3	2.6	17.7	1.5	3.2	13.3	1.7	3.7	9.9	1.9	4.3											
60	51.3	1.1	1.6	36.3	1.2	2.1	26.3	1.3	2.6	19.3	1.5	3.2	14.6	1.7	3.7	11.0	1.9	4.3											
65	55.5	1.1	1.6	39.4	1.2	2.1	28.5	1.3	2.6	21.0	1.5	3.2	15.9	1.6	3.7	12.1	1.9	4.3	8.0	2.5	4.9								
70	59.8	1.1	1.6	42.4	1.2	2.1	30.7	1.3	2.6	22.7	1.5	3.2	17.1	1.6	3.7	13.2	1.9	4.3	9.5	2.3	4.8								
75	64.1	1.1	1.6	45.4	1.2	2.1	32.9	1.3	2.6	24.6	1.5	3.1	18.5	1.6	3.7	14.2	1.8	4.3	10.4	2.2	4.9								
80	68.3	1.1	1.6	48.4	1.2	2.1	35.0	1.3	2.6	26.2	1.5	3.1	19.8	1.6	3.7	15.2	1.8	4.3	11.3	2.2	4.9								
85	72.6	1.1	1.6	51.5	1.2	2.1	37.2	1.3	2.6	27.9	1.5	3.1	21.0	1.6	3.7	16.3	1.8	4.3	12.1	2.2	4.9	8.8	2.7	5.4					
90	76.9	1.1	1.6	54.5	1.2	2.1	39.4	1.3	2.6	29.5	1.5	3.1	22.3	1.6	3.7	17.3	1.8	4.3	13.0	2.1	4.9	9.8	2.6	5.4					
95	81.1	1.1	1.6	57.5	1.2	2.1	41.6	1.3	2.6	31.1	1.5	3.1	23.6	1.6	3.7	18.3	1.8	4.3	13.8	2.1	4.9	10.9	2.5	5.3					
100	85.4	1.1	1.6	60.5	1.2	2.1	43.8	1.3	2.6	32.7	1.5	3.1	24.9	1.6	3.7	19.3	1.8	4.3	14.6	2.1	4.9	11.6	2.4	5.4					
105	89.7	1.1	1.6	63.6	1.2	2.1	46.0	1.3	2.6	34.4	1.5	3.1	26.5	1.6	3.7	20.3	1.8	4.3	15.4	2.1	4.9	12.4	2.4	5.4	9.7	2.8	5.8		
110	94.0	1.1	1.6	66.6	1.2	2.1	48.2	1.3	2.6	36.0	1.5	3.1	27.7	1.6	3.7	21.3	1.8	4.3	16.2	2.1	4.9	13.1	2.4	5.4	10.8	2.6	5.8		
115	98.2	1.1	1.6	69.6	1.2	2.1	50.4	1.3	2.6	37.6	1.5	3.1	29.0	1.6	3.7	22.3	1.8	4.3	17.0	2.1	4.9	13.8	2.3	5.4	11.5	2.6	5.8		
120	102.5	1.1	1.6	72.6	1.2	2.1	52.5	1.3	2.6	39.3	1.5	3.1	30.2	1.6	3.7	23.3	1.8	4.3	17.9	2.1	4.9	14.5	2.3	5.4	12.2	2.6	5.8		
125	106.8	1.1	1.6	75.7	1.2	2.1	54.7	1.3	2.6	40.9	1.5	3.1	31.5	1.6	3.7	24.3	1.8	4.3	18.7	2.1	4.9	15.2	2.3	5.4	12.8	2.5	5.8		
130	111.0	1.1	1.6	78.7	1.2	2.1	56.9	1.3	2.6	42.5	1.5	3.1	32.7	1.6	3.7	25.3	1.8	4.3	19.4	2.1	4.9	15.9	2.3	5.4	13.4	2.5	5.8		
135	115.3	1.1	1.6	81.7	1.2	2.1	59.1	1.3	2.6	44.2	1.5	3.1	34.0	1.6	3.7	26.3	1.8	4.3	20.2	2.0	4.9	16.6	2.3	5.4	14.1	2.5	5.8		
140	119.6	1.1	1.6	84.7	1.2	2.1	61.3	1.3	2.6	45.8	1.5	3.1	35.2	1.6	3.7	27.3	1.8	4.3	21.0	2.0	4.9	17.2	2.3	5.4	14.7	2.5	5.8		
145	123.8	1.1	1.6	87.8	1.2	2.1	63.5	1.3	2.6	47.5	1.5	3.1	36.5	1.6	3.7	28.7	1.8	4.3	21.8	2.0	4.9	17.9	2.3	5.4	15.3	2.5	5.8		
150	128.1	1.1	1.6	90.8	1.2	2.1	65.7	1.3	2.6	49.1	1.5	3.1	37.8	1.6	3.7	29.7	1.8	4.3	22.6	2.0	4.9	18.6	2.3	5.4	15.9	2.4	5.8		

EXHIBIT 7-5 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "C")

(SHEET 4 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH (D) AND V2' FOR RETARDANCE "C"

Q CFS	GRADE 1.25 PERCENT V1=4.0																										
	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			V1=3.5			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0					
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2
5	4.1	1.2	1.5																								
10	9.4	1.0	1.5	6.3	1.2	2.0																					
15	14.3	1.0	1.6	9.9	1.1	2.0	6.8	1.3	2.6																		
20	19.4	1.0	1.5	13.4	1.1	2.0	9.5	1.2	2.6	6.7	1.4	3.1															
25	24.2	1.0	1.5	17.0	1.1	2.0	12.1	1.2	2.6	8.8	1.4	3.1	5.9	1.7	3.6												
30	29.0	1.0	1.6	20.4	1.1	2.0	14.6	1.2	2.6	10.7	1.4	3.1	7.8	1.6	3.7												
35	33.8	1.0	1.6	23.8	1.1	2.0	17.1	1.2	2.6	12.7	1.3	3.1	9.4	1.5	3.7	6.5	1.9	4.2									
40	38.6	1.0	1.6	27.1	1.1	2.0	19.8	1.2	2.5	14.6	1.3	3.1	10.9	1.5	3.7	8.1	1.7	4.2									
45	43.5	1.0	1.6	30.5	1.1	2.0	22.3	1.2	2.5	16.5	1.3	3.1	12.5	1.5	3.7	9.4	1.7	4.2									
50	48.3	1.0	1.6	33.9	1.1	2.0	24.8	1.2	2.5	18.3	1.3	3.1	13.9	1.5	3.7	10.6	1.7	4.2	7.7	2.0	4.8						
55	53.1	1.0	1.6	37.3	1.1	2.0	27.2	1.2	2.6	20.5	1.3	3.1	15.4	1.5	3.7	11.8	1.6	4.3	9.0	1.9	4.8						
60	57.9	1.0	1.6	40.7	1.1	2.0	29.7	1.2	2.6	22.3	1.3	3.1	16.9	1.5	3.7	13.0	1.6	4.3	10.1	1.9	4.8						
65	62.8	1.0	1.6	44.1	1.1	2.0	32.2	1.2	2.6	24.2	1.3	3.1	18.3	1.5	3.7	14.2	1.6	4.3	11.1	1.8	4.8	8.0	2.3	5.3			
70	67.6	1.0	1.6	47.5	1.1	2.0	34.6	1.2	2.6	26.0	1.3	3.1	19.8	1.4	3.7	15.4	1.6	4.3	12.0	1.8	4.8	9.3	2.1	5.3			
75	72.4	1.0	1.6	50.8	1.1	2.0	37.1	1.2	2.6	27.9	1.3	3.1	21.2	1.4	3.7	16.5	1.6	4.3	13.0	1.8	4.8	10.1	2.1	5.3			
80	77.2	1.0	1.6	54.2	1.1	2.0	39.6	1.2	2.6	29.7	1.3	3.1	23.0	1.4	3.6	17.7	1.6	4.3	14.0	1.8	4.8	11.0	2.0	5.3			
85	82.1	1.0	1.6	57.6	1.1	2.0	42.0	1.2	2.6	31.6	1.3	3.1	24.4	1.4	3.6	18.8	1.6	4.3	14.9	1.8	4.8	11.8	2.0	5.3			
90	86.9	1.0	1.6	61.0	1.1	2.0	44.5	1.2	2.6	33.5	1.3	3.1	25.8	1.4	3.6	20.0	1.6	4.3	15.9	1.8	4.8	12.6	2.0	5.3	9.1	2.5	5.9
95	91.7	1.0	1.6	64.4	1.1	2.0	47.0	1.2	2.6	35.3	1.3	3.1	27.3	1.4	3.6	21.1	1.6	4.3	16.8	1.8	4.8	13.4	2.0	5.4	10.2	2.4	5.9
100	96.6	1.0	1.6	67.8	1.1	2.0	49.4	1.2	2.6	37.2	1.3	3.1	28.7	1.4	3.6	22.3	1.6	4.3	17.7	1.8	4.8	14.2	2.0	5.4	10.9	2.3	5.9
105	101.4	1.0	1.6	71.2	1.1	2.0	51.9	1.2	2.6	39.0	1.3	3.1	30.1	1.4	3.6	23.4	1.6	4.3	18.7	1.8	4.8	15.0	2.0	5.4	11.6	2.3	5.9
110	106.2	1.0	1.6	74.6	1.1	2.0	54.4	1.2	2.6	40.9	1.3	3.1	31.6	1.4	3.6	24.6	1.6	4.3	19.6	1.7	4.8	15.8	2.0	5.4	12.3	2.3	5.9
115	111.0	1.0	1.6	78.0	1.1	2.0	56.8	1.2	2.6	42.7	1.3	3.1	33.0	1.4	3.6	26.1	1.6	4.2	20.5	1.7	4.8	16.6	1.9	5.4	13.0	2.2	5.9
120	115.9	1.0	1.6	81.3	1.1	2.0	59.3	1.2	2.6	44.6	1.3	3.1	34.4	1.4	3.6	27.2	1.6	4.2	21.5	1.7	4.8	17.3	1.9	5.4	13.6	2.2	5.9
125	120.7	1.0	1.6	84.7	1.1	2.0	61.8	1.2	2.6	46.4	1.3	3.1	35.9	1.4	3.6	28.3	1.6	4.2	22.4	1.7	4.8	18.1	1.9	5.4	14.3	2.2	5.9
130	125.5	1.0	1.6	88.1	1.1	2.0	64.3	1.2	2.6	48.3	1.3	3.1	37.3	1.4	3.7	29.5	1.6	4.2	23.3	1.7	4.8	18.9	1.9	5.4	14.9	2.2	5.9
135	130.3	1.0	1.6	91.5	1.1	2.0	66.7	1.2	2.6	50.2	1.3	3.1	38.7	1.4	3.7	30.6	1.6	4.2	24.2	1.7	4.8	19.6	1.9	5.4	15.6	2.2	5.9
140	135.2	1.0	1.6	94.9	1.1	2.0	69.2	1.2	2.6	52.0	1.3	3.1	40.2	1.4	3.7	31.7	1.6	4.2	25.1	1.7	4.8	20.4	1.9	5.4	16.2	2.2	5.9
145	140.0	1.0	1.6	98.3	1.1	2.0	71.7	1.2	2.6	53.9	1.3	3.1	41.6	1.4	3.7	32.9	1.6	4.2	26.1	1.7	4.8	21.2	1.9	5.4	16.9	2.2	5.9
150	144.8	1.0	1.6	101.7	1.1	2.0	74.1	1.2	2.6	55.7	1.3	3.1	43.0	1.4	3.7	34.0	1.6	4.2	27.0	1.7	4.8	21.9	1.9	5.4	17.5	2.2	5.9

EXHIBIT 7-5 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "C")

(SHEET 5 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "C"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			1.50 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0				
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D
5	4.9	1.0	1.5																										
10	10.5	0.9	1.5	7.1	1.1	2.0	4.6	1.3	2.5																				
15	16.0	0.9	1.5	10.9	1.0	2.0	7.8	1.1	2.5	5.3	1.4	3.1																	
20	21.3	0.9	1.5	14.7	1.0	2.0	10.6	1.1	2.5	7.7	1.3	3.1	5.1	1.6	3.6														
25	26.6	0.9	1.5	18.6	1.0	2.0	13.4	1.1	2.5	9.9	1.2	3.1	7.3	1.4	3.6														
30	31.9	0.9	1.5	22.3	1.0	2.0	16.2	1.1	2.5	12.0	1.2	3.1	9.0	1.4	3.6	6.6	1.6	4.2											
35	37.3	0.9	1.5	26.0	1.0	2.0	19.1	1.1	2.5	14.1	1.2	3.1	10.7	1.4	3.6	8.1	1.5	4.2											
40	42.6	0.9	1.5	29.7	1.0	2.0	21.8	1.1	2.5	16.2	1.2	3.1	12.4	1.3	3.6	9.5	1.5	4.2	6.9	1.8	4.7								
45	47.9	0.9	1.5	33.4	1.0	2.0	24.5	1.1	2.5	18.3	1.2	3.1	14.0	1.3	3.6	10.8	1.5	4.2	8.3	1.7	4.7								
50	53.2	0.9	1.5	37.1	1.0	2.0	27.3	1.1	2.5	20.6	1.2	3.0	15.7	1.3	3.6	12.1	1.5	4.2	9.4	1.7	4.8								
55	58.5	0.9	1.5	40.8	1.0	2.0	30.0	1.1	2.5	22.7	1.2	3.0	17.3	1.3	3.6	13.4	1.5	4.2	10.5	1.6	4.8	8.1	1.9	5.3					
60	63.8	0.9	1.5	44.5	1.0	2.0	32.7	1.1	2.5	24.7	1.2	3.0	18.9	1.3	3.6	14.7	1.4	4.2	11.6	1.6	4.8	9.1	1.9	5.3					
65	69.2	0.9	1.5	48.2	1.0	2.0	35.4	1.1	2.5	26.8	1.2	3.1	20.8	1.3	3.6	16.0	1.4	4.2	12.7	1.6	4.8	10.0	1.8	5.3					
70	74.5	0.9	1.5	51.9	1.0	2.0	38.2	1.1	2.5	28.8	1.2	3.1	22.4	1.3	3.6	17.3	1.4	4.2	13.7	1.6	4.8	10.9	1.8	5.3	8.2	2.2	5.8		
75	79.8	0.9	1.5	55.6	1.0	2.0	40.9	1.1	2.5	30.9	1.2	3.1	23.9	1.3	3.6	18.6	1.4	4.2	14.8	1.6	4.8	11.8	1.8	5.3	9.3	2.1	5.8		
80	85.1	0.9	1.5	59.4	1.0	2.0	43.6	1.1	2.5	32.9	1.2	3.1	25.5	1.3	3.6	19.9	1.4	4.2	15.8	1.6	4.8	12.7	1.8	5.3	10.1	2.0	5.9		
85	90.4	0.9	1.5	63.1	1.0	2.0	46.3	1.1	2.5	35.0	1.2	3.1	27.1	1.3	3.6	21.2	1.4	4.2	16.9	1.6	4.8	13.6	1.8	5.3	10.9	2.0	5.9		
90	95.8	0.9	1.5	66.8	1.0	2.0	49.0	1.1	2.5	37.1	1.2	3.1	28.7	1.3	3.6	22.8	1.4	4.1	17.9	1.6	4.8	14.5	1.8	5.3	11.6	2.0	5.9		
95	101.1	0.9	1.5	70.5	1.0	2.0	51.8	1.1	2.5	39.1	1.2	3.1	30.3	1.3	3.6	24.0	1.4	4.2	18.9	1.6	4.8	15.3	1.7	5.3	12.4	2.0	5.9		
100	106.4	0.9	1.5	74.2	1.0	2.0	54.5	1.1	2.5	41.2	1.2	3.1	31.9	1.3	3.6	25.3	1.4	4.2	20.0	1.6	4.8	16.2	1.7	5.3	13.1	1.9	5.9		
105	111.7	0.9	1.5	77.9	1.0	2.0	57.2	1.1	2.5	43.2	1.2	3.1	33.5	1.3	3.6	26.5	1.4	4.2	21.0	1.6	4.8	17.0	1.7	5.3	13.9	1.9	5.9		
110	117.0	0.9	1.5	81.6	1.0	2.0	59.9	1.1	2.5	45.3	1.2	3.1	35.1	1.3	3.6	27.8	1.4	4.2	22.0	1.6	4.8	17.9	1.7	5.3	14.6	1.9	5.9		
115	122.4	0.9	1.5	85.3	1.0	2.0	62.6	1.1	2.5	47.3	1.2	3.1	36.7	1.3	3.6	29.1	1.4	4.2	23.1	1.6	4.8	18.8	1.7	5.3	15.3	1.9	5.9		
120	127.7	0.9	1.5	89.0	1.0	2.0	65.4	1.1	2.5	49.4	1.2	3.1	38.3	1.3	3.6	30.3	1.4	4.2	24.1	1.6	4.8	19.6	1.7	5.3	16.1	1.9	5.9		
125	133.0	0.9	1.5	92.7	1.0	2.0	68.1	1.1	2.5	51.4	1.2	3.1	39.9	1.3	3.6	31.6	1.4	4.2	25.4	1.6	4.8	20.5	1.7	5.3	16.8	1.9	5.9		
130	138.3	0.9	1.5	96.4	1.0	2.0	70.8	1.1	2.5	53.5	1.2	3.1	41.4	1.3	3.6	32.8	1.4	4.2	26.4	1.6	4.8	21.3	1.7	5.3	17.5	1.9	5.9		
135	143.6	0.9	1.5	100.1	1.0	2.0	73.5	1.1	2.5	55.6	1.2	3.1	43.0	1.3	3.6	34.1	1.4	4.2	27.4	1.6	4.8	22.2	1.7	5.3	18.2	1.9	5.9		
140	149.0	0.9	1.5	103.9	1.0	2.0	76.3	1.1	2.5	57.6	1.2	3.1	44.6	1.3	3.6	35.3	1.4	4.2	28.5	1.6	4.8	23.0	1.7	5.3	18.9	1.9	5.9		
145	154.3	0.9	1.5	107.6	1.0	2.0	79.0	1.1	2.5	59.7	1.2	3.1	46.2	1.3	3.6	36.6	1.4	4.2	29.5	1.6	4.8	23.8	1.7	5.3	19.7	1.9	5.9		
150	159.6	0.9	1.5	111.3	1.0	2.0	81.7	1.1	2.5	61.7	1.2	3.1	47.8	1.3	3.6	37.9	1.4	4.2	30.5	1.6	4.8	24.7	1.7	5.3	20.4	1.9	5.9		

EXHIBIT 7-5 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "C")

(SHEET 6 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH (D) AND V2 FOR RETARDANCE "C"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			1.75 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0			
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	
5	5.4	0.9	1.5																									
10	11.4	0.9	1.5	7.7	1.0	2.0	5.4	1.1	2.5																			
15	17.3	0.9	1.5	11.8	1.0	2.0	8.6	1.1	2.5	6.2	1.2	3.0																
20	23.1	0.9	1.5	16.0	0.9	2.0	11.6	1.0	2.5	8.6	1.2	3.0	6.3	1.3	3.6													
25	28.8	0.9	1.5	20.0	0.9	2.0	14.6	1.0	2.5	10.9	1.1	3.0	8.2	1.3	3.6	5.9	1.5	4.1										
30	34.6	0.9	1.5	24.0	0.9	2.0	17.8	1.0	2.5	13.2	1.1	3.0	10.1	1.2	3.6	7.6	1.4	4.2										
35	40.3	0.9	1.5	28.0	0.9	2.0	20.7	1.0	2.5	15.5	1.1	3.0	11.9	1.2	3.6	9.1	1.4	4.2	6.9	1.6	4.7							
40	46.1	0.9	1.5	32.0	0.9	2.0	23.7	1.0	2.5	18.0	1.1	3.0	13.7	1.2	3.6	10.6	1.4	4.2	8.2	1.6	4.7							
45	51.9	0.9	1.5	36.0	0.9	2.0	26.6	1.0	2.5	20.2	1.1	3.0	15.4	1.2	3.6	12.0	1.3	4.2	9.4	1.5	4.7	7.0	1.8	5.3				
50	57.6	0.9	1.5	40.0	0.9	2.0	29.6	1.0	2.5	22.4	1.1	3.0	17.2	1.2	3.6	13.5	1.3	4.1	10.6	1.5	4.7	8.3	1.7	5.3				
55	63.4	0.9	1.5	44.0	0.9	2.0	32.5	1.0	2.5	24.7	1.1	3.0	19.2	1.2	3.6	14.9	1.3	4.1	11.8	1.5	4.7	9.3	1.7	5.3	6.7	2.1	5.8	
60	69.1	0.9	1.5	48.0	0.9	2.0	35.5	1.0	2.5	26.9	1.1	3.0	20.9	1.2	3.6	16.3	1.3	4.1	12.9	1.5	4.7	10.3	1.6	5.3	8.1	1.9	5.8	
65	74.9	0.9	1.5	52.0	0.9	2.0	38.4	1.0	2.5	29.2	1.1	3.0	22.7	1.2	3.6	17.7	1.3	4.1	14.1	1.5	4.7	11.3	1.6	5.3	9.0	1.9	5.8	
70	80.7	0.9	1.5	56.0	0.9	2.0	41.4	1.0	2.5	31.4	1.1	3.0	24.4	1.2	3.6	19.1	1.3	4.1	15.2	1.5	4.7	12.3	1.6	5.3	9.8	1.8	5.8	
75	86.4	0.9	1.5	60.0	0.9	2.0	44.3	1.0	2.5	33.6	1.1	3.0	26.1	1.2	3.6	20.5	1.3	4.1	16.4	1.4	4.7	13.2	1.6	5.3	10.7	1.8	5.8	
80	92.2	0.9	1.5	63.9	0.9	2.0	47.3	1.0	2.5	35.9	1.1	3.0	27.9	1.2	3.6	22.2	1.3	4.1	17.5	1.4	4.7	14.2	1.6	5.3	11.5	1.8	5.8	
85	97.9	0.9	1.5	67.9	0.9	2.0	50.2	1.0	2.5	38.1	1.1	3.0	29.6	1.2	3.6	23.5	1.3	4.1	18.6	1.4	4.7	15.1	1.6	5.3	12.3	1.8	5.8	
90	103.7	0.9	1.5	71.9	0.9	2.0	53.2	1.0	2.5	40.3	1.1	3.0	31.4	1.2	3.6	24.9	1.3	4.1	19.8	1.4	4.7	16.1	1.6	5.3	13.1	1.8	5.8	
95	109.5	0.9	1.5	75.9	0.9	2.0	56.1	1.0	2.5	42.6	1.1	3.0	33.1	1.2	3.6	26.3	1.3	4.1	20.9	1.4	4.7	17.0	1.6	5.3	13.9	1.7	5.8	
100	115.2	0.9	1.5	79.9	0.9	2.0	59.1	1.0	2.5	44.8	1.1	3.0	34.8	1.2	3.6	27.7	1.3	4.1	22.0	1.4	4.7	17.9	1.6	5.3	14.7	1.7	5.8	
105	121.0	0.9	1.5	83.9	0.9	2.0	62.0	1.0	2.5	47.1	1.1	3.0	36.6	1.2	3.6	29.0	1.3	4.1	23.4	1.4	4.7	18.9	1.6	5.3	15.5	1.7	5.8	
110	126.8	0.9	1.5	87.9	0.9	2.0	65.0	1.0	2.5	49.3	1.1	3.0	38.3	1.2	3.6	30.4	1.3	4.1	24.5	1.4	4.7	19.8	1.6	5.3	16.3	1.7	5.8	
115	132.5	0.9	1.5	91.9	0.9	2.0	67.9	1.0	2.5	51.5	1.1	3.0	40.1	1.2	3.6	31.8	1.3	4.1	25.6	1.4	4.7	20.7	1.6	5.3	17.1	1.7	5.9	
120	138.3	0.9	1.5	95.9	0.9	2.0	70.9	1.0	2.5	53.8	1.1	3.0	41.8	1.2	3.6	33.2	1.3	4.1	26.8	1.4	4.7	21.7	1.6	5.3	17.9	1.7	5.9	
125	144.0	0.9	1.5	99.9	0.9	2.0	73.8	1.0	2.5	56.0	1.1	3.0	43.5	1.2	3.6	34.6	1.3	4.1	27.9	1.4	4.7	22.6	1.6	5.3	18.7	1.7	5.9	
130	149.8	0.9	1.5	103.9	0.9	2.0	76.8	1.0	2.5	58.3	1.1	3.0	45.3	1.2	3.6	35.9	1.3	4.1	29.0	1.4	4.7	23.5	1.6	5.3	19.4	1.7	5.9	
135	155.6	0.9	1.5	107.9	0.9	2.0	79.7	1.0	2.5	60.5	1.1	3.0	47.0	1.2	3.6	37.3	1.3	4.1	30.1	1.4	4.7	24.5	1.6	5.3	20.2	1.7	5.9	
140	161.3	0.9	1.5	111.9	0.9	2.0	82.7	1.0	2.5	62.7	1.1	3.0	48.8	1.2	3.6	38.7	1.3	4.1	31.2	1.4	4.7	25.7	1.6	5.3	21.0	1.7	5.9	
145	167.1	0.9	1.5	115.9	0.9	2.0	85.6	1.0	2.5	65.0	1.1	3.0	50.5	1.2	3.6	40.1	1.3	4.1	32.3	1.4	4.7	26.6	1.6	5.3	21.8	1.7	5.9	
150	172.8	0.9	1.5	119.9	0.9	2.0	88.6	1.0	2.5	67.2	1.1	3.0	52.2	1.2	3.6	41.5	1.3	4.1	33.4	1.4	4.7	27.5	1.6	5.3	22.6	1.7	5.9	

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "C"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			2.00 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0				
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D
5	5.9	0.9	1.5																										
10	12.4	0.8	1.5	8.1	0.9	2.0	5.9	1.0	2.5																				
15	18.5	0.8	1.5	12.3	0.9	2.0	9.3	1.0	2.5	6.8	1.1	3.0	4.7	1.4	3.5														
20	24.7	0.8	1.5	16.7	0.9	2.0	12.5	1.0	2.5	9.4	1.1	3.0	7.0	1.2	3.6	4.7	1.5	4.1											
25	30.8	0.8	1.5	20.8	0.9	2.0	15.9	1.0	2.4	11.8	1.1	3.0	9.0	1.2	3.5	6.8	1.3	4.1											
30	37.0	0.8	1.5	25.0	0.9	2.0	19.0	1.0	2.5	14.3	1.1	3.0	11.0	1.2	3.5	8.5	1.3	4.1	6.4	1.5	4.7								
35	43.2	0.8	1.5	29.1	0.9	2.0	22.2	1.0	2.5	16.9	1.0	3.0	12.9	1.1	3.5	10.1	1.3	4.1	7.8	1.4	4.7								
40	49.3	0.8	1.5	33.3	0.9	2.0	25.3	1.0	2.5	19.3	1.0	3.0	14.8	1.1	3.5	11.6	1.3	4.1	9.1	1.4	4.7	7.1	1.6	5.2					
45	55.5	0.8	1.5	37.4	0.9	2.0	28.5	1.0	2.5	21.7	1.0	3.0	16.7	1.1	3.5	13.1	1.3	4.1	10.4	1.4	4.7	8.2	1.6	5.2					
50	61.7	0.8	1.5	41.6	0.9	2.0	31.7	1.0	2.5	24.1	1.0	3.0	18.8	1.1	3.5	14.7	1.2	4.1	11.7	1.4	4.7	9.3	1.5	5.3	7.1	1.8	5.8		
55	67.8	0.8	1.5	45.7	0.9	2.0	34.8	1.0	2.5	26.5	1.0	3.0	20.7	1.1	3.5	16.2	1.2	4.1	12.9	1.4	4.7	10.4	1.5	5.3	8.2	1.7	5.8		
60	74.0	0.8	1.5	49.9	0.9	2.0	38.0	1.0	2.5	28.9	1.0	3.0	22.6	1.1	3.5	17.7	1.2	4.1	14.1	1.4	4.7	11.4	1.5	5.3	9.2	1.7	5.8		
65	80.2	0.8	1.5	54.0	0.9	2.0	41.1	1.0	2.5	31.4	1.0	3.0	24.5	1.1	3.5	19.5	1.2	4.1	15.4	1.3	4.7	12.4	1.5	5.3	10.1	1.7	5.8		
70	86.3	0.8	1.5	58.2	0.9	2.0	44.3	1.0	2.5	33.8	1.0	3.0	26.3	1.1	3.5	21.0	1.2	4.1	16.6	1.3	4.7	13.5	1.5	5.3	11.0	1.6	5.8		
75	92.5	0.8	1.5	62.3	0.9	2.0	47.5	1.0	2.5	36.2	1.0	3.0	28.2	1.1	3.5	22.4	1.2	4.1	17.8	1.3	4.7	14.5	1.5	5.3	11.8	1.6	5.8		
80	98.7	0.8	1.5	66.5	0.9	2.0	50.6	1.0	2.5	38.6	1.0	3.0	30.1	1.1	3.5	23.9	1.2	4.1	19.0	1.3	4.7	15.5	1.5	5.3	12.7	1.6	5.8		
85	104.8	0.8	1.5	70.6	0.9	2.0	53.8	1.0	2.5	41.0	1.0	3.0	32.0	1.1	3.5	25.4	1.2	4.1	20.3	1.3	4.7	16.5	1.5	5.3	13.6	1.6	5.8		
90	111.0	0.8	1.5	74.8	0.9	2.0	57.0	1.0	2.5	43.4	1.0	3.0	33.8	1.1	3.5	26.9	1.2	4.1	21.8	1.3	4.6	17.5	1.5	5.3	14.4	1.6	5.8		
95	117.2	0.8	1.5	78.9	0.9	2.0	60.1	1.0	2.5	45.8	1.0	3.0	35.7	1.1	3.5	28.4	1.2	4.1	23.0	1.3	4.6	18.6	1.5	5.3	15.3	1.6	5.8		
100	123.3	0.8	1.5	83.1	0.9	2.0	63.3	1.0	2.5	48.2	1.0	3.0	37.6	1.1	3.5	29.9	1.2	4.1	24.2	1.3	4.6	19.6	1.5	5.3	16.2	1.6	5.8		
105	129.5	0.8	1.5	87.3	0.9	2.0	66.4	1.0	2.5	50.6	1.0	3.0	39.5	1.1	3.5	31.4	1.2	4.1	25.4	1.3	4.6	20.6	1.5	5.3	17.0	1.6	5.8		
110	135.7	0.8	1.5	91.4	0.9	2.0	69.6	1.0	2.5	53.0	1.0	3.0	41.3	1.1	3.5	32.9	1.2	4.1	26.6	1.3	4.7	21.6	1.4	5.3	17.9	1.6	5.8		
115	141.8	0.8	1.5	95.6	0.9	2.0	72.8	1.0	2.5	55.4	1.0	3.0	43.2	1.1	3.5	34.4	1.2	4.1	27.9	1.3	4.7	22.6	1.4	5.3	16.7	1.6	5.8		
120	148.0	0.8	1.5	99.7	0.9	2.0	75.9	1.0	2.5	57.9	1.0	3.0	45.1	1.1	3.5	35.9	1.2	4.1	29.1	1.3	4.7	23.9	1.4	5.2	19.5	1.6	5.8		
125	154.1	0.8	1.5	103.9	0.9	2.0	79.1	1.0	2.5	60.3	1.0	3.0	47.0	1.1	3.5	37.4	1.2	4.1	30.3	1.3	4.7	24.8	1.4	5.2	20.4	1.6	5.8		
130	160.3	0.8	1.5	108.0	0.9	2.0	82.3	1.0	2.5	62.7	1.0	3.0	48.8	1.1	3.5	38.9	1.2	4.1	31.5	1.3	4.7	25.8	1.4	5.3	21.2	1.6	5.8		
135	166.5	0.8	1.5	112.2	0.9	2.0	85.4	1.0	2.5	65.1	1.0	3.0	50.7	1.1	3.5	40.3	1.2	4.1	32.7	1.3	4.7	26.8	1.4	5.3	22.1	1.6	5.8		
140	172.6	0.8	1.5	116.3	0.9	2.0	88.6	1.0	2.5	67.5	1.0	3.0	52.6	1.1	3.5	41.8	1.2	4.1	33.9	1.3	4.7	27.8	1.4	5.3	22.9	1.6	5.8		
145	178.8	0.8	1.5	120.5	0.9	2.0	91.8	1.0	2.5	69.9	1.0	3.0	54.5	1.1	3.5	43.3	1.2	4.1	35.1	1.3	4.7	28.8	1.4	5.3	23.7	1.6	5.8		
150	185.0	0.8	1.5	124.6	0.9	2.0	94.9	1.0	2.5	72.3	1.0	3.0	56.4	1.1	3.5	44.8	1.2	4.1	36.3	1.3	4.7	29.8	1.4	5.3	24.6	1.6	5.8		

EXHIBIT 7-5 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "C")

(SHEET 8 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH (D) AND V2 FOR RETARDANCE "C"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE 3.00 PERCENT V1=3.5			V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0				
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D
5	7.4	0.7	1.4	4.9	0.8	1.9	3.2	1.0	2.3																				
10	15.1	0.7	1.4	10.2	0.8	1.9	7.6	0.8	2.4	5.7	0.9	2.9	4.0	1.1	3.4														
15	22.6	0.7	1.4	15.6	0.8	1.9	11.5	0.8	2.4	8.8	0.9	2.9	6.7	1.0	3.4	5.1	1.1	4.0											
20	30.1	0.7	1.4	20.7	0.8	1.9	15.5	0.8	2.4	11.8	0.9	2.9	9.2	0.9	3.4	7.2	1.0	4.0	5.5	1.2	4.6								
25	37.6	0.7	1.4	25.9	0.8	1.9	19.4	0.8	2.4	15.0	0.9	2.9	11.6	0.9	3.4	9.2	1.0	4.0	7.2	1.1	4.6	5.6	1.3	5.1					
30	45.1	0.7	1.4	31.1	0.8	1.9	23.3	0.8	2.4	18.0	0.9	2.9	14.0	0.9	3.4	11.1	1.0	4.0	8.9	1.1	4.6	7.1	1.2	5.2	5.3	1.5	5.7		
35	52.7	0.7	1.4	36.2	0.8	1.9	27.1	0.8	2.4	21.0	0.9	2.9	16.5	0.9	3.4	13.0	1.0	4.0	10.5	1.1	4.6	8.4	1.2	5.2	6.7	1.4	5.7		
40	60.2	0.7	1.4	41.4	0.8	1.9	31.0	0.8	2.4	24.0	0.9	2.9	18.9	0.9	3.4	14.9	1.0	4.0	12.0	1.1	4.6	9.8	1.2	5.2	7.9	1.3	5.7		
45	67.7	0.7	1.4	46.6	0.8	1.9	34.9	0.8	2.4	27.0	0.9	2.9	21.2	0.9	3.4	17.0	1.0	4.0	13.6	1.1	4.6	11.1	1.2	5.2	9.1	1.3	5.7		
50	75.2	0.7	1.4	51.8	0.8	1.9	38.8	0.8	2.4	29.9	0.9	2.9	23.6	0.9	3.4	18.9	1.0	4.0	15.2	1.1	4.6	12.4	1.2	5.2	10.2	1.3	5.7		
55	82.8	0.7	1.4	56.9	0.8	1.9	42.6	0.8	2.4	32.9	0.9	2.9	25.9	0.9	3.4	20.8	1.0	4.0	16.7	1.1	4.6	13.7	1.2	5.2	11.3	1.3	5.7		
60	90.3	0.7	1.4	62.1	0.8	1.9	46.5	0.8	2.4	35.9	0.9	2.9	28.3	0.9	3.4	22.7	1.0	4.0	18.5	1.1	4.5	14.9	1.2	5.2	12.4	1.3	5.7		
65	97.8	0.7	1.4	67.3	0.8	1.9	50.4	0.8	2.4	38.9	0.9	2.9	30.6	0.9	3.4	24.6	1.0	4.0	20.0	1.1	4.5	16.2	1.2	5.2	13.5	1.3	5.7		
70	105.3	0.7	1.4	72.4	0.8	1.9	54.3	0.8	2.4	41.9	0.9	2.9	33.0	0.9	3.4	26.4	1.0	4.0	21.5	1.1	4.5	17.5	1.2	5.2	14.5	1.3	5.7		
75	112.8	0.7	1.4	77.6	0.8	1.9	58.1	0.8	2.4	44.9	0.9	2.9	35.3	0.9	3.4	28.3	1.0	4.0	23.1	1.1	4.5	19.1	1.2	5.1	15.6	1.3	5.7		
80	120.4	0.7	1.4	82.8	0.8	1.9	62.0	0.8	2.4	47.9	0.9	2.9	37.7	0.9	3.4	30.2	1.0	4.0	24.6	1.1	4.5	20.3	1.2	5.1	16.7	1.3	5.7		
85	127.9	0.7	1.4	88.0	0.8	1.9	65.9	0.8	2.4	50.9	0.9	2.9	40.1	0.9	3.4	32.1	1.0	4.0	26.1	1.1	4.5	21.6	1.2	5.1	17.8	1.2	5.7		
90	135.4	0.7	1.4	93.1	0.8	1.9	69.8	0.8	2.4	53.9	0.9	2.9	42.4	0.9	3.4	34.0	1.0	4.0	27.7	1.1	4.5	22.9	1.2	5.1	18.9	1.2	5.7		
95	142.9	0.7	1.4	98.3	0.8	1.9	73.6	0.8	2.4	56.9	0.9	2.9	44.8	0.9	3.4	35.9	1.0	4.0	29.2	1.1	4.5	24.1	1.2	5.1	20.2	1.2	5.7		
100	150.5	0.7	1.4	103.5	0.8	1.9	77.5	0.8	2.4	59.9	0.9	2.9	47.1	0.9	3.4	37.8	1.0	4.0	30.7	1.1	4.5	25.4	1.2	5.1	21.2	1.2	5.7		
105	158.0	0.7	1.4	108.7	0.8	1.9	81.4	0.8	2.4	62.8	0.9	2.9	49.5	0.9	3.4	39.6	1.0	4.0	32.3	1.1	4.5	26.7	1.2	5.1	22.3	1.2	5.7		
110	165.5	0.7	1.4	113.8	0.8	1.9	85.3	0.8	2.4	65.8	0.9	2.9	51.8	0.9	3.4	41.5	1.0	4.0	33.8	1.1	4.6	27.9	1.2	5.1	23.3	1.2	5.7		
115	173.0	0.7	1.4	119.0	0.8	1.9	89.1	0.8	2.4	68.8	0.9	2.9	54.2	0.9	3.4	43.4	1.0	4.0	35.4	1.1	4.6	29.2	1.2	5.1	24.4	1.2	5.7		
120	180.5	0.7	1.4	124.2	0.8	1.9	93.0	0.8	2.4	71.8	0.9	2.9	56.5	0.9	3.4	45.3	1.0	4.0	36.9	1.1	4.6	30.5	1.2	5.1	25.5	1.2	5.7		
125	188.1	0.7	1.4	129.4	0.8	1.9	96.9	0.8	2.4	74.8	0.9	2.9	58.9	0.9	3.4	47.2	1.0	4.0	38.4	1.1	4.6	31.7	1.2	5.1	26.5	1.2	5.7		
130	195.6	0.7	1.4	134.5	0.8	1.9	100.8	0.8	2.4	77.8	0.9	2.9	61.2	0.9	3.4	49.1	1.0	4.0	40.0	1.1	4.6	33.0	1.2	5.1	27.6	1.2	5.7		
135	203.1	0.7	1.4	139.7	0.8	1.9	104.6	0.8	2.4	80.8	0.9	2.9	63.6	0.9	3.4	51.0	1.0	4.0	41.5	1.1	4.6	34.3	1.2	5.1	28.6	1.2	5.7		
140	210.6	0.7	1.4	144.9	0.8	1.9	108.5	0.8	2.4	83.8	0.9	2.9	66.0	0.9	3.4	52.8	1.0	4.0	43.0	1.1	4.6	35.6	1.2	5.1	29.7	1.2	5.7		
145	218.2	0.7	1.4	150.1	0.8	1.9	112.4	0.8	2.4	86.8	0.9	2.9	68.3	0.9	3.4	54.7	1.0	4.0	44.6	1.1	4.6	36.8	1.2	5.1	30.7	1.2	5.7		
150	225.7	0.7	1.4	155.2	0.8	1.9	116.3	0.8	2.4	89.8	0.9	2.9	70.7	0.9	3.4	56.6	1.0	4.0	46.1	1.1	4.6	38.1	1.2	5.1	31.8	1.2	5.7		

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "C"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			4.00 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0				
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D
5	8.5	0.6	1.4	5.9	0.7	1.8	4.1	0.8	2.3																				
10	17.2	0.6	1.4	12.1	0.7	1.8	8.8	0.7	2.3	6.7	0.8	2.8	5.2	0.9	3.3	3.8	1.0	3.9											
15	25.8	0.6	1.4	18.1	0.7	1.8	13.4	0.7	2.3	10.3	0.8	2.8	8.1	0.8	3.4	6.4	0.9	3.9	4.9	1.0	4.5								
20	34.4	0.6	1.4	24.2	0.7	1.8	17.8	0.7	2.3	13.9	0.8	2.8	10.9	0.8	3.4	9.7	0.9	3.9	6.9	1.0	4.5	5.5	1.1	5.0					
25	43.0	0.6	1.4	30.2	0.7	1.9	22.3	0.7	2.3	17.4	0.8	2.8	13.8	0.8	3.3	10.9	0.9	3.9	8.8	1.0	4.5	7.1	1.0	5.1					
30	51.6	0.6	1.4	36.3	0.7	1.9	26.7	0.7	2.3	20.8	0.8	2.8	16.5	0.8	3.3	13.2	0.9	3.9	10.7	0.9	4.5	8.7	1.0	5.1					
35	60.2	0.6	1.4	42.3	0.7	1.9	31.1	0.7	2.3	24.3	0.8	2.8	19.3	0.8	3.4	15.6	0.9	3.9	12.5	0.9	4.5	10.3	1.0	5.0					
40	68.8	0.6	1.4	48.3	0.7	1.9	35.6	0.7	2.3	27.8	0.8	2.8	22.0	0.8	3.4	17.8	0.9	3.9	14.4	0.9	4.5	11.8	1.0	5.0					
45	77.4	0.6	1.4	54.4	0.7	1.9	40.0	0.7	2.4	31.2	0.8	2.8	24.8	0.8	3.4	20.0	0.9	3.9	16.4	0.9	4.4	13.3	1.0	5.0					
50	86.0	0.6	1.4	60.4	0.7	1.9	44.5	0.7	2.4	34.7	0.8	2.8	27.5	0.8	3.4	22.2	0.9	3.9	18.2	0.9	4.4	14.9	1.0	5.0					
55	94.6	0.6	1.4	66.5	0.7	1.9	48.9	0.7	2.4	38.2	0.8	2.8	30.3	0.8	3.4	24.4	0.9	3.9	20.0	0.9	4.4	16.6	1.0	5.0					
60	103.2	0.6	1.4	72.5	0.7	1.9	53.4	0.7	2.4	41.7	0.8	2.8	33.0	0.8	3.4	26.6	0.9	3.9	21.8	0.9	4.5	18.1	1.0	5.0					
65	111.8	0.6	1.4	78.5	0.7	1.9	57.8	0.7	2.4	45.1	0.8	2.8	35.8	0.8	3.4	28.9	0.9	3.9	23.6	0.9	4.5	19.6	1.0	5.0					
70	120.4	0.6	1.4	84.6	0.7	1.9	62.3	0.7	2.4	48.6	0.8	2.8	38.6	0.8	3.4	31.1	0.9	3.9	25.4	0.9	4.5	21.1	1.0	5.0					
75	129.0	0.6	1.4	90.6	0.7	1.9	66.7	0.7	2.4	52.1	0.8	2.8	41.3	0.8	3.4	33.3	0.9	3.9	27.2	0.9	4.5	22.6	1.0	5.0					
80	137.6	0.6	1.4	96.7	0.7	1.9	71.2	0.7	2.4	55.5	0.8	2.8	44.1	0.8	3.4	35.5	0.9	3.9	29.1	0.9	4.5	24.1	1.0	5.0					
85	146.2	0.6	1.4	102.7	0.7	1.9	75.6	0.7	2.4	59.0	0.8	2.8	46.8	0.8	3.4	37.7	0.9	3.9	30.9	0.9	4.5	25.6	1.0	5.0					
90	154.8	0.6	1.4	108.7	0.7	1.9	80.0	0.7	2.4	62.5	0.8	2.8	49.6	0.8	3.4	39.7	0.9	3.9	32.7	0.9	4.5	27.1	1.0	5.0					
95	163.4	0.6	1.4	114.8	0.7	1.9	84.5	0.7	2.4	65.9	0.8	2.8	52.3	0.8	3.4	42.2	0.9	3.9	34.5	0.9	4.5	28.6	1.0	5.0					
100	172.0	0.6	1.4	120.8	0.7	1.9	88.9	0.7	2.4	69.4	0.8	2.8	55.1	0.8	3.4	44.4	0.9	3.9	36.3	0.9	4.5	30.1	1.0	5.0					
105	180.6	0.6	1.4	126.9	0.7	1.9	93.4	0.7	2.4	72.9	0.8	2.8	57.8	0.8	3.4	46.6	0.9	3.9	38.1	0.9	4.5	31.6	1.0	5.0					
110	189.2	0.6	1.4	132.9	0.7	1.9	97.8	0.7	2.4	76.3	0.8	2.8	60.6	0.8	3.4	48.8	0.9	3.9	39.9	0.9	4.5	33.1	1.0	5.0					
115	197.8	0.6	1.4	138.9	0.7	1.9	102.3	0.7	2.4	79.8	0.8	2.8	63.3	0.8	3.4	51.0	0.9	3.9	41.7	0.9	4.5	34.6	1.0	5.0					
120	206.4	0.6	1.4	145.0	0.7	1.9	106.7	0.7	2.4	83.3	0.8	2.8	66.1	0.8	3.4	53.3	0.9	3.9	43.6	0.9	4.5	36.1	1.0	5.0					
125	215.0	0.6	1.4	151.0	0.7	1.9	111.2	0.7	2.4	86.8	0.8	2.8	68.8	0.8	3.4	55.5	0.9	3.9	45.4	0.9	4.5	37.6	1.0	5.0					
130	223.7	0.6	1.4	157.1	0.7	1.9	115.6	0.7	2.4	90.2	0.8	2.8	71.6	0.8	3.4	57.7	0.9	3.9	47.2	0.9	4.5	39.1	1.0	5.0					
135	232.3	0.6	1.4	163.1	0.7	1.9	120.1	0.7	2.4	93.7	0.8	2.8	74.3	0.8	3.4	59.9	0.9	3.9	49.0	0.9	4.5	40.6	1.0	5.0					
140	240.9	0.6	1.4	169.1	0.7	1.9	124.5	0.7	2.4	97.2	0.8	2.8	77.1	0.8	3.4	62.1	0.9	3.9	50.8	0.9	4.5	42.1	1.0	5.0					
145	249.5	0.6	1.4	175.2	0.7	1.9	129.0	0.7	2.4	100.6	0.8	2.8	79.8	0.8	3.4	64.3	0.9	3.9	52.6	0.9	4.5	43.6	1.0	5.0					
150	258.1	0.6	1.4	181.2	0.7	1.9	133.4	0.7	2.4	104.1	0.8	2.8	82.6	0.8	3.4	66.6	0.9	3.9	54.4	0.9	4.5	45.1	1.0	5.0					

EXHIBIT 7-5 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "C")

(SHEET 10 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH' (D) AND V2 FOR RETARDANCE "C"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			5.00 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0				
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D
5	9.5	0.6	1.4	6.7	0.6	1.8	4.7	0.7	2.3	3.5	0.8	2.8																	
10	19.0	0.6	1.4	13.7	0.6	1.8	9.7	0.7	2.3	7.6	0.7	2.8	6.0	0.8	3.3	4.7	0.8	3.8	3.4	1.0	4.4								
15	28.5	0.6	1.4	20.5	0.6	1.8	14.8	0.7	2.3	11.7	0.7	2.8	9.2	0.7	3.3	7.3	0.8	3.8	5.9	0.9	4.4	4.7	1.0	5.0					
20	38.0	0.6	1.4	27.3	0.6	1.8	19.7	0.7	2.3	15.5	0.7	2.8	12.4	0.7	3.3	9.9	0.8	3.8	8.0	0.9	4.4	6.5	0.9	4.9	5.3	1.0	5.5		
25	47.5	0.6	1.4	34.1	0.6	1.8	24.6	0.7	2.3	19.4	0.7	2.8	15.5	0.7	3.3	12.6	0.8	3.8	10.1	0.8	4.4	8.3	0.9	5.0	6.8	1.0	5.6		
30	57.0	0.6	1.4	40.9	0.6	1.8	29.5	0.7	2.3	23.3	0.7	2.8	18.6	0.7	3.3	15.1	0.8	3.8	12.2	0.8	4.4	10.1	0.9	5.0	8.3	1.0	5.6		
35	66.5	0.6	1.4	47.7	0.6	1.8	34.4	0.7	2.3	27.2	0.7	2.8	21.7	0.7	3.3	17.6	0.8	3.8	14.5	0.8	4.4	11.8	0.9	5.0	9.8	1.0	5.6		
40	76.0	0.6	1.4	54.6	0.6	1.8	39.4	0.7	2.3	31.0	0.7	2.8	24.8	0.7	3.3	20.1	0.8	3.8	16.5	0.8	4.4	13.6	0.9	5.0	11.3	1.0	5.5		
45	85.5	0.6	1.4	61.4	0.6	1.8	44.3	0.7	2.3	34.9	0.7	2.8	27.9	0.7	3.3	22.6	0.8	3.8	18.6	0.8	4.4	15.5	0.9	4.9	12.8	1.0	5.5		
50	95.0	0.6	1.4	68.2	0.6	1.8	49.2	0.7	2.3	38.8	0.7	2.8	31.0	0.7	3.3	25.1	0.8	3.8	20.6	0.8	4.4	17.2	0.9	4.9	14.3	1.0	5.5		
55	104.6	0.6	1.4	75.0	0.6	1.8	54.1	0.7	2.3	42.7	0.7	2.8	34.1	0.7	3.3	27.6	0.8	3.8	22.7	0.8	4.4	18.9	0.9	4.9	15.9	0.9	5.5		
60	114.1	0.6	1.4	81.8	0.6	1.8	59.0	0.7	2.3	46.6	0.7	2.8	37.2	0.7	3.3	30.1	0.8	3.8	24.7	0.8	4.4	20.6	0.9	4.9	17.3	0.9	5.5		
65	123.6	0.6	1.4	88.6	0.6	1.8	63.9	0.7	2.3	50.4	0.7	2.8	40.3	0.7	3.3	32.6	0.8	3.8	26.8	0.8	4.4	22.3	0.9	4.9	18.8	0.9	5.5		
70	133.1	0.6	1.4	95.5	0.6	1.8	68.9	0.7	2.3	54.3	0.7	2.8	43.4	0.7	3.3	35.1	0.8	3.8	28.9	0.8	4.4	24.0	0.9	4.9	20.2	0.9	5.5		
75	142.6	0.6	1.4	102.3	0.6	1.8	73.8	0.7	2.3	58.2	0.7	2.8	46.5	0.7	3.3	37.7	0.8	3.8	30.9	0.8	4.4	25.7	0.9	4.9	21.6	0.9	5.5		
80	152.1	0.6	1.4	109.1	0.6	1.8	78.7	0.7	2.3	62.1	0.7	2.8	49.6	0.7	3.3	40.2	0.8	3.8	33.0	0.8	4.4	27.4	0.9	4.9	23.1	0.9	5.5		
85	161.6	0.6	1.4	115.9	0.6	1.8	83.6	0.7	2.3	65.9	0.7	2.8	52.7	0.7	3.3	42.7	0.8	3.8	35.0	0.8	4.4	29.1	0.9	5.0	24.5	0.9	5.5		
90	171.1	0.6	1.4	122.7	0.6	1.8	88.5	0.7	2.3	69.8	0.7	2.8	55.8	0.7	3.3	45.2	0.8	3.8	37.1	0.8	4.4	30.9	0.9	5.0	26.0	0.9	5.5		
95	180.6	0.6	1.4	129.6	0.6	1.8	93.4	0.7	2.3	73.7	0.7	2.8	58.9	0.7	3.3	47.7	0.8	3.8	39.2	0.8	4.4	32.6	0.9	5.0	27.4	0.9	5.5		
100	190.1	0.6	1.4	136.4	0.6	1.8	98.4	0.7	2.3	77.6	0.7	2.8	62.0	0.7	3.3	50.2	0.8	3.8	41.2	0.8	4.4	34.3	0.9	5.0	28.8	0.9	5.5		
105	199.6	0.6	1.4	143.2	0.6	1.8	103.3	0.7	2.3	81.5	0.7	2.8	65.1	0.7	3.3	52.7	0.8	3.8	43.3	0.8	4.4	36.0	0.9	5.0	30.3	0.9	5.5		
110	209.1	0.6	1.4	150.0	0.6	1.8	108.2	0.7	2.3	85.3	0.7	2.8	68.2	0.7	3.3	55.2	0.8	3.8	45.3	0.8	4.4	37.7	0.9	5.0	31.7	0.9	5.5		
115	218.6	0.6	1.4	156.8	0.6	1.8	113.1	0.7	2.3	89.2	0.7	2.8	71.3	0.7	3.3	57.7	0.8	3.8	47.4	0.8	4.4	39.4	0.9	5.0	33.2	0.9	5.5		
120	228.1	0.6	1.4	163.6	0.6	1.8	118.0	0.7	2.3	93.1	0.7	2.8	74.3	0.7	3.3	60.2	0.8	3.8	49.5	0.8	4.4	41.1	0.9	5.0	34.6	0.9	5.5		
125	237.6	0.6	1.4	170.5	0.6	1.8	123.0	0.7	2.3	97.0	0.7	2.8	77.4	0.7	3.3	62.7	0.8	3.8	51.5	0.8	4.4	42.8	0.9	5.0	36.0	0.9	5.5		
130	247.1	0.6	1.4	177.3	0.6	1.8	127.9	0.7	2.3	100.8	0.7	2.8	80.5	0.7	3.3	65.2	0.8	3.8	53.6	0.8	4.4	44.6	0.9	5.0	37.5	0.9	5.5		
135	256.6	0.6	1.4	184.1	0.6	1.8	132.8	0.7	2.3	104.7	0.7	2.8	83.6	0.7	3.3	67.8	0.8	3.8	55.6	0.8	4.4	46.3	0.9	5.0	38.9	0.9	5.5		
140	266.1	0.6	1.4	190.9	0.6	1.8	137.7	0.7	2.3	108.6	0.7	2.8	86.7	0.7	3.3	70.3	0.8	3.8	57.7	0.8	4.4	48.0	0.9	5.0	40.4	0.9	5.5		
145	275.6	0.6	1.4	197.7	0.6	1.8	142.6	0.7	2.3	112.5	0.7	2.8	89.8	0.7	3.3	72.8	0.8	3.8	59.8	0.8	4.4	49.7	0.9	5.0	41.8	0.9	5.5		
150	285.1	0.6	1.4	204.6	0.6	1.8	147.5	0.7	2.3	116.4	0.7	2.8	92.9	0.7	3.3	75.3	0.8	3.8	61.8	0.8	4.4	51.4	0.9	5.0	43.2	0.9	5.5		

EXHIBIT 7-5 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "C")

(SHEET 11 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH (D) AND V2 FOR RETARDANCE "C"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE V1=3.5			6.00 PERCENT V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0					
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2
	5	10.6	0.5	1.3	7.3	0.6	1.8	5.3	0.6	2.3	4.0	0.7	2.8	2.9	0.8	3.2														
10	21.1	0.5	1.3	14.7	0.6	1.8	10.9	0.6	2.3	8.4	0.7	2.8	6.6	0.7	3.2	5.3	0.8	3.8	4.2	0.8	4.3									
15	31.6	0.5	1.3	22.1	0.6	1.8	16.3	0.6	2.3	12.7	0.6	2.7	10.1	0.7	3.3	8.2	0.7	3.8	6.6	0.8	4.3	5.4	0.9	4.9	4.3	1.0	5.5			
20	42.1	0.5	1.3	29.5	0.6	1.8	21.7	0.6	2.3	17.0	0.6	2.7	13.6	0.7	3.2	11.1	0.7	3.7	9.0	0.8	4.3	7.4	0.8	4.9	6.1	0.9	5.5			
25	52.7	0.5	1.3	36.8	0.6	1.8	27.1	0.6	2.3	21.2	0.6	2.8	17.0	0.7	3.2	13.9	0.7	3.8	11.3	0.8	4.3	9.3	0.8	4.9	7.8	0.9	5.5			
30	63.2	0.5	1.3	44.2	0.6	1.8	32.5	0.6	2.3	25.4	0.6	2.8	20.4	0.7	3.2	16.6	0.7	3.8	13.7	0.8	4.3	11.3	0.8	4.9	9.4	0.9	5.5			
35	73.7	0.5	1.3	51.6	0.6	1.8	38.0	0.6	2.3	29.7	0.6	2.8	23.8	0.7	3.2	19.4	0.7	3.8	16.0	0.8	4.3	13.4	0.8	4.9	11.1	0.9	5.5			
40	84.2	0.5	1.3	58.9	0.6	1.8	43.4	0.6	2.3	33.9	0.6	2.8	27.2	0.7	3.3	22.2	0.7	3.8	18.3	0.8	4.3	15.3	0.8	4.9	12.7	0.9	5.5			
45	94.8	0.5	1.3	66.3	0.6	1.8	48.8	0.6	2.3	38.2	0.6	2.8	30.7	0.7	3.3	24.9	0.7	3.8	20.6	0.8	4.3	17.2	0.8	4.9	14.5	0.9	5.4			
50	105.3	0.5	1.3	73.6	0.6	1.8	54.2	0.6	2.3	42.4	0.6	2.8	34.1	0.7	3.3	27.7	0.7	3.8	22.8	0.8	4.3	19.1	0.8	4.9	16.1	0.9	5.4			
55	115.8	0.5	1.3	81.0	0.6	1.8	59.7	0.6	2.3	46.6	0.6	2.8	37.5	0.7	3.3	30.5	0.7	3.8	25.1	0.8	4.3	21.0	0.8	4.9	17.7	0.9	5.4			
60	126.4	0.5	1.3	88.4	0.6	1.8	65.1	0.6	2.3	50.9	0.6	2.8	40.9	0.7	3.3	33.3	0.7	3.8	27.4	0.8	4.3	22.9	0.8	4.9	19.3	0.9	5.4			
65	136.9	0.5	1.3	95.7	0.6	1.8	70.5	0.6	2.3	55.1	0.6	2.8	44.3	0.7	3.3	36.0	0.7	3.8	29.7	0.8	4.3	24.8	0.8	4.9	20.9	0.9	5.4			
70	147.4	0.5	1.3	103.1	0.6	1.8	75.9	0.6	2.3	59.3	0.6	2.8	47.7	0.7	3.3	38.8	0.7	3.8	32.0	0.8	4.3	26.7	0.8	4.9	22.5	0.9	5.4			
75	158.0	0.5	1.3	110.5	0.6	1.8	81.3	0.6	2.3	63.6	0.6	2.8	51.1	0.7	3.3	41.6	0.7	3.8	34.3	0.8	4.3	28.6	0.8	4.9	24.1	0.9	5.4			
80	168.5	0.5	1.3	117.8	0.6	1.8	86.8	0.6	2.3	67.8	0.6	2.8	54.5	0.7	3.3	44.3	0.7	3.8	36.5	0.8	4.3	30.5	0.8	4.9	25.7	0.9	5.5			
85	179.0	0.5	1.3	125.2	0.6	1.8	92.2	0.6	2.3	72.0	0.6	2.8	57.9	0.7	3.3	47.1	0.7	3.8	38.8	0.8	4.3	32.4	0.8	4.9	27.3	0.9	5.5			
90	189.6	0.5	1.3	132.6	0.6	1.8	97.6	0.6	2.3	76.3	0.6	2.8	61.3	0.7	3.3	49.9	0.7	3.8	41.1	0.8	4.3	34.3	0.8	4.9	28.9	0.9	5.5			
95	200.1	0.5	1.3	139.9	0.6	1.8	103.0	0.6	2.3	80.5	0.6	2.8	64.7	0.7	3.3	52.6	0.7	3.8	43.4	0.8	4.3	36.2	0.8	4.9	30.5	0.9	5.5			
100	210.6	0.5	1.3	147.3	0.6	1.8	108.5	0.6	2.3	84.8	0.6	2.8	68.1	0.7	3.3	55.4	0.7	3.8	45.7	0.8	4.3	38.1	0.8	4.9	32.1	0.9	5.5			
105	221.1	0.5	1.3	154.6	0.6	1.8	113.9	0.6	2.3	89.0	0.6	2.8	71.5	0.7	3.3	58.2	0.7	3.8	47.9	0.8	4.3	40.0	0.8	4.9	33.7	0.9	5.5			
110	231.7	0.5	1.3	162.0	0.6	1.8	119.3	0.6	2.3	93.2	0.6	2.8	74.9	0.7	3.3	60.9	0.7	3.8	50.2	0.8	4.3	41.9	0.8	4.9	35.3	0.9	5.5			
115	242.2	0.5	1.3	169.4	0.6	1.8	124.7	0.6	2.3	97.5	0.6	2.8	78.3	0.7	3.3	63.7	0.7	3.8	52.5	0.8	4.3	43.8	0.8	4.9	36.9	0.9	5.5			
120	252.7	0.5	1.3	176.7	0.6	1.8	130.2	0.6	2.3	101.7	0.6	2.8	81.7	0.7	3.3	66.5	0.7	3.8	54.8	0.8	4.3	45.7	0.8	4.9	38.5	0.9	5.5			
125	263.3	0.5	1.3	184.1	0.6	1.8	135.6	0.6	2.3	106.0	0.6	2.8	85.1	0.7	3.3	69.3	0.7	3.8	57.1	0.8	4.3	47.6	0.8	4.9	40.1	0.9	5.5			
130	273.8	0.5	1.3	191.5	0.6	1.8	141.0	0.6	2.3	110.2	0.6	2.8	88.5	0.7	3.3	72.0	0.7	3.8	59.4	0.8	4.3	49.5	0.8	4.9	41.7	0.9	5.5			
135	284.3	0.5	1.3	198.8	0.6	1.8	146.4	0.6	2.3	114.4	0.6	2.8	91.9	0.7	3.3	74.8	0.7	3.8	61.6	0.8	4.3	51.4	0.8	4.9	43.3	0.9	5.5			
140	294.9	0.5	1.3	206.2	0.6	1.8	151.8	0.6	2.3	118.7	0.6	2.8	95.3	0.7	3.3	77.6	0.7	3.8	63.9	0.8	4.3	53.3	0.8	4.9	44.9	0.9	5.5			
145	305.4	0.5	1.3	213.6	0.6	1.8	157.3	0.6	2.3	122.9	0.6	2.8	98.7	0.7	3.3	80.3	0.7	3.8	66.2	0.8	4.3	55.2	0.8	4.9	46.5	0.9	5.5			
150	315.9	0.5	1.3	220.9	0.6	1.8	162.7	0.6	2.3	127.1	0.6	2.8	102.1	0.7	3.3	83.1	0.7	3.8	68.5	0.8	4.3	57.1	0.8	4.9	48.1	0.9	5.5			

EXHIBIT 7-5 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "C")

(SHEET 12 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH (D) AND V2 FOR RETARDANCE "C"

Q CFS	GRADE 8.00 PERCENT																												
	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			V1=3.5			V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0				
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D
5	12.0	0.5	1.3	8.5	0.5	1.7	6.2	0.5	2.2	4.6	0.6	2.7	3.7	0.6	3.2	2.9	0.7	3.6											
10	24.1	0.5	1.3	16.9	0.5	1.7	12.6	0.5	2.2	9.6	0.6	2.7	7.8	0.6	3.2	6.3	0.6	3.7	5.1	0.7	4.2	4.2	0.8	4.8	3.2	0.9	5.3		
15	36.1	0.5	1.3	25.3	0.5	1.7	18.9	0.5	2.2	14.4	0.6	2.7	11.8	0.6	3.2	9.7	0.6	3.7	7.9	0.7	4.2	6.5	0.7	4.8	5.4	0.8	5.3		
20	48.1	0.5	1.3	33.8	0.5	1.7	25.2	0.5	2.2	19.2	0.6	2.7	15.8	0.6	3.2	12.9	0.6	3.7	10.7	0.7	4.2	8.8	0.7	4.8	7.4	0.8	5.3		
25	60.1	0.5	1.3	42.2	0.5	1.7	31.5	0.5	2.2	24.0	0.6	2.7	19.7	0.6	3.2	16.2	0.6	3.7	13.4	0.7	4.2	11.2	0.7	4.7	9.3	0.8	5.3		
30	72.1	0.5	1.3	50.6	0.5	1.7	37.8	0.5	2.2	28.8	0.6	2.7	23.6	0.6	3.2	19.4	0.6	3.7	16.1	0.7	4.2	13.5	0.7	4.8	11.3	0.7	5.3		
35	84.1	0.5	1.3	59.1	0.5	1.7	44.1	0.5	2.2	33.6	0.6	2.7	27.6	0.6	3.2	22.6	0.6	3.7	18.7	0.7	4.2	15.7	0.7	4.8	13.3	0.7	5.3		
40	96.2	0.5	1.3	67.5	0.5	1.7	50.4	0.5	2.2	38.4	0.6	2.7	31.5	0.6	3.2	25.8	0.6	3.7	21.4	0.7	4.2	17.9	0.7	4.8	15.2	0.7	5.3		
45	108.2	0.5	1.3	76.0	0.5	1.7	56.7	0.5	2.2	43.2	0.6	2.7	35.4	0.6	3.2	29.0	0.6	3.7	24.1	0.7	4.2	20.2	0.7	4.8	17.1	0.7	5.3		
50	120.2	0.5	1.3	84.4	0.5	1.7	63.0	0.5	2.2	48.0	0.6	2.7	39.4	0.6	3.2	32.3	0.6	3.7	26.8	0.7	4.2	22.4	0.7	4.8	19.0	0.7	5.3		
55	132.2	0.5	1.3	92.8	0.5	1.7	69.3	0.5	2.2	52.8	0.6	2.7	43.3	0.6	3.2	35.5	0.6	3.7	29.4	0.7	4.2	24.7	0.7	4.8	20.9	0.7	5.3		
60	144.2	0.5	1.3	101.3	0.5	1.7	75.6	0.5	2.2	57.6	0.6	2.7	47.2	0.6	3.2	38.7	0.6	3.7	32.1	0.7	4.2	26.9	0.7	4.8	22.8	0.7	5.3		
65	156.3	0.5	1.3	109.7	0.5	1.7	81.8	0.5	2.2	62.4	0.6	2.7	51.2	0.6	3.2	41.9	0.6	3.7	34.8	0.7	4.2	29.1	0.7	4.8	24.7	0.7	5.3		
70	168.3	0.5	1.3	118.2	0.5	1.7	88.1	0.5	2.2	67.2	0.6	2.7	55.1	0.6	3.2	45.2	0.6	3.7	37.5	0.7	4.2	31.4	0.7	4.8	26.6	0.7	5.3		
75	180.3	0.5	1.3	126.6	0.5	1.7	94.4	0.5	2.2	72.0	0.6	2.7	59.0	0.6	3.2	48.4	0.6	3.7	40.1	0.7	4.2	33.6	0.7	4.8	28.5	0.7	5.3		
80	192.3	0.5	1.3	135.0	0.5	1.7	100.7	0.5	2.2	76.8	0.6	2.7	63.0	0.6	3.2	51.6	0.6	3.7	42.8	0.7	4.2	35.9	0.7	4.8	30.3	0.7	5.3		
85	204.3	0.5	1.3	143.5	0.5	1.7	107.0	0.5	2.2	81.6	0.6	2.7	66.9	0.6	3.2	54.9	0.6	3.7	45.5	0.7	4.2	38.1	0.7	4.8	32.2	0.7	5.3		
90	216.4	0.5	1.3	151.9	0.5	1.7	113.3	0.5	2.2	86.4	0.6	2.7	70.8	0.6	3.2	58.1	0.6	3.7	48.1	0.7	4.2	40.3	0.7	4.8	34.1	0.7	5.3		
95	228.4	0.5	1.3	160.3	0.5	1.7	119.6	0.5	2.2	91.2	0.6	2.7	74.8	0.6	3.2	61.3	0.6	3.7	50.8	0.7	4.2	42.6	0.7	4.8	36.0	0.7	5.3		
100	240.4	0.5	1.3	168.8	0.5	1.7	125.9	0.5	2.2	96.0	0.6	2.7	78.7	0.6	3.2	64.5	0.6	3.7	53.5	0.7	4.2	44.8	0.7	4.8	37.9	0.7	5.3		
105	252.4	0.5	1.3	177.2	0.5	1.7	132.2	0.5	2.2	100.8	0.6	2.7	82.6	0.6	3.2	67.8	0.6	3.7	56.2	0.7	4.2	47.1	0.7	4.8	39.8	0.7	5.3		
110	264.4	0.5	1.3	185.7	0.5	1.7	138.5	0.5	2.2	105.6	0.6	2.7	86.6	0.6	3.2	71.0	0.6	3.7	58.8	0.7	4.2	49.3	0.7	4.8	41.7	0.7	5.3		
115	276.5	0.5	1.3	194.1	0.5	1.7	144.8	0.5	2.2	110.4	0.6	2.7	90.5	0.6	3.2	74.2	0.6	3.7	61.5	0.7	4.2	51.5	0.7	4.8	43.6	0.7	5.3		
120	288.5	0.5	1.3	202.5	0.5	1.7	151.1	0.5	2.2	115.2	0.6	2.7	94.4	0.6	3.2	77.4	0.6	3.7	64.2	0.7	4.2	53.8	0.7	4.8	45.5	0.7	5.3		
125	300.5	0.5	1.3	211.0	0.5	1.7	157.4	0.5	2.2	120.0	0.6	2.7	98.4	0.6	3.2	80.7	0.6	3.7	66.9	0.7	4.2	56.0	0.7	4.8	47.4	0.7	5.3		
130	312.5	0.5	1.3	219.4	0.5	1.7	163.7	0.5	2.2	124.8	0.6	2.7	102.3	0.6	3.2	83.9	0.6	3.7	69.5	0.7	4.2	58.3	0.7	4.8	49.3	0.7	5.3		
135	324.5	0.5	1.3	227.9	0.5	1.7	170.0	0.5	2.2	129.6	0.6	2.7	106.2	0.6	3.2	87.1	0.6	3.7	72.2	0.7	4.2	60.5	0.7	4.8	51.2	0.7	5.3		
140	336.6	0.5	1.3	236.3	0.5	1.7	176.3	0.5	2.2	134.4	0.6	2.7	110.2	0.6	3.2	90.3	0.6	3.7	74.9	0.7	4.2	62.7	0.7	4.8	53.1	0.7	5.3		
145	348.6	0.5	1.3	244.7	0.5	1.7	182.6	0.5	2.2	139.2	0.6	2.7	114.1	0.6	3.2	93.6	0.6	3.7	77.6	0.7	4.2	65.0	0.7	4.8	55.0	0.7	5.3		
150	360.6	0.5	1.3	253.2	0.5	1.7	188.9	0.5	2.2	144.0	0.6	2.7	118.0	0.6	3.2	96.8	0.6	3.7	80.2	0.7	4.2	67.2	0.7	4.8	56.9	0.7	5.3		

EXHIBIT 7-5 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "C")

(SHEET 13 OF 14)

V1 FOR RETARDANCE "D". TOP WIDTH (T), DEPTH (D) AND V2 FOR RETARDANCE "C"

Q CFS	V1=2.0			V1=2.5			V1=3.0			GRADE 10.00 PERCENT V1=3.5			V1=4.0			V1=4.5			V1=5.0			V1=5.5			V1=6.0			
	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	T	D	V2	
5	13.3	0.4	1.3	9.4	0.5	1.7	6.8	0.5	2.2	5.3	0.5	2.6	4.1	0.6	3.2	3.4	0.6	3.6	2.6	0.7	4.1							
10	26.6	0.4	1.3	18.7	0.5	1.7	13.8	0.5	2.2	10.9	0.5	2.6	8.5	0.6	3.2	7.1	0.6	3.6	5.9	0.6	4.1	4.9	0.7	4.7	4.0	0.7	5.3	
15	39.9	0.4	1.3	28.0	0.5	1.7	20.7	0.5	2.2	16.3	0.5	2.6	12.8	0.6	3.2	10.9	0.6	3.6	9.0	0.6	4.1	7.5	0.6	4.7	6.3	0.7	5.2	
20	53.2	0.4	1.3	37.4	0.5	1.7	27.6	0.5	2.2	21.7	0.5	2.7	17.0	0.6	3.2	14.5	0.6	3.6	12.1	0.6	4.1	10.2	0.6	4.6	8.5	0.7	5.2	
25	66.5	0.4	1.3	46.7	0.5	1.7	34.5	0.5	2.2	27.1	0.5	2.7	21.3	0.6	3.2	18.1	0.6	3.6	15.1	0.6	4.1	12.7	0.6	4.7	10.8	0.7	5.2	
30	79.8	0.4	1.3	56.1	0.5	1.7	41.4	0.5	2.2	32.5	0.5	2.7	25.5	0.6	3.2	21.7	0.6	3.6	18.1	0.6	4.1	15.2	0.6	4.7	12.9	0.7	5.2	
35	93.1	0.4	1.3	65.4	0.5	1.7	48.3	0.5	2.2	37.9	0.5	2.7	29.8	0.6	3.2	25.3	0.6	3.6	21.1	0.6	4.1	17.8	0.6	4.7	15.1	0.7	5.2	
40	106.4	0.4	1.3	74.7	0.5	1.7	55.2	0.5	2.2	43.3	0.5	2.7	34.0	0.6	3.2	29.0	0.6	3.6	24.1	0.6	4.1	20.3	0.6	4.7	17.2	0.7	5.2	
45	119.7	0.4	1.3	84.1	0.5	1.7	62.1	0.5	2.2	48.8	0.5	2.7	38.3	0.6	3.2	32.6	0.6	3.6	27.2	0.6	4.1	22.8	0.6	4.7	19.4	0.7	5.2	
50	133.0	0.4	1.3	93.4	0.5	1.7	69.0	0.5	2.2	54.2	0.5	2.7	42.5	0.6	3.2	36.2	0.6	3.6	30.2	0.6	4.1	25.4	0.6	4.7	21.5	0.7	5.2	
55	146.3	0.4	1.3	102.8	0.5	1.7	75.9	0.5	2.2	59.6	0.5	2.7	46.8	0.6	3.2	39.8	0.6	3.6	33.2	0.6	4.1	27.9	0.6	4.7	23.7	0.7	5.2	
60	159.6	0.4	1.3	112.1	0.5	1.7	82.8	0.5	2.2	65.0	0.5	2.7	51.0	0.6	3.2	43.4	0.6	3.6	36.2	0.6	4.1	30.5	0.6	4.7	25.9	0.7	5.2	
65	172.9	0.4	1.3	121.4	0.5	1.7	89.7	0.5	2.2	70.4	0.5	2.7	55.3	0.6	3.2	47.1	0.6	3.6	39.2	0.6	4.1	33.0	0.6	4.7	28.0	0.7	5.2	
70	186.2	0.4	1.3	130.8	0.5	1.7	96.6	0.5	2.2	75.8	0.5	2.7	59.5	0.6	3.2	50.7	0.6	3.6	42.2	0.6	4.1	35.5	0.6	4.7	30.2	0.7	5.2	
75	199.5	0.4	1.3	140.1	0.5	1.7	103.5	0.5	2.2	81.2	0.5	2.7	63.8	0.6	3.2	54.3	0.6	3.6	45.2	0.6	4.1	38.1	0.6	4.7	32.3	0.7	5.2	
80	212.8	0.4	1.3	149.5	0.5	1.7	110.5	0.5	2.2	86.7	0.5	2.7	68.0	0.6	3.2	57.9	0.6	3.6	48.3	0.6	4.1	40.6	0.6	4.7	34.5	0.7	5.2	
85	226.1	0.4	1.3	158.8	0.5	1.7	117.4	0.5	2.2	92.1	0.5	2.7	72.3	0.6	3.2	61.5	0.6	3.6	51.3	0.6	4.1	43.1	0.6	4.7	36.6	0.7	5.2	
90	239.4	0.4	1.3	168.1	0.5	1.7	124.3	0.5	2.2	97.5	0.5	2.7	76.5	0.6	3.2	65.2	0.6	3.6	54.3	0.6	4.1	45.7	0.6	4.7	38.8	0.7	5.2	
95	252.7	0.4	1.3	177.5	0.5	1.7	131.2	0.5	2.2	102.9	0.5	2.7	80.8	0.6	3.2	68.8	0.6	3.6	57.3	0.6	4.1	48.2	0.6	4.7	40.9	0.7	5.2	
100	266.0	0.4	1.3	186.8	0.5	1.7	138.1	0.5	2.2	108.3	0.5	2.7	85.0	0.6	3.2	72.4	0.6	3.6	60.3	0.6	4.1	50.7	0.6	4.7	43.1	0.7	5.2	
105	279.3	0.4	1.3	196.2	0.5	1.7	145.0	0.5	2.2	113.7	0.5	2.7	89.3	0.6	3.2	76.0	0.6	3.6	63.3	0.6	4.1	53.3	0.6	4.7	45.2	0.7	5.2	
110	292.6	0.4	1.3	205.5	0.5	1.7	151.9	0.5	2.2	119.2	0.5	2.7	93.5	0.6	3.2	79.6	0.6	3.6	66.4	0.6	4.1	55.8	0.6	4.7	47.4	0.7	5.2	
115	305.9	0.4	1.3	214.9	0.5	1.7	158.8	0.5	2.2	124.6	0.5	2.7	97.8	0.6	3.2	83.3	0.6	3.6	69.4	0.6	4.1	58.3	0.6	4.7	49.5	0.7	5.3	
120	319.2	0.4	1.3	224.2	0.5	1.7	165.7	0.5	2.2	130.0	0.5	2.7	102.0	0.6	3.2	86.9	0.6	3.6	72.4	0.6	4.1	60.9	0.6	4.7	51.7	0.7	5.3	
125	332.5	0.4	1.3	233.5	0.5	1.7	172.6	0.5	2.2	135.4	0.5	2.7	106.3	0.6	3.2	90.5	0.6	3.6	75.4	0.6	4.1	63.4	0.6	4.7	53.8	0.7	5.3	
130	345.8	0.4	1.3	242.9	0.5	1.7	179.5	0.5	2.2	140.8	0.5	2.7	110.5	0.6	3.2	94.1	0.6	3.6	78.4	0.6	4.1	66.0	0.6	4.7	56.0	0.7	5.3	
135	359.1	0.4	1.3	252.2	0.5	1.7	186.4	0.5	2.2	146.2	0.5	2.7	114.8	0.6	3.2	97.7	0.6	3.6	81.4	0.6	4.1	68.5	0.6	4.7	58.1	0.7	5.3	
140	372.4	0.4	1.3	261.6	0.5	1.7	193.3	0.5	2.2	151.7	0.5	2.7	119.0	0.6	3.2	101.3	0.6	3.6	84.4	0.6	4.1	71.0	0.6	4.7	60.3	0.7	5.3	
145	385.7	0.4	1.3	270.9	0.5	1.7	200.2	0.5	2.2	157.1	0.5	2.7	123.3	0.6	3.2	105.0	0.6	3.6	87.5	0.6	4.1	73.6	0.6	4.7	62.5	0.7	5.3	
150	399.0	0.4	1.3	280.2	0.5	1.7	207.1	0.5	2.2	162.5	0.5	2.7	127.5	0.6	3.2	108.6	0.6	3.6	90.5	0.6	4.1	76.1	0.6	4.7	64.6	0.7	5.3	

EXHIBIT 7-5 PARABOLIC WATERWAY DESIGN
(RETARDANCE "D" AND "C")

(SHEET 14 OF 14)

CONVERSION D'UNITÉS (US/SI) UTILISÉES DANS LE TEXTE

1 inch (in ou ") = 2,540 cm

1 foot (ft) = 0,3048 m

1 mile (mi) = 1,609 km

1 acre = 0,4047 ha

1 square mile (sq mi) = 2,59 km²

1 cubic foot/sec (cfs) = 28,320 l/s

1 cubic foot/sec/sq mi
(csm) = 86,400 l/s/km²

Crédit photographique

Page 4 - Réseau complexe de ravines au milieu d'une parcelle (Pays de Caux). *J.F. Billot, CEMAGREF Antony.*

Page 6 - Circulation entravée par éboulement de talus miné par l'érosion. *J.F. Billot, CEMAGREF Antony.*

Page 11 - Chap. 1 - La départementale 72 en Pays de Caux. *J.J. Gril, CEMAGREF Lyon.*

Page 21 - Chap. 2 - Évolution extrême d'un ravinement au milieu d'un champ de blé (Nord-Pas-de-Calais). *J.F. Billot, CEMAGREF Antony.*

Page 31 - Chap. 3 - Régénération de prairie par semis direct sans destruction de la végétation en place. *J.F. Billot, CEMAGREF Antony.*

Page 45 - Chap. 4 - Un "pli" réalisé dans l'Eure : un équivalent français du *Wascob* américain. *J.J. Gril, CEMAGREF Lyon.*

Page 53 - Chap. 5 - Vignobles de coteaux. *J.J. Gril, CEMAGREF Lyon.*

Page 65 - Un chenal enherbé : une technique du Soil Conservation Service (U.S.A.) applicable en France. *J.J. Gril, CEMAGREF Lyon.*

L O U I S - J E A N
avenue d'Embrun, 05003 GAP cedex
Tél. : 92.53.17.00
Dépôt légal : 737 — Septembre 1991
Imprimé en France



