

Edition provisoire

GESTION DES EAUX EN IRRIGATION

Manuel de formation n° 5

Méthodes d'irrigation



ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR L'ALIMENTATION
ET L'AGRICULTURE



GESTION DES EAUX EN IRRIGATION

Manuel de formation n° 5

Méthodes d'irrigation

Manuel préparé

par

C. Brouwer

Institut international pour l'amélioration
et la mise en valeur des terres



K. Prins, consultant

M. Kay, consultant

et **M. Heibloem**

Division de la mise en valeur des
terres et des eaux, FAO



Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, mise en mémoire dans un système de recherche bibliographique ni transmise sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit: électronique, mécanique, par photocopie ou autre, sans autorisation préalable. Adresser une demande motivée au Directeur de la Division des publications, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie, en indiquant les passages ou illustrations en cause.

© FAO 1990

PREFACE

Ce document fait partie (d'une série de manuels de formation abordant des thèmes relatifs à l'irrigation. Ils seront publiés durant la période 1985-90.

Ces publications sont destinées au personnel et assistants de terrain, faisant partie des services de vulgarisation et d'assistance à l'agriculture, et à des techniciens d'irrigation à l'échelle des villages et des régions; techniciens qui désirent améliorer leurs aptitudes à surmonter les difficultés qu'ils peuvent rencontrer au niveau de l'irrigation à la ferme.

Les manuels sont destinés à fournir un support à des cours de formation sur l'irrigation, et à faciliter leur déroulement. Ils ne présentent pas en eux-mêmes un cours complet, mais il est laissé à la discrétion des formateurs de se référer aux manuels, ou aux sections qui traitent des cas spécifiques des conditions d'irrigation objets de leurs interventions. Ils pourront servir de références aux étudiants faisant "l'école chez soi" ou bien désirant revoir un sujet particulier.

Après une discussion préliminaire des différents aspects de l'irrigation dans le premier manuel, les sujets traités dans les suivants seront:

- levés topographiques
- besoins en eau des cultures
- programmation de l'irrigation ou pilotage des irrigations
- méthodes d'irrigation
- conception des réseaux d'irrigation
- nivellement des terres
- canaux et ouvrages
- drainage
- salinité
- gestion de l'irrigation.

L'expérience acquise dans la préparation du matériel de formation à l'irrigation à l'échelle des villages étant limitée, tous ces manuels seront considérés comme provisoires. Une version définitive sera éditée après une période d'essai de quelques années, c'est-à-dire après avoir évalué la valeur de l'information et l'utilité des méthodes décrites dans les documents provisoires.

Pour de plus amples informations, et pour tout commentaire que vous souhaiteriez apporter, adressez-vous à:

Service des eaux - ressources, mise en valeur et aménagement
Division de la mise en valeur des terres et des eaux
FAO
Via délie Terme di Caracalla
00100 ROME
Italie

A PROPOS DE CE MANUEL

"Les méthodes d'irrigation" est le cinquième dans une série de manuels de formation à l'irrigation. Ce manuel traite avec suffisamment de détails les méthodes d'irrigation par bassins et par sillons. De même, les méthodes d'irrigation par planches, par aspersion, et au goutte à goutte sont aussi traitées mais avec moins de détails. Un chapitre spécial a été consacré à l'analyse des critères de choix de la méthode d'irrigation la plus appropriée. Un certain nombre d'annexes a été aussi inclus afin d'offrir au lecteur des informations supplémentaires concernant: les différents types des prises d'eau, la mesure du débit d'un siphon ou d'un tuyau d'alimentation, la détermination du taux d'infiltration du sol, le choix du courant d'eau approprié, la détermination de la durée d'irrigation, et l'évaluation de la performance à l'irrigation.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons nos vifs remerciements au Groupe de spécialistes en charge du Manuel de formation en gestion des eaux d'irrigation pour leurs judicieux commentaires et enrichissantes suggestions. Le Groupe est composé de MM: J.F. Alfaro, J. Berengena, J. Dula-Navarrete, H.M. Horning, L. Horst, E. Jensen, M. Kay, J.L. Millo, S. Pazvakavambwa et I. Sewrajsing.

TABLE DES MATIERS

	Page
1. INTRODUCTION	1
1.1 Irrigation de surface	2
1.2 Irrigation par aspersion	3
1.3 Irrigation au goutte à goutte	4
1.4 Exploitation des réseaux d'irrigation	4
2. IRRIGATION PAR BASSINS	5
2.1 Conditions d'utilisation	5
2.1.1 Cultures recommandées	5
2.1.2 Pentes adéquates	6
2.1.3 Types de sol appropriés	6
2.2 Aménagement des bassins	6
2.2.1 La forme et la taille des bassins	7
2.2.2 Forme et dimensions des diguettes	9
2.3 Aménagement des bassins	9
2.4 Mise en eau des bassins	12
2.4.1 Profil d'humectation	13
2.5 Entretien des bassins	16
3. IRRIGATION PAR SILLONS	17
3.1 Conditions d'utilisation	17
3.1.1 Cultures recommandées	17
3.1.2 Pentes adéquates	18
3.1.3 Types de sol appropriés	19
3.2 Aménagement des sillons	19
3.2.1 Longueur des sillons	19
3.2.2 Forme des sillons	21
3.2.3 Espacement des sillons	21
3.3 Aménagement des sillons	22
3.4 Mise en eau des sillons	24
3.4.1 Profils d'humectation	25
3.5 Pratiques agricoles	28
3.6 Entretien des sillons	28
4. IRRIGATION PAR PLANCHES	29
4.1 Conditions d'utilisation	29
4.2 Aménagement des planches	30
4.3 Mise en eau des planches	30
4.3.1 Profils d'humectation	31
4.4 Entretien des planches	32

	Page
5. IRRIGATION PAR ASPERSION	33
5.1 Conditions d'utilisation	33
5.1.1 Cultures recommandées	33
5.1.2 Pentes adéquates	33
5.1.3 Types de sol appropriés	33
5.1.4 Qualité de l'eau	33
5.2 Schéma type d'un réseau d'irrigation par aspersion	33
5.3 Fonctionnement du réseau	36
5.3.1 Profils d'humectation	36
5.3.2 Pluviométrie	38
5.3.3 Diamètres des gouttes d'eau	38
6. IRRIGATION AU GOUTTE A GOUTTE	39
6.1 Conditions d'utilisation	39
6.1.1 Cultures recommandées	39
6.1.2 Pentes adéquates	39
6.1.3 Types de sol appropriés	39
6.1.4 Qualité de l'eau	40
6.2 Schéma type d'un réseau d'irrigation au goutte à goutte	40
6.3 Fonctionnement de l'irrigation au goutte à goutte	42
6.3.1 Profils d'humectation	42
7. CHOIX D'UNE METHODE D'IRRIGATION	43
7.1 Irrigation de surface, aspersion ou au goutte à goutte	43
7.2 Irrigation par bassins, par sillons ou par planches	45
Annexe 1 Prises d'eau et mesure des débits des siphons	49
Annexe 2 Taux d'infiltration et mesure in situ	52
Annexe 3 Règle du quart et durée d'irrigation	59
Annexe 4 Evaluation de la performance à l'irrigation	61
Références supplémentaires	65

LISTE DES FIGURES

	Page
1. Arrosage des plantes avec un arrosoir	1
2. Irrigation par bassins	2
3. Alimentation des sillons par siphons	2
4. Alimentation des planches par siphons	3
5. Irrigation par aspersion	3
6. Irrigation au goutte à goutte	4
7. Irrigation par bassins: repiquage du riz	5
8. Terrasses	6
9. Forme et dimensions des diguettes provisoires et permanentes	9
10. Délimitation des bassins	9
11. Matérialisation d'une courbe de niveau	10
12. Adosseur en forme de A	10
13. Mise en place des diguettes	10
14. Implantation des terrasses	11
15. Méthode directe d'alimentation en eau	12
16. Méthode de mise en eau en cascade	12
17. Profil d'humectation idéal	13
18. Une nappe d'eau perchée au-dessus d'une couche quasi imperméable du sous-sol	14
19. Profil d'humectation d'un bassin à nivellement insuffisant	15
20. Profil d'humectation dans le cas où le débit d'eau est insuffisant	15
21. Sous-irrigation	16
22. Irrigation excessive	16
23. Irrigation par sillons	17
24. Vue de dessus et section des sillons et des billons	17
25. Sillons en zigzag	18
26. Sillons de contour	18
27. Longueur du champ et longueur du sillon	20
28. Sillon profond et de faible ouverture en sol sableux	21
29. Sillon large et de faible profondeur en sol argileux	21
30. Sillon à billon double	21
31. Adosseur-trancheur	22
32. Les piquets sont enfoncés le long de la ligne droite	22
33. Une barre d'attelage (palonnier) avec adosseurs, tirée par un tracteur, pour ouvrir 4 sillons simultanément	23
34. Matérialisation des sillons de base	24
35. Ouverture des sillons	24
36. Tuyau d'alimentation avec vannettes	24
37. Irrigation par sillons alternés	25
38. Les différents types des profils d'humectation en fonction du type du sol	25
39. Profil d'humectation idéal	26
40. L'espacement entre deux sillons adjacents est trop grand	27
41. Le courant d'eau est trop faible pour assurer l'humidification des billons	27
42. Courant d'eau à fort débit entraînant le débordement par les eaux ou l'érosion	27
43. Protection contre l'engorgement d'eau	28
44. Plantations en cas de pénurie d'eau	28
45. Prévention contre l'accumulation des sels	28
46. Cultures d'hiver et du début du printemps: plantations sur le côté ensoleillé du billon	28
47. Irrigation par planches	29
48. Irrigation par planches: terrain à nivellement insuffisant	29
49. Effet de la pente transversale sur le ruissellement des eaux sur la planche	31
50. Faible courant d'eau	31
51. Courant d'eau à fort débit	31
52. Mise en eau des planches	32
53. Schéma type d'un réseau d'irrigation par aspersion	34
54. Réseau d'irrigation par aspersion avec deux rampes mobiles (à déplacement manuel)	34
55. Démontage et transport d'une rampe	35
56. Une installation moderne d'irrigation par aspersion (Le Pivot)	36
57. Profil d'humectation d'un asperseur isolé	37
58. Profils d'humectation des asperseurs en fonctionnement simultané	37
59. Irrigation par aspersion	38

	Page
60. En irrigation au goutte à goutte, seule la zone racinaire est humidifiée	39
61. Schéma type d'une installation d'irrigation au goutte à goutte	40
62. Types de goutteurs	41
63. Rampe en dérivation (loupe)	41
64. Profils d'humectation (bulbe humide) des sols sableux et argileux à faible et fort débits	42
65. L'irrigation de surface nécessite une main-d'oeuvre importante	44
66. Nivelage des terres par traction animale	47
67. L'irrigation par bassins est relativement simple	48
68. Ouvertures sur la berge du canal d'amenée	49
69. Siphons	49
70. Tuyaux d'alimentation	49
71. Mesure de la charge	50
72. Mesure du débit des siphons	50
73. Amorçage d'un siphon	51
74. Dispositif de mesure in situ	52
75. Infiltromètre à deux cylindres, ou bien un cylindre entouré d'une levée	53
76. Modèle d'une courbe d'infiltration	56
77. Progression du front d'eau	59
78. Recul du front d'eau	59
79. Distribution d'eau avec un courant d'eau à faible débit	59
80. Distribution d'eau avec un courant d'eau adéquat	60
81. Implantation des piquets en bois à 5 m d'intervalle	61
82. Pertes par percolation profonde	62

LISTE DES TABLEAUX

1. Ordres de grandeur des valeurs maximums de la largeur d'un bassin	7
2. Ordres de grandeur des superficies maximums des bassins pour différents types de sol, en fonction du débit dérivé	7
3. Ordres de grandeur des longueurs maximums des sillons en fonction de la pente, type du sol, débit et dose d'arrosage	20
4. Ordres de grandeur des longueurs et des largeurs maximums des planches	30
5. Sélection de la méthode d'irrigation en fonction de la dose d'arrosage nette	47
6. Débits des siphons et des tuyaux d'alimentation	50
7. Taux d'infiltration en régime permanent pour différents types de sol	52
8. Feuille de mesure: Taux d'infiltration	55

CHAPITRE 1: INTRODUCTION

La desserte adéquate en eau est essentielle pour la croissance ou le développement végétatif des cultures. Lorsque les précipitations sont insuffisantes, l'irrigation serait nécessaire pour couvrir les besoins en eau des cultures. Il existe actuellement plusieurs méthodes d'irrigation pour la desserte en eau des cultures. Chaque méthode présente en même temps des avantages et des désavantages, qui doivent être pris en considération lors de la sélection de la méthode qui s'adapte le mieux aux conditions locales.

La méthode d'irrigation la plus élémentaire consiste à transporter l'eau à partir de la source d'alimentation, e.g. un puits, à chaque plante avec un seau ou un arrosoir (voir figure 1).



Figure 1 Arrosage des plantes avec un arrosoir

Cette méthode nécessite une main-d'oeuvre importante, un long travail et un grand effort. Cependant, elle est fortement convenable pour l'irrigation des petits jardins de légumes, à proximité immédiate de la source d'eau.

L'irrigation des grandes superficies, ou des périmètres d'irrigation, nécessite le recours à d'autres méthodes d'irrigation plus perfectionnées. Les trois techniques les plus couramment utilisées sont: l'irrigation de surface, l'irrigation par aspersion, et l'irrigation au goutte à goutte.

Irrigation de surface:	irrigation par bassins irrigation par sillons/à la raie irrigation par planches
Irrigation par aspersion	
Irrigation au goutte à goutte	

1.1 IRRIGATION DE SURFACE

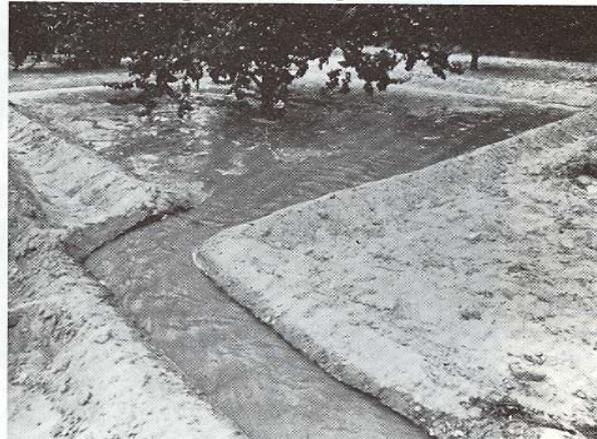
L'irrigation de surface consiste à amener l'eau au point le plus haut du terrain et à la laisser s'écouler par gravité. L'eau est ensuite distribuée au champ, soit par submersion (irrigation par bassins), soit dans des sillons en terre (irrigation par sillons) ou bien par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage (irrigation par planches).

IRRIGATION PAR BASSINS

Les bassins sont constitués de cuvettes en terre, à fond à peu près plat, entourées de diguettes de faible hauteur ou levées (voir section 2.2.2). Ces levées sont conçues pour empêcher le passage de l'eau aux champs adjacents. Cette technique est utilisée, d'une façon générale, pour l'irrigation des rizières sur terrain plat, ou des terrasses à flanc de coteau (voir figure 2a). La méthode par bassins est aussi utilisée pour l'irrigation des arbres fruitiers; dans ce cas une petite cuvette (bassin) est aménagée autour de chaque arbre (figure 2b). En général, cette technique d'irrigation s'applique à toutes les cultures qui peuvent tolérer la submersion par les eaux pour une longue durée (e.g. 12-24 heures).



a) Irrigation par bassins à flanc de coteau



b) Irrigation par bassins pour les arbres fruitiers

Figure 2 Irrigation par bassins

IRRIGATION PAR SILLONS/A LA RAIE

Les sillons sont des petites rigoles en terre, aménagées dans le sens de la pente du terrain, pour transporter l'eau entre les rangées de cultures. L'eau s'infiltré dans le sol, principalement par les côtés du sillon, tout le long de son trajet dans le sens de la pente du terrain. Généralement, les plantes sont cultivées sur les billons séparant les sillons (voir figure 3). Cette technique est valable pour l'irrigation de toutes les cultures en lignes et pour toutes les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux de leur feuillage ou de leur collet pour une longue durée (e.g. 12-24 heures).

Les sillons sont alimentés par des prises d'eau aménagées sur les berges du canal d'amenée. Ces ouvrages de prise peuvent être soit de simples ouvertures aménagées sur les berges du canal d'amenée, soit des siphons, ou bien des tuyaux d'alimentation passant à travers la berge du canal d'amenée (voir Annexe 1).



Figure 3 Alimentation des sillons par siphons

IRRIGATION PAR PLANCHES

Les planches sont des bandes de terrain, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes. Elles sont aussi appelées calants ou planches d'arrosage.

L'alimentation en eau des planches est faite de plusieurs façons: soit à l'aide de prises d'eau aménagées sur le canal d'amenée et équipées d'une vannette, soit par des siphons, ou bien par des tuyaux d'alimentation passant à travers les berges du canal d'amenée. La lame d'eau introduite ruisselle en descendant la pente de la planche, guidée par les diguettes des deux côtés de celle-ci (voir figure 4).



Figure 4 Alimentation des planches par siphons

1.2 IRRIGATION PAR ASPERSION

La technique d'irrigation par aspersion est conçue sur le modèle de la pluie naturelle. L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, ensuite elle est diffusée par des asperseurs rotatifs sous la forme d'une pluie artificielle.



Figure 5 Irrigation par aspersion

1.3 IRRIGATION AU GOUTTE A GOUTTE

L'irrigation au goutte à goutte consiste à amener l'eau sous pression dans un système de canalisations, généralement en PVC; cette eau est ensuite distribuée en gouttes au champ par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations. La zone humidifiée du sol est celle située au voisinage immédiat des racines des plantes. Par conséquent, cette méthode d'irrigation a un haut degré d'efficacité de distribution d'eau (figure 6). L'irrigation au goutte à goutte est aussi appelée micro-irrigation.



Figure 6 Irrigation au goutte à goutte



1.4 EXPLOITATION DES RESEAUX D'IRRIGATION

Quelle que soit la technique d'irrigation utilisée, le but final est d'avoir une récolte de qualité supérieure et une productivité élevée. Pour cela la bonne conception du réseau, sa bonne exécution et la pratique judicieuse des irrigations sont de première importance. Les travaux d'entretien qui ont pour objet de garder l'infrastructure du réseau et les ouvrages en bon état de fonctionnement sont souvent négligés. Ce fait a toujours amené la baisse du rendement (efficacité) de distribution d'eau (voir aussi Volume 4) et a conduit à la réduction du profit qu'on peut tirer des techniques d'irrigation.

Les canaux, les ouvrages et les réseaux de distribution doivent faire l'objet d'un contrôle régulier. La réparation immédiate des ouvrages endommagés et le remplacement des équipements défectueux doivent être les premiers résultats de ce contrôle régulier. L'entretien des canaux et des ouvrages est explicité dans les Volumes traitant ces composantes de l'infrastructure. L'entretien des réseaux d'irrigation de surface est traité plus loin dans les sections 2.5, 3.6, 4.4. Les travaux d'entretien des réseaux d'irrigation par aspersion et au goutte à goutte sont généralement décrits dans les manuels fournis par les fabricants de ce genre d'équipement.

CHAPITRE 2: IRRIGATION PAR BASSINS

2.1 CONDITIONS D'UTILISATION

Ce chapitre traite des cultures et des conditions de pente et du type du sol favorables à l'utilisation de la méthode d'irrigation par bassins. Le chapitre 7 traite les critères de sélection de cette technique par comparaison aux autres techniques d'irrigation.

2.1.1 Cultures recommandées

La technique par bassins convient à l'irrigation d'un grand nombre de cultures. C'est la technique la plus appropriée à l'irrigation des rizières. La productivité des rizières est plus forte quand elles sont submergées d'eau (figure 7).



Figure 7 Irrigation par bassins: repiquage du riz

Cette technique est aussi utilisée pour l'irrigation d'autres types de cultures, à savoir:

- les pâturages, e.g. luzerne, trèfle;
- les arboricultures, e.g. agrumes, bananiers;
- les cultures semées à la volée (céréales);
- les cultures en lignes (tabac).

L'irrigation par bassins n'est pas recommandée pour les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux pour des durées supérieures à 24 heures.

La méthode par bassins n'est généralement pas recommandée pour l'irrigation des cultures à racine tubercule et à tubercules, telles que la pomme de terre, la cassave et les carottes, cultures qui, nécessitent un sol bien meuble et bien drainé.

2.1.2 Pentes adéquates

Les terrains plats sont les plus appropriés à l'aménagement des bassins. En effet, la pente étant faible ou presque nulle, les travaux de nivellement requis seront de faible importance.

Les bassins sont aussi aménagés sur des terrains en pente, et même en forte pente. Dans ces conditions, les cuvettes des bassins sont aménagées en gradins qu'on appelle aussi terrasses (figure 8).



Figure 8 Terrasses

2.1.3 Types de sol appropriés

L'adoption de la technique d'irrigation par bassins pour un type de sol donné n'est jamais arrêtée indépendamment de la nature des cultures pratiquées. Une distinction doit être faite entre le riz et les autres cultures.

Les sols argileux sont les plus favorables aux rizières du fait de leur quasi-imperméabilité qui limite les pertes par percolation en profondeur. Le riz est aussi cultivé sur des sols sableux, mais alors la dose d'irrigation doit être forte pour compenser les pertes par percolation. Ces cas sont généralement rencontrés dans les bas-fonds. La méthode des bassins pourrait être utilisée pour l'irrigation de toutes sortes de cultures autres que le riz sur sols argileux, mais les sols limoneux sont préférables. En effet, pour les sols limoneux, les problèmes d'engorgement d'eau (saturation permanente du sol) sont inexistantes. Cette technique n'est pas à adopter sur du gros sable où les pertes par percolation profonde sont trop fortes (la méthode de détermination du taux d'infiltration est présentée en détail à l'Annexe 2). De la même manière, la méthode d'irrigation par bassins n'est pas recommandée pour des sols qui forment une croûte dure (encroûtement) quand ils sont secs.

2.2 AMENAGEMENT DES BASSINS

L'aménagement des bassins n'est pas uniquement limité à définir leur forme et leur taille, mais aussi celles des diguettes ou des levées de terre. Quelle forme de bassin doit-on adopter: carrée, rectangulaire ou irrégulière? Quelle sera la superficie du bassin: 10, 100, 1 000 ou bien 10 000 m²? Quelle sera la hauteur des levées: 10, 50 ou bien 100 cm? Quelle sera la forme de cette levée? Tous ces aspects seront traités dans les sections suivantes.

2.2.1 La forme et la taille des bassins

La forme et la taille d'un bassin sont essentiellement déterminées en fonction de la pente du terrain, du type du sol, du débit du courant d'eau disponible (faible, suffisant ou fort), de la dose d'irrigation à fournir, et des pratiques agricoles.

LARGEUR DU BASSIN

La contrainte principale qui limite la largeur d'un bassin est la pente du terrain. En terrain à forte pente, la largeur du bassin doit être faible pour éviter des excavations importantes. Le tableau 1 donne des ordres de grandeur de la valeur maximum de la largeur d'un bassin ou d'une terrasse, en fonction de la pente du terrain.

Parmi les facteurs qui peuvent aussi affecter la largeur d'un bassin, on peut citer:

- la profondeur du sol fertile,
- la technique adoptée pour
- l'aménagement,
- les pratiques agricoles.

Au cas où la couche en surface est peu profonde, il faut éviter les excavations importantes qui peuvent atteindre les couches infertiles du sol. Pour cela les bassins sont de faible largeur pour que le nivellement soit fait avec des excavations peu profondes ou de faible importance.

La largeur d'un bassin aménagé à l'aide de la main-d'oeuvre est généralement plus faible que celle d'un autre aménagé à l'aide des machines agricoles. En effet, dans ce dernier cas la largeur du bassin doit être au moins égale à la largeur nécessaire à la manoeuvre des machines agricoles.

De même, les bassins sont de faible largeur si le labourage et les autres travaux agricoles sont faits à l'aide de la main-d'oeuvre ou bien par traction animale. L'utilisation des machines agricoles requiert l'adoption de bassins de largeur plus importante, qui sont un multiple entier de la largeur de la machine agricole utilisée. Ceci permet une large mécanisation des activités agricoles.

TAILLE DES BASSINS

La taille d'un bassin dépend de la pente du terrain, de la nature du sol et du débit d'eau dérivé. Le tableau 2 donne l'ordre de grandeur de la superficie maximum que peut avoir un bassin, en fonction de la pente du terrain et du débit du courant d'eau dérivé.

Tableau 1 ORDRES DE GRANDEUR DES VALEURS MAXIMUMS DE LA LARGEUR D'UN BASSIN (m)

Pente (‰)	Largeur maximum (m)	
	Moyenne	Valeurs limites
0.2	45	35-55
0.3	37	30-45
0.4	32	25-40
0.5	28	20-35
0.6	25	20-30
0.8	22	15-30
1.0	20	15-25
1.2	17	10-20
1.5	13	10-20
2.0	10	5-15
3.0	7	5-10
4.0	5	3-8

Tableau 2 ORDERS DE GRANDEUR DES SUPERFICIES MAXIMUMS DES BASSINS (m²) POUR DIFFERENTS TYPES DE SOL, EN FONCTION DU DEBIT DERIVE (l/s)

Débit du courant d'eau (l/s)	Sable	Limon sableux	Limon argileux	Argile
5	35	100	200	350
10	65	200	400	650
15	100	300	600	1000
30	200	600	1200	2000
60	400	1200	2400	4000
90	600	1800	3600	6000

Exemple d'application

Question: Déterminer les dimensions d'un bassin dans les conditions suivantes: un sol profond, limon argileux et une pente de 1 %. Le bassin doit être aussi large que possible, car les travaux d'aménagement seront mécanisés. Le débit du courant d'eau dérivé est de 25 l/s.

Réponse: Le tableau 1 donne une marge de 15-25 m de largeurs possibles pour une pente de 1 %. Comme le bassin doit être aussi large que possible, nous adoptons 25 m.

Le tableau 2 donne une superficie de 1000 m pour un sol limon argileux, et un débit de 25 l/s.

Par suite, la longueur du bassin est: $1000/25 = 40$ m.

Note: Dans cet exemple nous avons déterminé les dimensions maximums du bassin. Néanmoins, ces dimensions sont à réadapter aux conditions du terrain. Ceci n'affectera en rien la performance d'irrigation.

Par ailleurs la taille du bassin est aussi fonction de la dose d'arrosage (en mm). Si la dose d'arrosage requise est importante, le bassin doit avoir une grande superficie. Par contre si la dose d'arrosage est faible, la superficie du bassin doit être plus petite, pour que l'eau puisse couvrir d'une manière uniforme la totalité de la cuvette du bassin (voir Annexe 3).

Comme il a été indiqué plus haut, les pratiques agricoles peuvent aussi limiter les dimensions des bassins. En effet, dans les pays en voie de développement, les exploitations sont de petites tailles et les travaux agricoles sont faits à l'aide de la main-d'oeuvre. Pour cela, les bassins sont généralement de faibles dimensions, à préparation facile, et la mise en eau est faite avec des courants d'eau à faibles débits.

Dans les grandes exploitations, les bassins seront aussi larges que possible pour pouvoir manoeuvrer les machines agricoles sur une grande superficie de terrain. Les dimensions du bassin seront autant que possible des multiples entiers de la largeur des machines pour faciliter les travaux agricoles. Par ailleurs, pour les grands bassins, les pertes de terrain agricole sont réduites (moins de surface perdue pour les diguettes), la mise en eau est faite par des courants d'eau à gros débits, et les doses d'arrosage sont fortes.

La forme du bassin peut être carrée, rectangulaire ou irrégulière. La forme est essentiellement fonction de la pente. Dans les terrains à pente forte et irrégulière, les bassins sont généralement longs et étroits. Le grand côté suit la courbe de niveau. Comme la pente du terrain est irrégulière, la courbe de niveau le sera aussi, et il s'ensuit que la forme du bassin sera elle aussi irrégulière.

EN RESUME

LES BASSINS DOIVENT ETRE PETITS SI:

1. La pente de terrain est forte.
2. Le sol est sableux.
3. Le débit du courant d'eau dérivé est faible.
4. La dose d'irrigation est faible.
5. La préparation du terrain est faite avec de la main-d'oeuvre ou bien par traction animale.

LES BASSINS PEUVENT ETRE GRANDS SI:

1. Le terrain est plat ou à pente douce.
2. Le sol est argileux.
3. Le débit du courant d'eau dérivé est important.
4. La dose d'irrigation est importante.
5. Les travaux de préparation sont mécanisés.

2.2.2 Forme et dimensions des diguettes

Les diguettes sont des petits bourrelets de terre qui servent à retenir l'eau d'irrigation dans les bassins. Elles sont parfois appelées billons, ados ou levées. La hauteur de la diguette est fonction de la dose d'arrosage et de la revanche. La revanche est la marge de sécurité entre le plan d'eau dans le bassin et la crête de la diguette, pour éviter le débordement des eaux.

La diguette doit être suffisamment large pour assurer sa stabilité et pour bloquer les fuites d'eau.

Les **diguettes provisoires** ont des largeurs de 60 à 120 cm à la base et une hauteur de 15-30 cm au-dessus du terrain naturel. Pour une revanche de 10 cm, la retenue d'eau sera d'une hauteur de 5-20 cm. Les diguettes provisoires sont pratiquées dans les champs à cultures annuelles, elles sont donc à refaire à chaque saison d'irrigation.

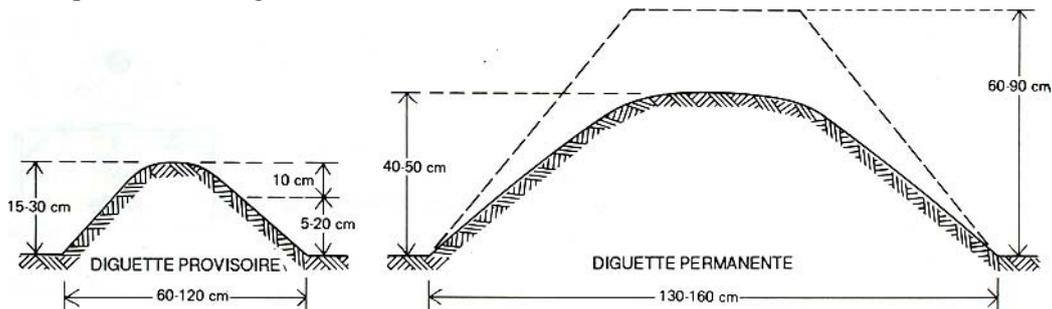


Figure 9 Forme et dimensions des diguettes provisoires et permanentes

Les **diguettes permanentes** ont généralement des largeurs de 130-160 cm à la base. La hauteur est de 60-90 cm au départ; après tassement cette hauteur devient 40-50 cm. Le tassement définitif (l'affaissement de la masse de la diguette sous son propre poids) est généralement atteint au bout de quelques mois.

Les diguettes permanentes sont principalement rencontrées dans les rizières et dans les champs où la même culture est pratiquée pour plusieurs années de suite (cultures pluriannuelles). Elles sont aussi utilisées comme voies de passage entre les champs de riz. Les diguettes provisoires sont aussi utilisées pour subdiviser les champs délimités par les diguettes permanentes, comme le montre la figure 15.

2.3 AMENAGEMENT DES BASSINS

L'aménagement des bassins comprend les étapes suivantes: piquetage, façonnage des diguettes, nivelage et régalinge des cuvettes des bassins.

Première étape: Piquetage (délimitation des bassins)

Avant de procéder aux travaux d'aménagement proprement dits, il faut délimiter les bassins et matérialiser l'emplacement des diguettes. L'alignement des diguettes est matérialisé par des piquets en bois (piquetage) ou en métal, des ficelles ou bien de la poudre de craie.

En terrain plat, la forme des bassins est soit carrée, soit rectangulaire (figure 10). Ainsi la

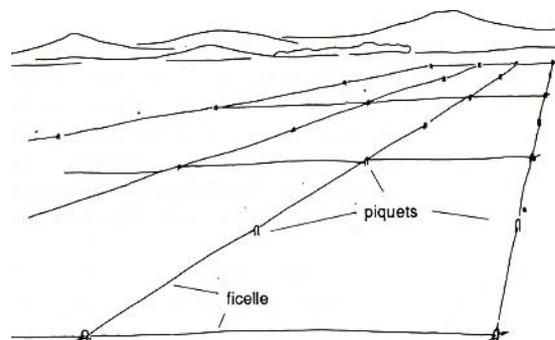
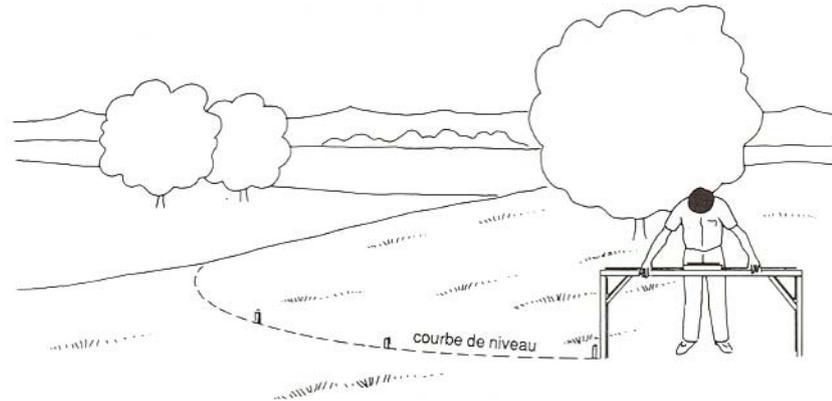


Figure 10 Délimitation des bassins

délimitation des bassins est une opération simple, car elle implique uniquement des tracés en ligne droite. En terrain accidenté ou en pente, les bassins ont une forme irrégulière et sont aménagés en terrasses. Les terrasses sont conçues de façon que les diguettes suivent les courbes de niveau; les dénivellations dans chaque bassin ne doivent pas être fortes pour que le nivelage n'entraîne pas des excavations excessives (voir tableau 1).

L'implantation des terrasses consiste en premier lieu à matérialiser une courbe de niveau appropriée (figure 11, voir aussi Volume 2). C'est sur cette ligne que la première diguette sera mise en place. En remontant la pente du terrain, on matérialise une deuxième courbe de niveau pour mettre en place la deuxième diguette, et ainsi de suite.

Figure 11
Matérialisation d'une
courbe de niveau



Deuxième étape: Mise en place des diguettes

Les diguettes permanentes ou provisoires sont amassées soit à l'aide de la main-d'oeuvre locale, soit avec des équipements actionnés par traction animale ou par des tracteurs. Les matériaux sont pris de la zone d'emprunt au voisinage immédiat de la diguette, ce qui laisse une dépression de part et d'autre de celle-ci (sillon d'emprunt). Cette dépression est soit surfacée ultérieurement, soit utilisée à d'autres fins comme une rigole ou un drain.

L'adosseur en forme de A est l'outil le plus pratique pour la mise en place des diguettes (figure 12). L'adosseur consiste en deux flasques (en bois ou en métal), placées de champ et entretoisées de façon à présenter une large ouverture à l'avant et une ouverture resserrée à l'arrière. Les flasques servent de lames pour creuser le sol et le tasser en forme de diguette ou de levée (figure 13). L'adosseur type à traction animale est fait de flasques de 20 cm d'épaisseur, de 2 m de long, avec une ouverture de 1,5 m en tête et de 30 cm à l'arrière.

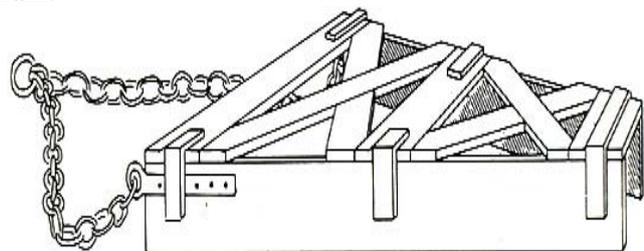


Figure 12 Adosseur en forme de A

Avant de procéder à la mise en place des diguettes, il est toujours préférable de défoncer et d'ameublir la croûte du sol sur une profondeur de 10-15 cm. Ainsi les lames de l'adosseur pourront facilement amasser le sol meuble et former les diguettes.

Quelle que soit la méthode utilisée, il est primordial que les diguettes soient bien compactées pour éviter les fuites d'eau par infiltration.

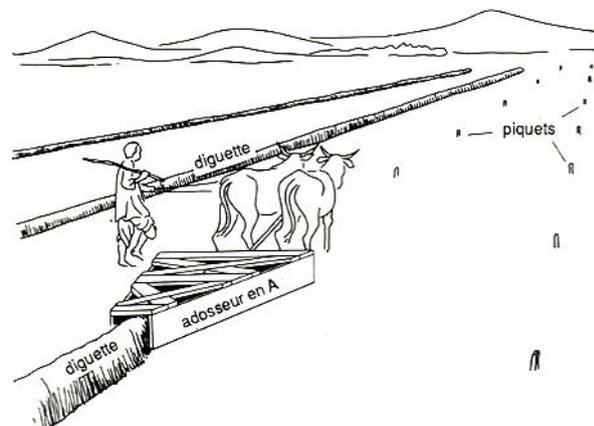


Figure 13 Mise en place des diguettes

Troisième étape: Nivelage et régalinge du terrain

Cette étape est la plus difficile dans l'aménagement des bassins, car elle requiert des travaux de nivellement assez soignés.

En terrain plat, les travaux de nivellement se limitent à l'arasement des mottes de terre et au surfacage des dépressions, de façon que la cuvette du bassin soit plane à ± 3 cm près. Ce travail peut être fait selon la taille du bassin soit à la main, soit par un traîneau en bois remorqué par un tracteur. En tout cas, il est difficile de déceler à l'oeil nu des irrégularités de surface de ± 3 cm, et ce n'est qu'à la mise en eau qu'on peut déceler les imperfections. Pour cela le régalinge et le surfacage d'un bassin sont faits en plusieurs étapes.

La préparation des rizières est beaucoup plus simple. Le bassin est planté, puis mis en eau. Une fois que le plan d'eau est formé, les imperfections sont décelées à l'oeil nu et les mottes de terre repérées. Celles-ci seront tout de suite arasées, ce qui rabaisse le plan d'eau, permettant ainsi le repérage d'autres imperfections, et ainsi de suite. Ce travail de régalinge est généralement effectué par une planche à niveler actionnée par traction animale ou par un tracteur. Cette méthode rompt la structure du sol; pour cela elle n'est pas à conseiller pour le surfacage des champs de cultures à part les rizières.

Dans le cas des terrains en pente, le nivelage des terrasses est effectué par déplacement des terres des régions hautes aux régions basses du terrain (figure 14). Une fois la terrasse constituée et la diguette formée, on procède au rétablissement des fossés d'emprunt. Cette dernière opération doit être faite avec soin, puisqu'elle ne doit pas entraîner la réduction de la hauteur des diguettes, et par suite courir le risque de débordement des eaux.

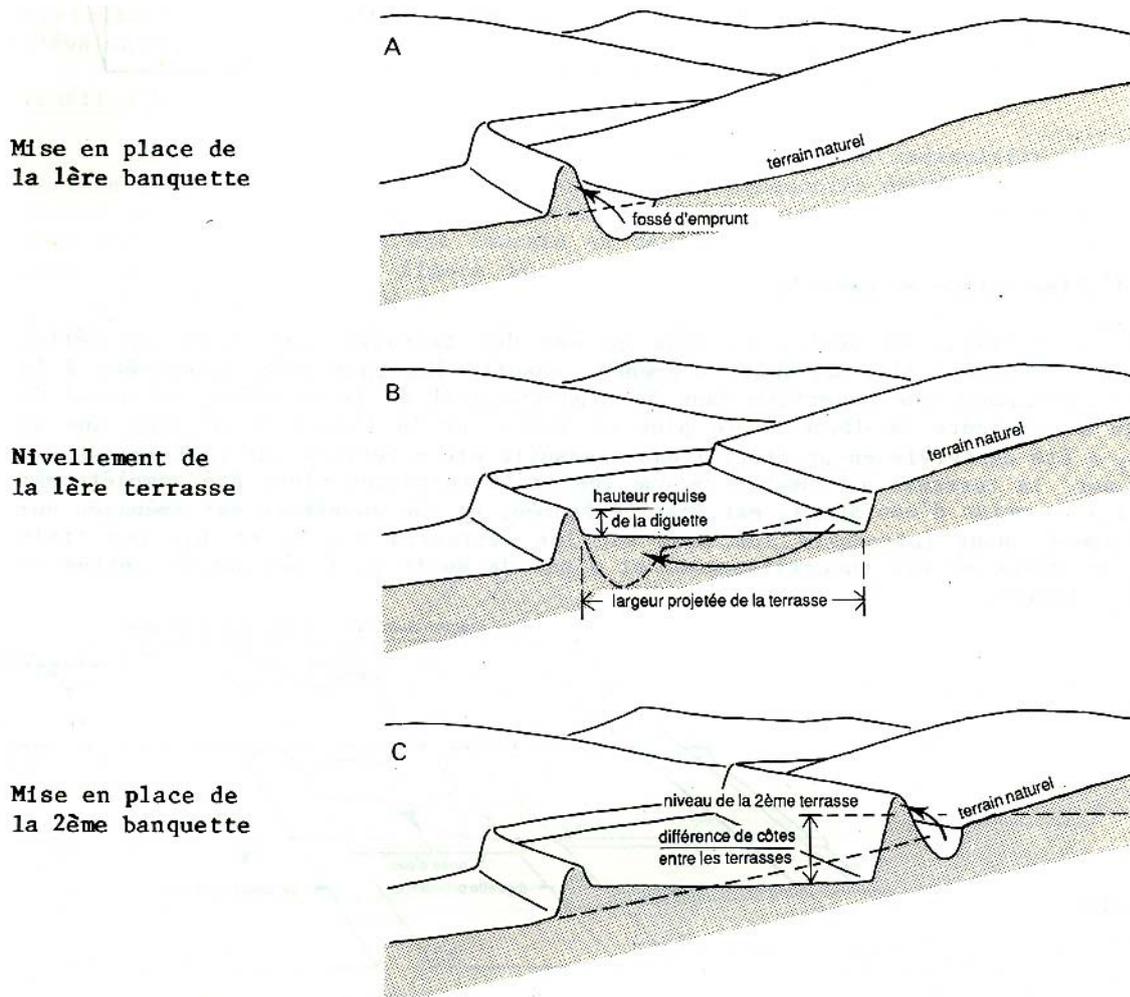


Figure 14 Implantation des terrasses

2.4 MISE EN EAU DES BASSINS

Il y a deux méthodes de mise en eau des bassins: la méthode directe et la méthode en cascade.

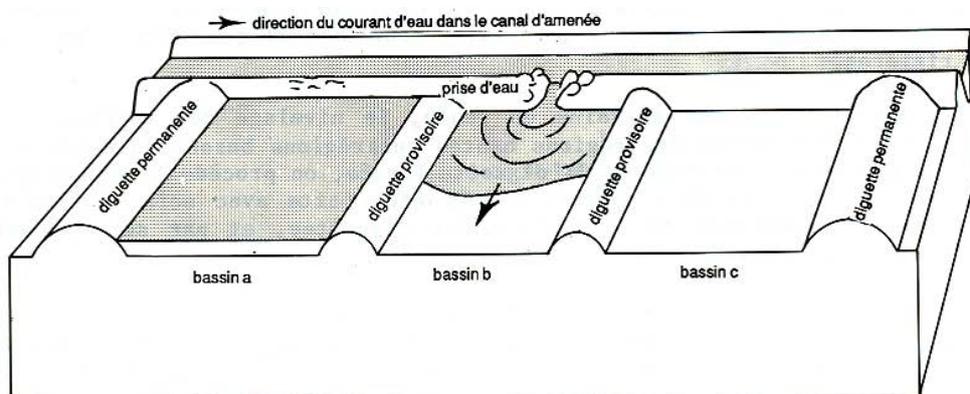
La méthode directe

Les eaux d'irrigation sont directement introduites dans le bassin à partir du canal d'amenée par l'Intermédiaire soit de siphons, soit de tuyaux d'alimentation traversant la diguette, ou bien par des ouvertures aménagées dans la diguette (voir aussi Annexe 1).

La figure 15 illustre cette technique d'irrigation où le bassin "a" est irrigué en premier, le bassin "b" ensuite, etc.

Les bassins se suivent sur le canal d'amenée. Cette technique est recommandée pour l'irrigation de la plupart des cultures et s'adapte à l'irrigation de la plupart des types du sol.

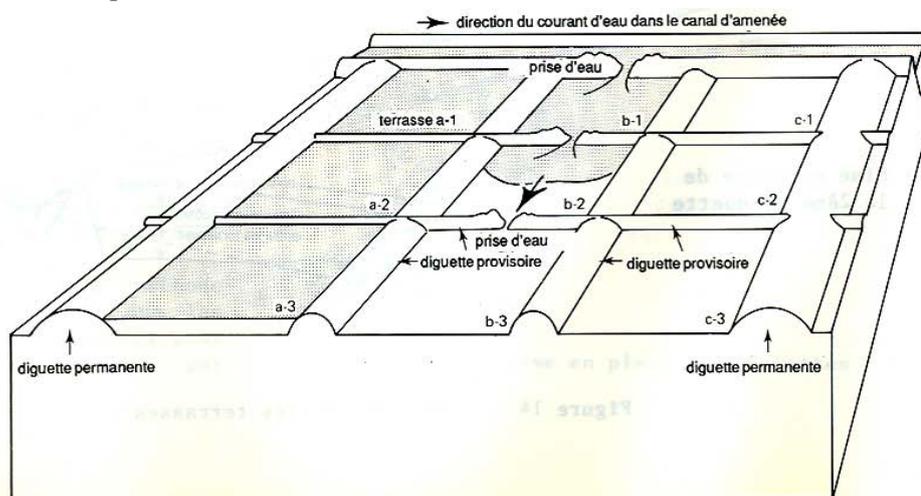
Figure 15
Méthode directe
d'alimentation
en eau



La méthode d'alimentation en cascade

Dans les terrains en pente, la mise en eau des terrasses est faite en série. D'abord la première à partir du canal d'amenée, ensuite les eaux sont acheminées à la suivante en pratiquant une ouverture dans la diguette aval de la première, et ainsi de suite jusqu'à atteindre la diguette le plus en aval. Sur la figure 16 on voit que la terrasse a₁ a été desservie en premier; l'eau a ensuite été acheminée sur la terrasse a₂, et ensuite sur la terrasse a₃ jusqu'à ce que les trois terrasses aient été complètement mises en eau. La prise d'eau sur a₁ est ensuite fermée, et une ouverture est aménagée sur le canal d'amenée pour introduire les eaux sur les terrasses b₁, b₂, et b₃. Les trois terrasses sont mises en eau successivement, et ainsi de suite pour les autres séries de terrasses en cascade.

Figure 16
Méthode de mise
en eau en cascade



Cette méthode est très appropriée à l'irrigation des rizières à sols argileux, où les pertes par infiltration et par percolation sont faibles. Cependant, cette technique n'est pas la meilleure pour l'irrigation des terrasses en cascade, à sols sableux ou limoneux. En effet, les pertes par percolation sont excessives, lors du transit de l'eau des terrasses en amont vers les autres en aval. Pour surmonter cette difficulté, on peut utiliser un sillon d'emprunt ou bien aménager une rigole pour transiter l'eau vers les terrasses en aval. Ainsi, les terrasses en aval seront mises en eau en premier, la terrasse se trouvant immédiatement en amont en second, et ainsi de suite. Il s'ensuit que les terrasses qui sont en amont, au voisinage immédiat du canal d'amenée, seront les dernières à être mises en eau.

Dans les rizières aménagées en une longue série de terrasses en cascade, il est d'usage courant d'alimenter les terrasses d'une manière continue mais avec de faibles débits d'eau. La dose d'irrigation est ainsi facilement contrôlée en observant le débit de drainage. Si le débit de drainage est nul, le débit d'eau en amont des terrasses serait à augmenter. Par contre si le débit de drainage est important, le débit du courant d'eau serait à diminuer.

2.4.1 Profil d'humectation

Pour avoir une bonne productivité, il est primordial que la zone racinaire des cultures reçoive exactement la dose d'arrosage requise (voir aussi Volume 3: Besoins en eau d'irrigation) et que l'humidification soit uniforme sur toute cette zone racinaire.

Si la dose d'irrigation est insuffisante, les cultures vont souffrir d'un déficit hydrique, et par suite leurs productivités vont baisser. Par contre, si la dose d'irrigation est excessive, soit l'eau sera perdue par percolation, soit des flaques d'eau vont se former sur les sols argileux, et les cultures seront noyées. La détermination de la quantité d'eau juste nécessaire à la zone racinaire - en d'autres termes la dose d'irrigation nette - a été abordée au Volume 3. Dans les paragraphes qui suivent nous allons présenter les pratiques d'irrigation permettant d'aboutir à une distribution d'eau uniforme dans la zone racinaire; de plus, un exemple illustrant l'évaluation de la performance d'irrigation par bassins est présenté à l'Annexe 4.

Profil d'humectation idéal

Pour obtenir une humidification uniforme de la zone racinaire, il faut que la surface du bassin soit bien plane et que le temps nécessaire de mise en eau soit court. La figure 17 montre le profil d'humectation idéal: la surface du bassin est bien plane, la quantité d'eau nécessaire est fournie en dérivant un courant d'eau à débit convenable. Comme on le voit sur la figure 17, il est impossible d'avoir un profil d'humectation parfaitement uniforme tout le long de la zone racinaire des plantes. En effet, en amont du bassin la durée de mise en eau est plus longue qu'en aval. Pour cela des pertes par percolation vont avoir lieu à proximité immédiate du canal d'amenée, si l'on veut que la partie aval reçoive la quantité suffisante d'eau d'irrigation.

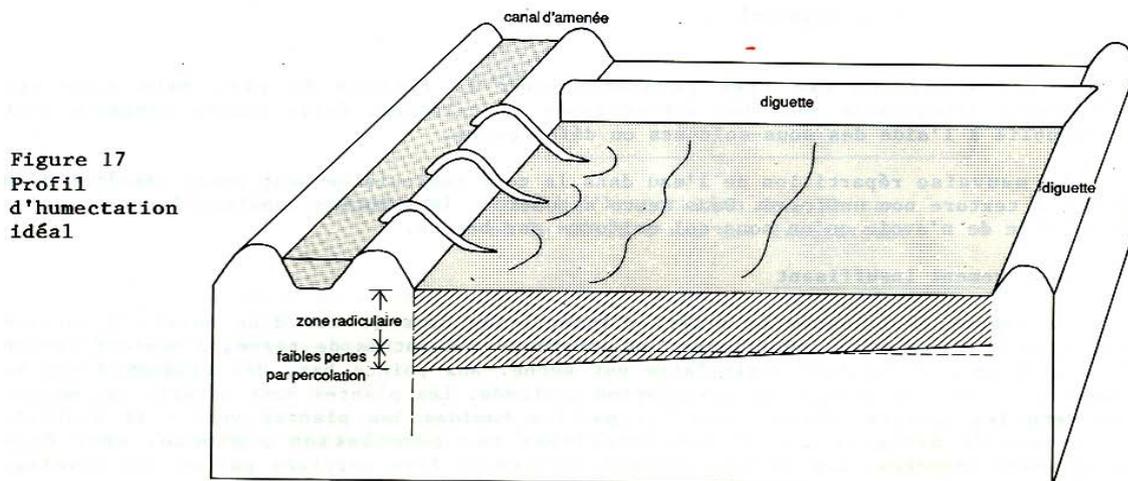


Figure 17
Profil
d'humectation
idéale

Profils d'humectation irréguliers

L'irrégularité d'un profil d'humectation suite à une mauvaise humidification du sol peut résulter:

- des conditions naturelles défavorables, telles qu'un sous-sol de bassin quasi imperméable, ou bien un sous-sol à texture non homogène;
- d'un aménagement inadéquat, tel qu'un surfaçage insuffisant;
- d'une mauvaise gestion de l'eau, telle que l'utilisation d'un courant d'eau inadéquat ou bien une distribution d'eau insuffisante ou excessive.

i. Conditions naturelles défavorables

On peut rencontrer une couche compacte ou quasi imperméable dans le sous-sol du bassin à 30-50.cm de la surface. Sa perméabilité est certainement très faible. L'eau va s'accumuler par capillarité au-dessus de cette couche en nappe d'eau perchée (figure 18). Il en résulte l'engorgement en eau du sous-sol.

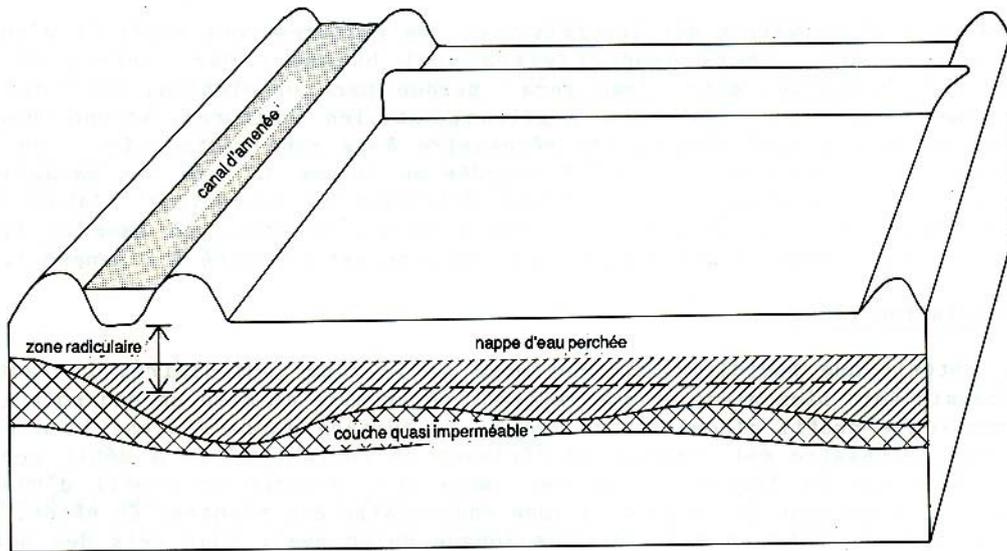


Figure 18 Une nappe d'eau perchée au-dessus d'une couche quasi imperméable du sous-sol

Cette situation est très favorable pour la culture du riz, mais elle est certainement défavorable pour les autres types de cultures. Cette couche compacte peut être ameublie à l'aide des sous-soleuses ou défonceuses.

La mauvaise répartition de l'eau dans la zone racinaire peut aussi résulter d'un sous-sol à texture non uniforme. Dans cette situation, la solution consiste à retracer les bassins afin de n'avoir qu'un sous-sol uniforme par bassin.

ii. Aménagement insuffisant

La figure 19 illustre le profil d'humectation dans le cas d'un bassin à surface ondulée ou à nivellement insuffisant. Au voisinage des mottes de terre, l'humidification est insuffisante et la zone racinaire est sèche. Aux points bas, des flaques d'eau se forment et l'eau est perdue par percolation profonde. Les plantes vont dépérir par manque d'eau dans les parties sèches. Dans les parties humides les plantes vont soit souffrir d'un manque de matières nutritives entraînées par percolation profonde, soit être complètement inondées. Ces défauts peuvent facilement être corrigés par un bon nivelage des bassins.

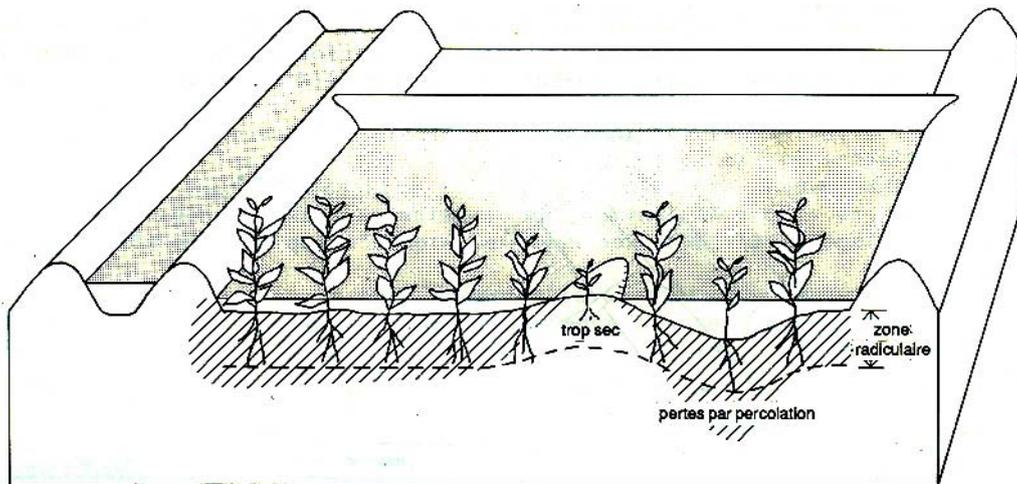


Figure 19 Profil d'humectation d'un bassin à nivellement insuffisant

iii. Mauvaise gestion de l'eau

La figure 20 illustre le cas de la mise en eau d'un bassin à l'aide d'un courant d'eau à débit faible. Par suite, le temps de mise en eau du bassin est trop long. L'amont du bassin au voisinage immédiat du canal d'amenée recevra une quantité excessive d'eau du fait de sa mise en eau pour un temps trop long. Par contre, l'autre extrémité du bassin recevra une quantité insuffisante d'eau ou restera sèche, et les plantations à cette extrémité vont dépérir par manque d'eau.

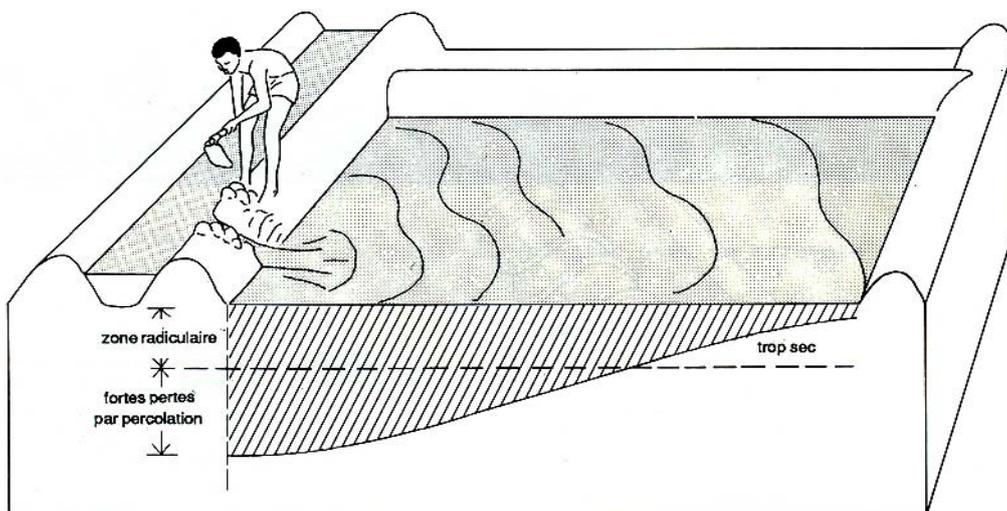


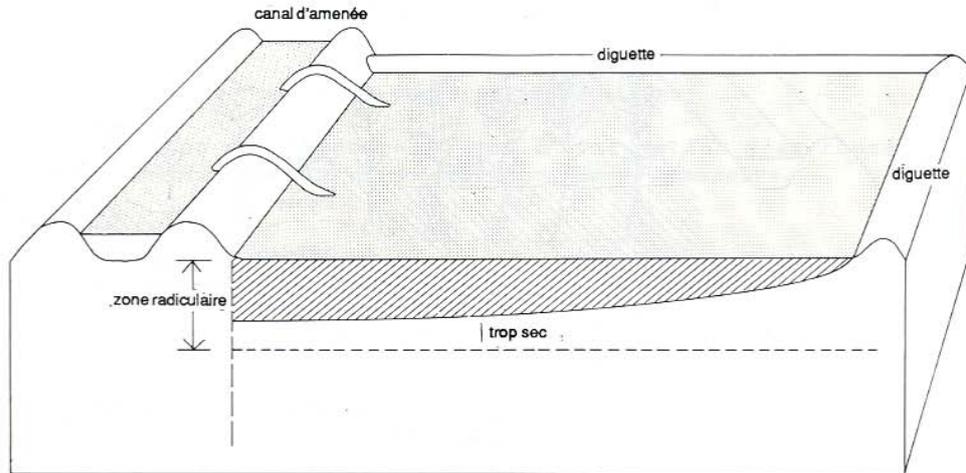
Figure 20 Profil d'humectation dans le cas où le débit d'eau est insuffisant

Les corrections à faire seraient:

- soit d'augmenter le débit du courant d'eau pour réduire le temps de mise en eau du bassin,
- soit de subdiviser le bassin en d'autres plus petits. En effet, ces derniers peuvent être irrigués par des courants d'eau à faibles débits.

Le cas d'un apport d'eau insuffisant est illustré à la figure 21; dans ce cas le profil d'humectation est nettement au-dessus de la limite inférieure de la zone racinaire. C'est ce qu'on appelle la "sous-irrigation", et elle a pour origine la sous-estimation du temps requis pour humidifier la totalité de la zone racinaire.

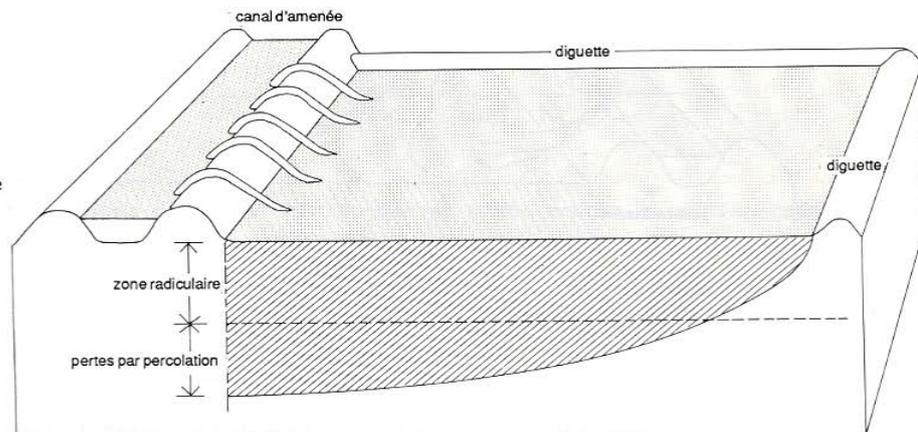
Figure 21
Sous-irrigation



En sous-irrigation, les pertes par percolation sont pratiquement nulles. Par conséquent cette technique est d'une haute performance à l'irrigation; mais d'un autre côté elle requiert des arrosages fréquents (tour d'eau trop court) pour couvrir les besoins en eau des plantes. D'autre part, le manque d'eau continu entraîne le sous-développement des racines des plantes qui risquent le dépérissement en cas de retards dans les irrigations (tour d'eau long).

La figure 22 illustre le cas où l'apport d'eau est excessif. C'est ce qu'on appelle "irrigation excessive ou surirrigation". Les pertes par percolation sont trop fortes. Les matières nutritives des plantes sont lessivées, ou bien, dans le cas particulier des sols argileux, les plantes sont noyées. La solution est évidemment d'apporter moins d'eau.

Figure 22
Irrigation excessive



2.5 ENTRETIEN DES BASSINS

Les diguettes peuvent s'éroder soit à cause de la pluie, soit par débordement des eaux, ou bien à cause de leur utilisation comme passages pour piétons. Il est par conséquent nécessaire de contrôler périodiquement les diguettes, noter les imperfections et les corriger immédiatement pour prévenir d'autres dégâts plus importants. La surface des bassins doit être contrôlée au début de chaque campagne agricole. La pré-irrigation pourrait bien servir à déceler les imperfections de surface - localisation des mottes de terre et des points bas - et constituerait par conséquent le meilleur moyen pour améliorer le régalaage et le surfaçage. Par ailleurs, le curage des canaux d'amenée doit être fait au début des irrigations pour éliminer tout dépôt de vase et arracher les mauvaises herbes.

CHAPITRE 3: IRRIGATION PAR SILLONS

Les sillons sont des petites rigoles parallèles en terre, aménagés pour le transport des eaux d'irrigation. Les plantes sont généralement cultivées sur les raies ou les billons séparant deux sillons consécutifs (figures 23 et 24).



Figure 23 Irrigation par sillons

3.1 CONDITIONS D'UTILISATION

La méthode d'irrigation par sillons est appropriée pour la plupart des cultures. Elle convient pour les terrains en pente, et pour plusieurs types de sol. Ce chapitre traite des conditions favorables à l'utilisation de cette technique. Les critères de sélection de cette technique par comparaison aux autres seront traités au chapitre 7.

3.1.1 Cultures recommandées

La méthode d'irrigation par sillons est recommandée pour plusieurs sortes de cultures, principalement pour les cultures en lignes. Cette technique est essentiellement recommandée pour les cultures qui ne tolèrent pas la submersion de leur feuillage ou de leur collet par les eaux pour un temps trop long.

La technique par sillons est aussi appropriée pour l'irrigation des arboricultures.

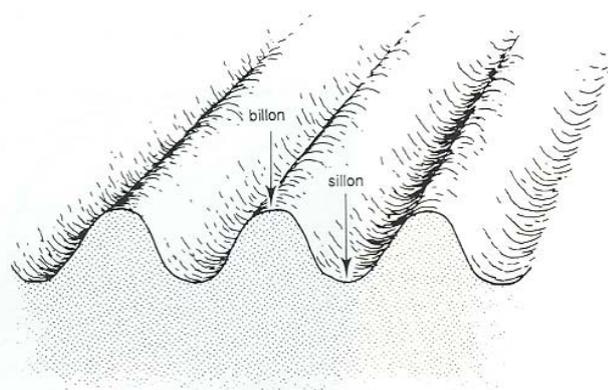


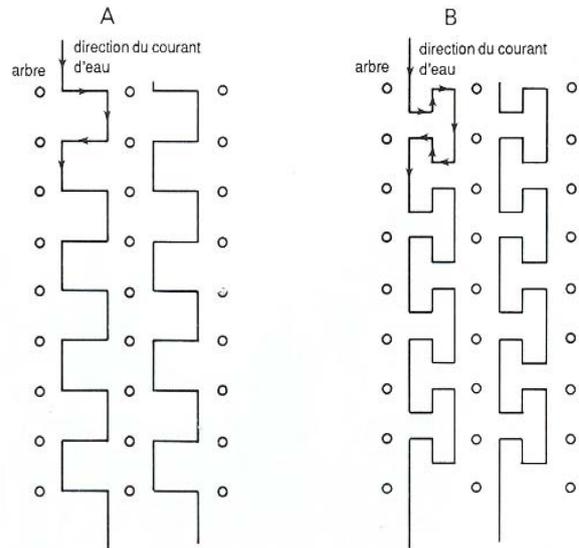
Figure 24 Vue de dessus et section des sillons et des billons

Dans les premières années de croissance, il suffit d'aménager un seul sillon le long de la ligne des plantes. Mais au bout de quelques années, deux ou plusieurs sillons seraient nécessaires pour amener l'eau en quantité suffisante aux arbres. Une des variantes consiste à tracer les sillons en zigzag pour assurer une bonne répartition des eaux. (Figure 25)

L'irrigation par corrugations ou microsillons qui est de plus en plus mentionnée dans la littérature, est un cas particulier de l'irrigation par sillons. Elle est généralement utilisée pour l'irrigation des cultures semées à la volée ou au semoir, et des cultures denses. Les corrugations sont une série de rigoles étroites et peu profondes, aménagées dans un sol perméable. L'utilisation de cette méthode est très limitée, et de ce fait elle ne sera pas traitée dans ce manuel.

En résumé, les cultures recommandées pour l'irrigation par sillons sont:

- les cultures en lignes, telles que le maïs, le tournesol, la canne à sucre et le soja;
- les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux comme les tomates,
- les légumes, les pommes de terre et les haricots; les arbres fruitiers tels que les agrumes et les vignes;
- les cultures semées à la volée (méthode par microsillons) telles que le blé.



A : Sillons en zigzag pour l'irrigation des arbres sur un terrain en légère pente (0,5 - 1,5 7 %)

B : Autre forme des sillons en zigzag pour les terrains relativement plats (moins de 0,5 %)

Figure 25 : Sillons en zigzag

3.1.2 Pentés adéquates

Les terrains plats ou en pente douce sont les plus adéquats pour l'irrigation par sillons. La pente ne doit jamais dépasser 0,5 %. Il est d'usage courant que les sillons soient faits en pente douce (jusqu'à 0,05 %) pour assurer soit le drainage des eaux à la fin des irrigations soit l'évacuation des eaux de pluie de fortes précipitations.

En terrain accidenté ou à pente irrégulière, les sillons suivent les courbes de niveau (voir figure 26). Il faut cependant préciser que le tracé de ces sillons est une opération délicate qui requiert un laborieux travail de matérialisation, avant de procéder à l'ouverture des sillons (voir aussi section 3.3 Aménagement des sillons).



Figure 26 Sillons de contour (sillons qui suivent les courbes de niveau)

3.1.3 Types de sol appropriés

La méthode d'Irrigation par sillons peut être adoptée pour l'irrigation des cultures sur la plupart des sols. Cependant, cette technique, comme pour toutes les autres techniques d'irrigation de surface, n'est pas à utiliser sur des sols sableux où les pertes par percolation sont importantes. L'irrigation par sillons est particulièrement recommandée pour les sols à encroûtement rapide. En effet, l'eau étant distribuée dans les sillons, les risques de formation de croûtes par dessèchement de la zone des plantations (billons) sont réduites, et le sol reste ainsi friable.

3.2 AMENAGEMENT DES SILLONS

Cette section traite de la forme, la longueur et l'espacement des sillons. Généralement ces grandeurs dépendent du milieu naturel, e.g. la pente et le type du sol, et de la valeur du débit du courant d'eau dérivé. Cependant, d'autres considérations inhérentes à l'irrigation interviennent dans le tracé des sillons, e.g. la dose d'arrosage, les pratiques agricoles, et la longueur du champ.

3.2.1 Longueur des sillons

Comme on vient de l'indiquer, la longueur des sillons dépend de la pente du terrain naturel, du type du sol, du débit d'eau, de la dose d'irrigation, des pratiques agricoles et de la longueur du champ. L'impact de chacun de ces facteurs sur la détermination de la longueur du sillon est discuté ci-dessous.

Pente

Un sillon est d'autant plus long que la pente du terrain est plus forte. Mais pour éviter l'érosion, la pente du sillon ne doit pas être supérieure à 0,5 %. Les sillons peuvent aussi être aménagés en bassins longs et étroits, mais ils doivent avoir une pente au moins égale à 0,05 % pour assurer le drainage des eaux excédentaires d'irrigation et l'évacuation des eaux de pluie. Si la pente du terrain naturel est supérieure à 0,5 %, et pour garder la pente du sillon dans des limites admissibles, les sillons seront tracés en biais ou bien le long des courbes de niveau. Cette technique s'applique jusqu'à une limite maximum de 3 % de pente du terrain naturel. Au-delà de cette limite, les risques d'érosion sont réels et des brèches sont à craindre dans les billons. Dans les terrains à forte pente, le terrain est d'abord aménagé en terrasses (voir irrigation par bassins), à l'intérieur desquelles les sillons seront tracés.

Type de sol

L'eau s'infiltre très rapidement dans le sable. Pour cela les sillons doivent être courts (longueur inférieure à 110 m) en sols sableux, de sorte que l'eau puisse atteindre l'extrémité du sillon, sans que les pertes par percolation soient excessives.

Par contre, le taux d'infiltration de l'eau est très faible dans l'argile. Par suite, la longueur des sillons pourrait être plus grande en sols argileux qu'en sols sableux. La détermination du taux d'infiltration est présentée à l'Annexe 2.

Débit du courant d'eau

Pour un sillon de longueur moyenne, les débits des courants d'eau les plus usuels sont de l'ordre de 0,5 l/s. Pour des débits plus forts, la vitesse d'écoulement est plus importante, et la longueur du sillon est elle aussi importante. Les risques d'érosion et la pente du terrain vont limiter le débit maximum du courant d'eau à dériver dans le sillon. En aucun cas le débit unitaire du sillon ne doit être supérieur à 3 l/s (voir tableau 3).

Dose d'arrosage

La longueur d'un sillon varie dans le même sens que la dose d'arrosage. En effet avec une dose d'arrosage forte les sillons peuvent être plus longs, car dans ce cas l'eau aura suffisamment de temps pour atteindre l'extrémité aval du sillon avant de s'infiltrer.

Pratiques agricoles

Lorsque les travaux de ferme sont mécanisés, les sillons seront longs pour faciliter les travaux agricoles. D'autre part, la gestion de l'eau est difficile avec des sillons courts. En effet, le passage des eaux d'un sillon à un autre est plus rapide dans

les courts sillons que dans les longs sillons. Par contre, les pertes par percolation dans les courts sillons sont inférieures à celles dans les grands sillons, ce qui fait que la performance des premiers est supérieure à celle des derniers.

Longueur du champ

La longueur du sillon est égale à la longueur du champ au cas où cette dernière est très voisine de la longueur maximum du sillon (figure 27). De même si la longueur du champ est inférieure à la longueur idéale du sillon, celui-ci sera tracé en fonction des limites du champ.

Le tableau 3 donne des ordres de grandeur des longueurs maximums des sillons dans les petites exploitations. Les valeurs indiquées au tableau 3 sont en général inférieures à celles indiquées dans les manuels d'irrigation. En effet, ces dernières sont beaucoup plus indiquées pour les exploitations importantes où les travaux agricoles sont entièrement mécanisés.

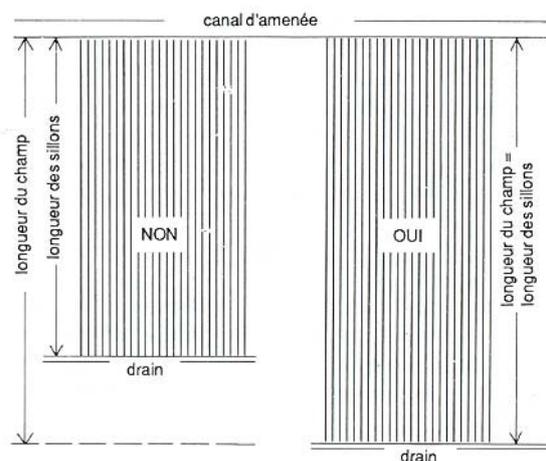


Figure 27 Longueur du champ et longueur du sillon

Tableau 3 ORDRES DE GRANDEUR DES LONGUEURS MAXIMUMS DES SILLONS (m) EN FONCTION DE LA PENTE, TYPE DU SOL, DEBIT ET DOSE D'ARROSEGE

Pente du sillon (%)	Débit unitaire par sillon (l/s)	Dose d'irrigation (mm)					
		Argile		Limon		Sable	
		50	75	50	75	50	75
0,0	3,0	100	150	60	90	30	45
0,1	3,0	120	170	90	125	45	60
0,2	2,5	130	180	110	150	60	95
0,3	2,0	150	200	130	170	75	110
0,5	1,2	150	200	130	170	75	110

Important :

Le tableau ci-dessus donne des ordres de grandeur des longueurs des sillons en fonction de la pente, la nature du sol, le débit du courant d'eau et la dose d'arrosage. Les valeurs données dans le tableau ont un caractère indicatif et ne constituent en aucun cas des valeurs strictes. En effet, ces ordres de grandeur sont des valeurs empiriques qui n'ont pas la rigueur des valeurs calculées à partir des relations scientifiques. Les longueurs maximums ci-dessus indiquées ont été établies pour une efficacité d'irrigation moyenne. Cependant, on peut adopter des longueurs de sillons plus courtes en vue d'améliorer l'efficacité d'irrigation. La méthode la plus rationnelle pour le tracé des sillons consiste à faire un premier essai en respectant les lignes directrices ci-dessus indiquées et à en évaluer la performance; ensuite, introduire les modifications qui s'avèrent nécessaires en vue d'améliorer la performance.

3.2.2 Forme des sillons

La forme d'un sillon dépend de la nature du sol et du débit du courant d'eau dérivé.

Nature du sol

En sol sableux, l'infiltration verticale des eaux est plus importante que l'infiltration latérale. Dans ces conditions les sillons sont profonds et de faibles largeurs en gueule (forme en V), pour réduire la surface offerte à la percolation des eaux (figure 28). Mais comme les sols sableux sont peu stables, les parois du sillon ont tendance à s'effondrer, ce qui réduit la performance du système.

En sol argileux, la percolation est beaucoup plus faible qu'en sol sableux. L'écoulement latéral des eaux se fait par infiltration à travers les parois du sillon, par conséquent les sillons seront larges, peu profonds pour augmenter le périmètre mouillé (figure 29) utile pour l'infiltration.

Débit du courant d'eau

En général, la largeur en gueule des sillons est d'autant plus grande que le débit du courant d'eau est plus fort.

3.2.3 Espacement des sillons

L'espacement des sillons dépend de la nature du sol et des pratiques agricoles.

Nature du sol

En règle générale, l'espacement des sillons varie entre 30 et 60 cm en sol sableux, i.e. 30 cm pour le gros sable et 60 cm pour le sable fin.

En sol argileux, l'espacement entre deux sillons consécutifs est de l'ordre de 75-150 cm. Dans ce type de sol la crête du billon, qu'on appelle aussi bande ou assise, est égale au double de la largeur en gueule du sillon. L'avantage de cette méthode est qu'elle offre la possibilité de cultiver plusieurs lignes de plantations sur le billon, et de faciliter le désherbage manuel. Les bords des billons seront légèrement arrondis afin de faciliter l'écoulement des eaux de pluie vers les sillons, et par conséquent éviter la stagnation des eaux sur les billons doubles (figure 30).

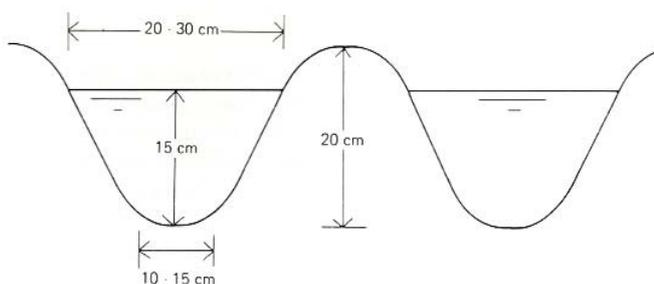


Figure 28 Sillon profond et de faible ouverture en sol sableux

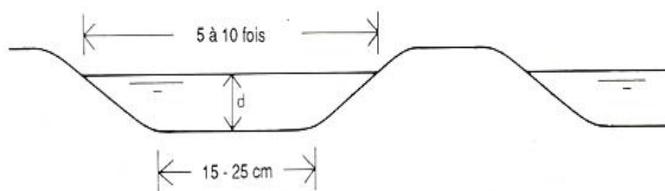


Figure 29 Sillon large et de faible profondeur en sol argileux

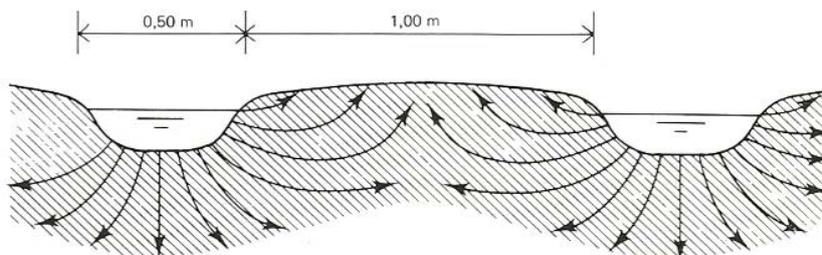


Figure 30
Sillon à billon double

Pratiques agricoles

Dans les fermes où les travaux agricoles sont mécanisés, un juste milieu doit être trouvé entre l'espacement idéal des plantes et les caractéristiques des machines utilisées pour l'ouverture du sillon. En mécanisation, la masse des travaux pourrait être réduite par l'adoption d'un espacement uniforme entre les sillons, même si les cultures pratiquées requièrent des espacements non uniformes. Ainsi on n'est pas amené à changer l'écartement des outils quand on passe d'une culture à une autre. Néanmoins, il faut vérifier que l'espacement standard des sillons est suffisant pour assurer l'humidité requise à chaque type du sol.

3.3 AMENAGEMENT DES SILLONS

L'ouverture des sillons est faite généralement avec l'adosseur. La figure 31 montre des adosseurs à usage manuel et à traction animale.

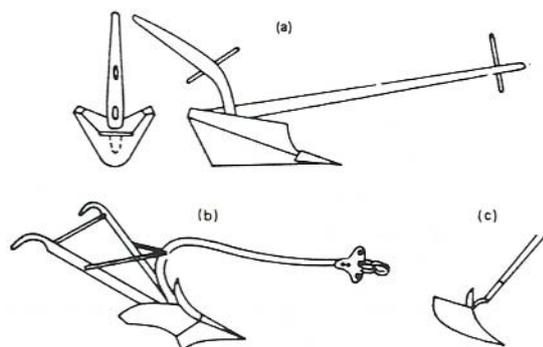


Figure 31
Adosseur-trancheur (sillonneur)

- (a) en bois, à traction animale
- (b) en métal, à traction animale
- (c) version à usage manuel

IMPLANTATION DES SILLONS EN TERRAIN PLAT OU EN LEGERE PENTE

L'implantation des sillons comporte les étapes suivantes: la matérialisation, l'ouverture d'un ou de plusieurs sillons de base, l'ouverture des autres sillons parallèles.

1ère étape

Une ligne droite est matérialisée tout le long du sillon projeté. La matérialisation peut être faite soit à l'aide des jalons d'alignement, soit avec de la poudre de craie, ou bien avec de petites levées de terre. Un ouvrier expérimenté est en principe capable d'aligner les jalons ou les levées de terre à l'oeil nu (figure 32).

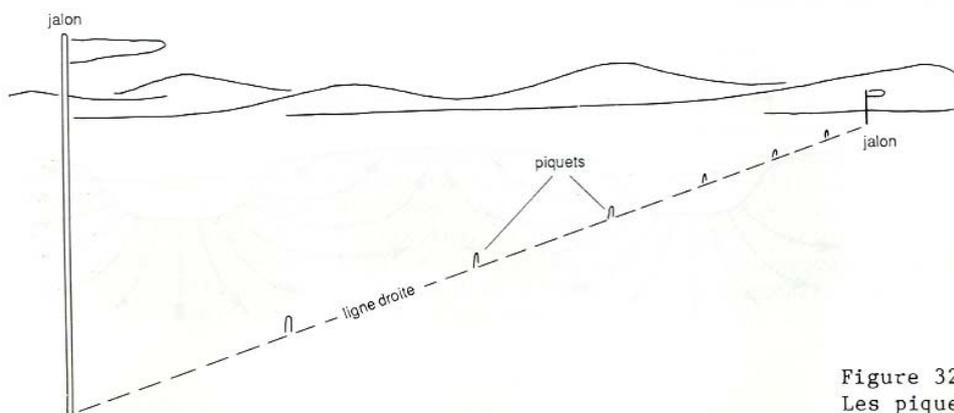


Figure 32
Les piquets sont enfoncés
le long de la ligne droite

2ème étape

L'ouverture d'un sillon est faite à l'aide de l'adosseur sillonneur. Le sillon doit être parfaitement aligné, sinon la tranchée serait à remblayer (c'est-à-dire le sillon effacé) et le processus d'alignement repris.

3ème étape

Les autres lignes seront matérialisées tous les cinq (5) mètres.

A l'aide d'une barre d'attelage (palonnier) remorquée à un tracteur, on peut ouvrir plusieurs sillons à la fois (4 dans le cas de la figure). Lors d'un passage de l'ensemble, et en vue de garantir le parallélisme des sillons, l'outil adosseur le plus à gauche repasse le dernier sillon ouvert (figure 33). Par ailleurs, l'axe de la barre suit une ligne droite matérialisée sur le terrain pour que les sillons soient bien en ligne droite (voir figure 33).

Attention: Il ne faut pas oublier de matérialiser la ligne droite de guidage marquant l'axe de la barre d'attelage avant chaque passage du tracteur.

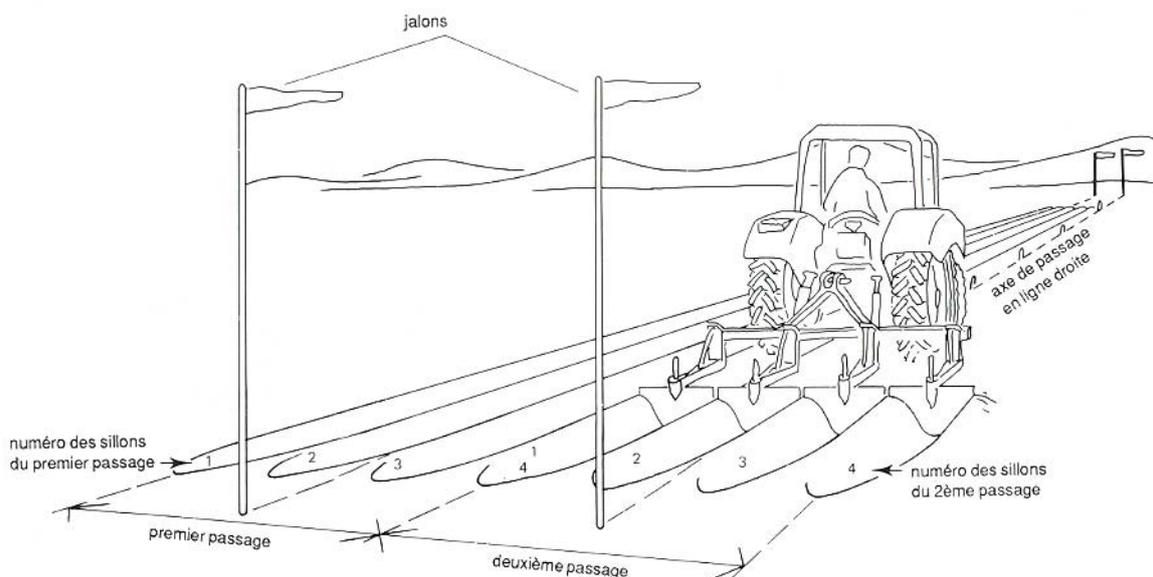


Figure 33 Une barre d'attelage (palonnier) avec adosseurs, tirée par un tracteur, pour ouvrir 4 sillons simultanément

IMPLANTATION DES SILLONS EN TERRAIN EN PENTE OU A PENTE IRRÉGULIERE

Le processus d'implantation des sillons de contour sur des terrains en pente ou à pente irrégulière est une opération délicate. Il comporte les étapes suivantes:

1ère étape

A l'aide d'un dispositif de nivellement approprié, on commence par matérialiser le premier sillon le long d'une courbe de niveau, à la limite supérieure de la parcelle, et au voisinage immédiat du canal d'amenée (voir figure 34). D'autres sillons de base auxiliaires peuvent être matérialisés selon la configuration du terrain, i.e. tous les 5 mètres en terrain à pente irrégulière, et tous les 10 mètres en terrain à pente uniforme (figure 34).

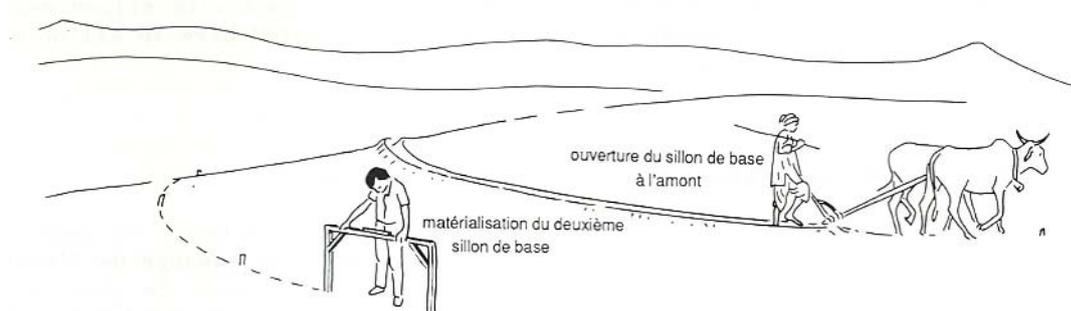


Figure 34 Matérialisation des sillons de base

2ème étape

Partant du sillon de base, les sillons sont ouverts jusqu'à mi-chemin à partir du deuxième sillon de base (figure 35).

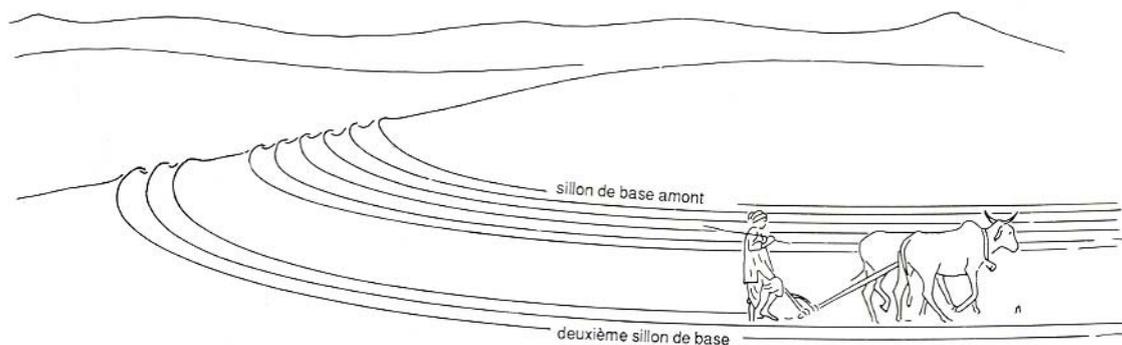


Figure 35 Ouverture des sillons

3.4 MISE EN EAU DES SILLONS

L'eau est introduite dans les sillons par des prises individuelles aménagées sur le canal d'amenée, en forme de siphons ou de tuyaux d'alimentation traversant la berge du canal (voir Annexe 1). Parfois le canal d'amenée est remplacé par une conduite; les siphons et les tuyaux d'alimentation sont alors remplacés par des vannettes qui servent comme prises d'alimentation pour les sillons (figure 36).

Le nombre des sillons qui peuvent être mis en eau simultanément est fonction du débit du canal d'amenée.



Figure 36 Tuyau d'alimentation avec vannettes

En périodes de sécheresse où il y a une pénurie d'eau, on peut réduire la consommation d'eau en utilisant la technique d'irrigation par sillons alternés, c'est-à-dire en irriguant un sillon sur deux au lieu d'irriguer tous les sillons en même temps. La figure 37 illustre cette procédure. Au lieu d'alimenter tous les sillons chaque dix jours, les sillons 1, 3, 5 etc.. sont mis en eau au bout de 5 jours, et les sillons 2, 4, 6 etc... sont mis en eau au bout de dix jours. Ainsi les cultures reçoivent une quantité réduite d'eau tous les cinq jours au lieu d'en recevoir une grande quantité tous les dix jours. Un tour d'eau de courte durée et à faible débit est généralement plus bénéfique aux cultures que l'irrigation avec des tours d'eau plus longs et à des débits plus forts.

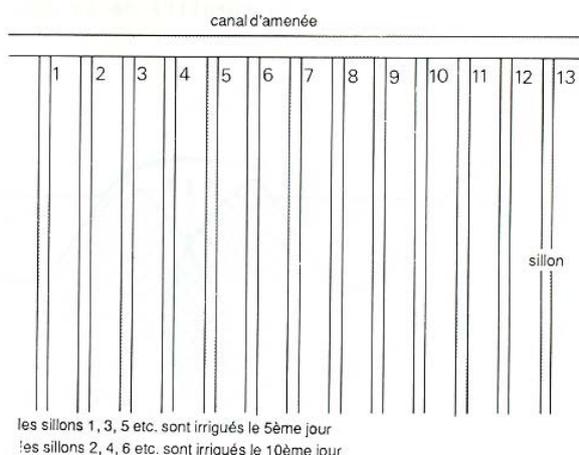


Figure 37 Irrigation par sillons alternés

Dans les terrains en pente, il faut évacuer les eaux à l'extrémité aval des sillons. La quantité à évacuer peut atteindre 30% du volume introduit, même dans les meilleures conditions. Pour cela un **réseau de drainage** peu profond doit être conçu pour évacuer les eaux en excès, sinon les plantes risquent de périr par engorgement d'eau. Le gazonnage

de ces drains les protège contre l'érosion. Les pertes par écoulement d'eau en excès peuvent être réduites en diminuant le débit d'eau introduit dans le sillon, une fois que l'eau a atteint l'extrémité des sillons. C'est ce qu'on appelle l'irrigation à débit réduit. On peut aussi réutiliser les eaux drainées par le pompage des eaux accumulées aux points les plus bas du réseau de drainage.

3.4.1 Profils d'humectation

En vue d'obtenir une humidification uniforme de la zone racinaire, les sillons seront en pente uniforme, régulièrement espacés, et le temps de mise en eau doit être court.

Comme les plantes sont cultivées sur les billons, l'humidification de la zone racinaire se fait par l'infiltration des eaux à travers les parois des sillons. Il s'ensuit que l'écoulement latéral des eaux est beaucoup plus important que l'écoulement gravitaire (vertical descendant). L'écoulement vertical ou latéral des eaux dépend de la nature du sol, comme l'indique la figure 38.

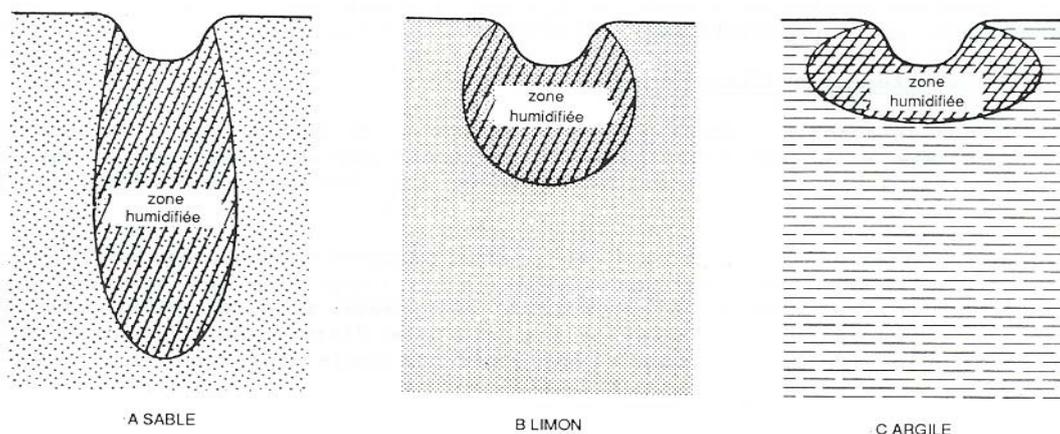


Figure 38 Les différents types des profils d'humectation en fonction du type de sol

Profil d'humectation idéal

Le cas idéal correspond au chevauchement de deux profils d'humectation adjacents sous le billon pour créer un mouvement ascendant de l'eau par capillarité (ascension capillaire). Ce qui a pour effet l'humidification de tout le sous-sol du billon (figure 39), et par conséquent la totalité de la zone racinaire.

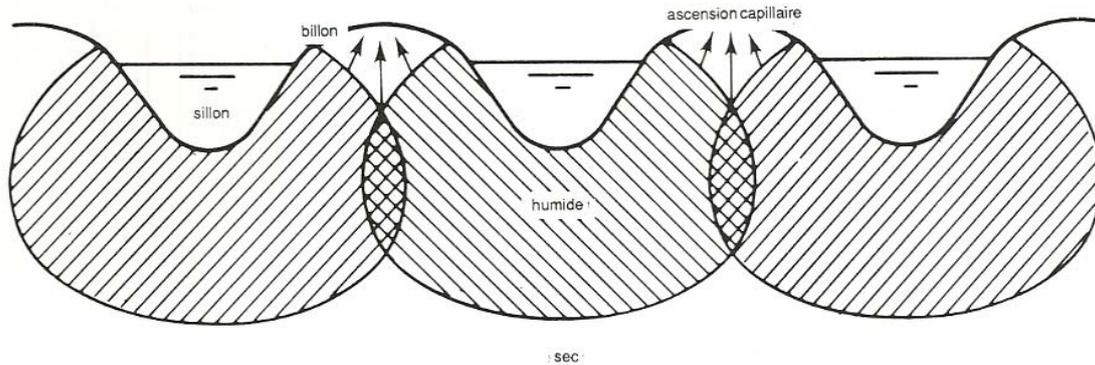


Figure 39 Profil d'humectation idéal

Pour obtenir une répartition uniforme de l'eau le long du sillon, il est essentiel que sa pente soit uniforme et que le débit du courant d'eau soit suffisant pour que la mise en eau du sillon soit rapide. De cette manière les pertes par percolation profonde à l'amont du sillon seront réduites au strict minimum. Le "quart" du temps requis pour humidifier la zone racinaire est adopté comme durée pratique pour le transit de l'eau à partir du canal d'amenée jusqu'à l'extrémité aval du sillon. Cette pratique permet de limiter les pertes par percolation. La règle du "quart" sera discutée en détail à l'Annexe 3.

Profils d'humectation irréguliers

L'irrégularité d'un profil d'humectation, suite à une mauvaise humidification, peut résulter soit:

- des conditions naturelles défavorables, e.g. couche compacte, sous-sol non homogène, pente irrégulière;
- d'un mauvais tracé e.g. sillons trop espacés;
- d'une mauvaise gestion de l'eau: débit d'eau trop fort ou insuffisant, arrêt prématuré de l'alimentation en eau.

i. Conditions naturelles défavorables

La présence de couches compactes dans le sous-sol et l'existence d'un sous-sol non homogène ont le même effet sur l'irrigation par sillons que sur l'irrigation par bassins (voir section 2.4.1). Les solutions de ces problèmes sont les mêmes que pour l'irrigation par bassins.

Une pente irrégulière conduira à un profil d'humectation irrégulier le long du sillon. La vitesse d'écoulement est certainement plus forte dans les sections à fortes pentes que dans celles à pentes faibles. Ce phénomène aura un effet adverse sur l'infiltration des eaux, et il en résulte une mauvaise distribution d'eau. La solution consiste à refaire le nivelage du terrain pour avoir une pente uniforme.

ii. Mauvais tracé

Au cas où les sillons sont trop espacés, l'humidification de la zone racinaire des plantes peut être insuffisante ou nulle (figure 40). L'espacement des sillons doit être soigneusement déterminé en vue d'assurer la bonne humidification de la zone racinaire (figure 40).

iii. Mauvaise gestion de l'eau

Un faible courant d'eau serait insuffisant pour assurer une humidification adéquate de la zone racinaire (figure 41). Les eaux infiltrées pourraient ne pas atteindre la zone racinaire des plantes, même si celles-ci sont cultivées sur les côtés du billon. De la même manière, la répartition des eaux le long du sillon serait inégale et insuffisante. Par ailleurs, avec un courant d'eau à faible débit, le temps de mise en eau du sillon est assez long, et il en résulte des pertes par percolation à l'extrémité amont de celui-ci.

Par contre si le sillon est alimenté avec un courant d'eau à fort débit et si sa pente est faible ou nulle, les eaux pourraient déborder au-dessus de la crête du billon (figure 42). Par contre, si la pente du sillon est forte, l'écoulement se fera à grande vitesse provoquant ainsi l'érosion des parois du sillon et la déformation de son lit (figure 42).

L'arrêt prématuré des eaux d'irrigation est une erreur courante. D'un côté, cette pratique réduit les pertes d'eau par écoulement en excès à l'extrémité aval du sillon, mais d'un autre côté il en résulte une mauvaise distribution des eaux le long du sillon. En effet, les plantations se trouvant à l'extrémité aval du sillon ne recevront pas ainsi une quantité suffisante d'eau. D'autre part, si l'alimentation en eau n'est pas arrêtée au bon moment, l'écoulement des eaux en excès entraîne la submersion des plantations à l'extrémité aval du sillon, à défaut d'un système de drainage pour évacuer ces eaux (voir aussi Annexe 3).

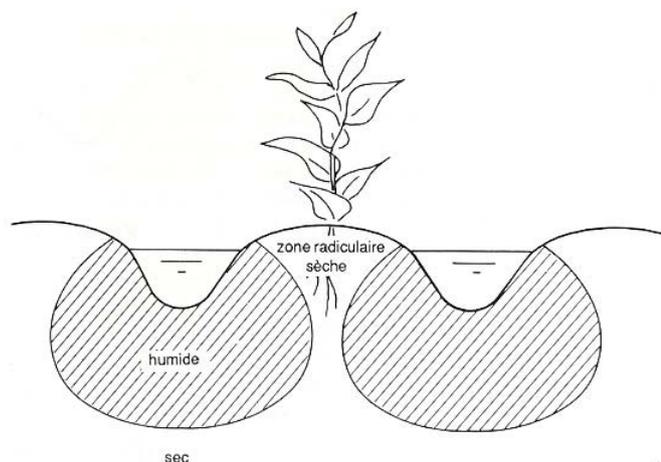


Figure 40 L'espacement entre deux sillons adjacents est trop grand

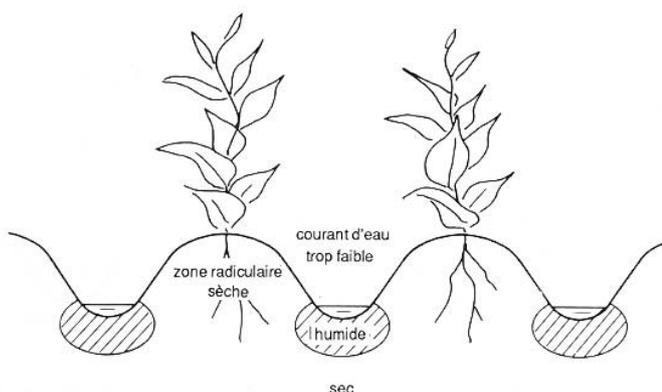


Figure 41 Le courant d'eau est trop faible pour assurer l'humidification des billons débordement par les eaux

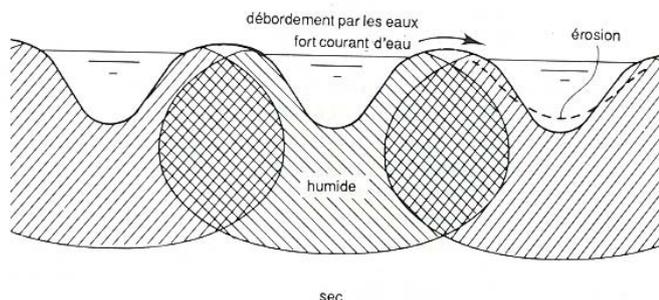


Figure 42 Courant d'eau à fort débit entraînant le débordement par les eaux ou l'érosion

3.5 PRATIQUES AGRICOLES

Avec la méthode d'irrigation par sillons, la technique de plantation des cultures n'est pas unique. En effet, elle dépend des conditions naturelles. Nous reportons ci-dessous quelques exemples pour illustrer ce fait.

- Dans les régions à fortes précipitations, les plantes se trouvent au sommet du billon, et ce pour éviter le dépérissement des plantes par engorgement d'eau (figure 43).

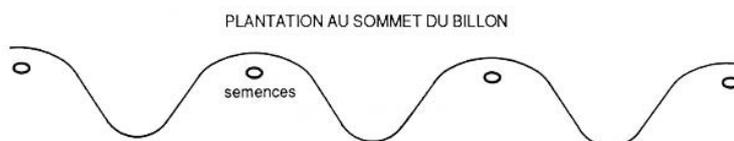


Figure 43 Protection contre l'engorgement d'eau

- Lorsqu'il y a une pénurie d'eau, les plantations seront placées dans le sillon, en vue d'assurer une meilleure humidification de la zone radi-culaire (figure 44).

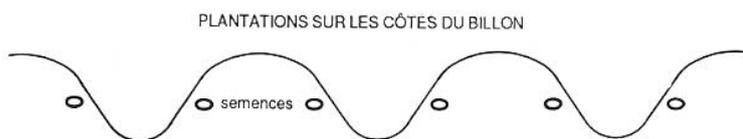


Figure 44 Plantations en cas de pénurie d'eau

- Comme les sels ont tendance à s'accumuler aux points hauts, il faut éviter de planter en sols salins. Ainsi les plantations seront placées sur les deux côtés du billon et non au sommet (figure 45). Cependant, il faut dans ce cas veiller à éviter le problème d'engorgement d'eau.

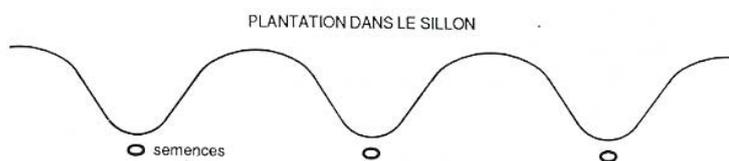


Figure 45 Prévention contre l'accumulation des sels

- Les cultures d'hiver et celles du début du printemps peuvent être placées sur le côté ensoleillé du billon (figure 46); dans les régions arides (très chaudes), les plantations seront placées sur le côté opposé pour les protéger de la chaleur du soleil.

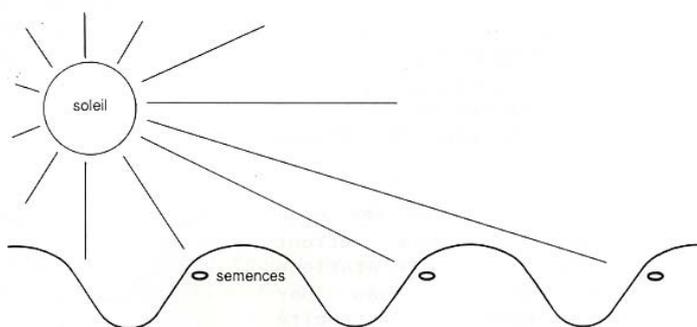


Figure 46 Cultures d'hiver et du début du printemps: plantations sur le côté ensoleillé du billon

3.6 ENTRETIEN DES SILLONS

Les sillons doivent faire l'objet d'un entretien régulier. Lors des irrigations, il faut toujours vérifier que l'écoulement des eaux se fasse correctement et que l'eau atteigne l'extrémité aval de tous les sillons. Les sillons ne doivent pas présenter des tronçons à sec, ni d'autres tronçons de stagnation d'eau. Par ailleurs, les eaux ne doivent pas déborder au-dessus de la crête des billons. Il faut aussi procéder au désherbage régulier des canaux d'amenée et des drains, en vue d'éliminer les mauvaises herbes qui peuvent bloquer l'écoulement des eaux.

CHAPITRE 4: IRRIGATION PAR PLANCHES

Les planches sont généralement des bandes de terre assez longues, à pente uniforme, et séparées par des diguettes. Contrairement à l'irrigation par bassins, les diguettes ne sont pas conçues pour former une cuvette pour contenir les eaux, mais pour guider les filets d'eau dans leur ruissellement à travers la planche (figures 47 et 48).

Figure 47

Irrigation par planches

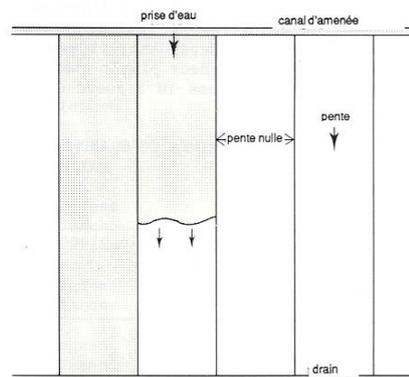


Figure 48
Irrigation par planches:
terrain à nivellement
insuffisant

4.1 CONDITIONS D'UTILISATION

L'irrigation par planches est recommandée pour les exploitations de grande taille, où les travaux agricoles sont mécanisés. En effet, une exploitation aménagée en planches de grande longueur offrirait de longues périodes d'utilisation ininterrompue des machines agricoles. Les planches peuvent atteindre 800 m de longueur, la largeur varie de 3 à 30 m. Les dimensions définitives des planches dépendent de plusieurs facteurs. Cette méthode d'irrigation n'est pas pratique dans le cas des petites exploitations où les travaux agricoles sont faits à l'aide de la main-d'oeuvre, ou bien par traction animale.

Pentes adéquates: La pente des planches doit être uniforme, avec un minimum de 0,05 % pour faciliter le drainage, et un maximum de 2 % pour éviter l'érosion.

Types du sol appropriés: Les sols appropriés à ce mode d'irrigation sont les sols profonds limoneux et argileux, à taux d'infiltration moyen. Cette technique n'est pas recommandée pour les sols argileux lourds, où l'infiltration des eaux est assez lente. Dans ce dernier cas, l'irrigation par bassins est préférable.

Cultures recommandées: Cette méthode convient particulièrement à l'irrigation de la luzerne, des céréales et des pâturages.

4.2 AMENAGEMENT DES PLANCHES

Comme c'est le cas pour l'irrigation par bassins et par sillons, les dimensions et la forme des planches sont fonction du type du sol, du débit du courant d'eau, de la pente du terrain, de la dose d'arrosage et d'un certain nombre de facteurs tels que les pratiques culturales et la taille de l'exploitation.

Toutes les considérations présentées à propos de l'irrigation par bassins et par sillons sont généralement applicables à l'irrigation par planches. Pour cela on ne va pas les reprendre dans ce chapitre. Le tableau 4 donne une idée générale des dimensions les plus pratiques des planches. Cependant, il est à noter que les valeurs indiquées dans le tableau sont des ordres de grandeur plutôt que des valeurs strictes. En effet, ce sont des valeurs empiriques qui n'ont pas la rigueur des valeurs calculées à partir des relations scientifiques.

Tableau 4 ORDRES DE GRANDEUR DES LONGUEURS ET DES LARGEURS MAXIMUMS DES PLANCHES

Type du sol	Pente de la planche (%)	Débit unitaire par mètre de largeur U/s)	Largeur de la planche (m)	Longueur de la planche (m)
SABLE	0.2-0.4	10-15	12-30	60-90
Taux d'infiltration supérieur à 25 mm/h	0.4-0.6	8-10	9-12	60-90
	0.6-1.0	5-8	6-9	75
LIMON	0.2-0.4	5-7	12-30	90-250
Taux d'infiltration de 10 à 25 mm/h	0.4-0.6	4-6	6-12	90-180
	0.6-1.0	2-4	6	90
ARGILE	0.2-0.4	3-4	12-30	180-300
Taux d'infiltration inférieur à 10 mm/h	0.4-0.6	2-3	6-12	90-180
	0.6-1.0	1-2	6	90 I

Note: Le débit est donné par mètre linéaire de largeur de la planche. Par conséquent, le débit total s'obtient en multipliant le débit unitaire par la largeur de la planche exprimée en mètres.

4.3 MISE EN EAU DES PLANCHES

La mise en eau des planches consiste à introduire un courant d'eau à partir du canal d'amenée, à l'extrémité supérieure de celles-ci. L'eau ruisselle en descendant la pente de la planche. Une fois le volume d'eau nécessaire introduit dans la planche, le courant d'eau est arrêté. La fermeture de la prise peut bien avoir lieu avant l'arrivée du front d'eau à l'extrémité aval de la planche. Il n'y a pas de règles précises qui dictent cette décision. Cependant, si le débit d'eau est arrêté plus tôt que nécessaire, on risque une couverture incomplète de la planche, et l'eau n'atteindra pas l'extrémité aval de celle-ci. Par contre si le débit d'eau est arrêté plus tard que nécessaire, on aura un débit sortant à l'extrémité de la planche, et l'eau sera perdue dans le réseau de drainage.

Comme ordre de grandeur, la fermeture de la prise d'eau doit intervenir, suivant les cas, comme suit:

- En sol argileux, le courant d'eau est arrêté quand l'eau couvre 60 % de la planche. Par exemple, si la longueur de la planche est de 100 m, un jalon sera placé à 60 m de l'amont. Quand l'eau atteint le jalon, la prise d'eau est fermée.
- En sol limoneux, le débit d'eau est arrêté quand l'eau couvre 70 à 80 % de la planche.
- En sol sableux, la fermeture de la prise d'eau intervient uniquement quand l'eau couvre la totalité de la planche.

Comme on vient de le dire, ce sont des directives. Les règles définitives sont arrêtées cas par cas, et après avoir testé leur validité.

4.3.1 Profils d'humectation

Comme c'est le cas avec les autres méthodes d'irrigation, il est important de veiller à ce que la quantité d'eau nécessaire soit fournie à la planche, pour que l'humidification de la zone racinaire soit uniforme. Cependant, il faut noter que certaines erreurs courantes sont à l'origine d'une mauvaise distribution d'eau. Cette mauvaise distribution d'eau peut résulter soit:

- d'un nivellement insuffisant du terrain,
- d'un courant d'eau inadéquat,
- de l'arrêt inopportun de l'alimentation en eau.

i. Nivellement insuffisant du terrain

Si le nivellement du terrain est insuffisant et improprement réalisé, la planche aura une pente transversale et l'eau d'irrigation ne pourra pas couvrir la totalité de la planche. L'eau ruissellera sur la planche vers les régions des plus basses côtes (figure 49). Ces malfaçons peuvent être corrigées en reprenant le nivellement de la planche, ou bien en aménageant des diguettes de guidage pour éviter l'écoulement transversal des eaux.

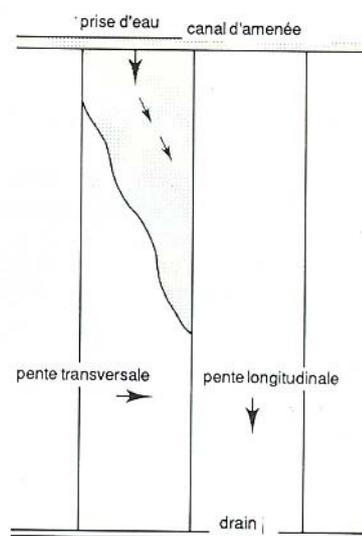


Figure 49 Effet de la pente transversale sur le ruissellement des eaux sur la planche

ii. Courant d'eau inadéquat

Un courant d'eau à faible débit sera perdu par percolation profonde au voisinage immédiat du canal d'amenée (figure 50), spécialement en sol sableux.

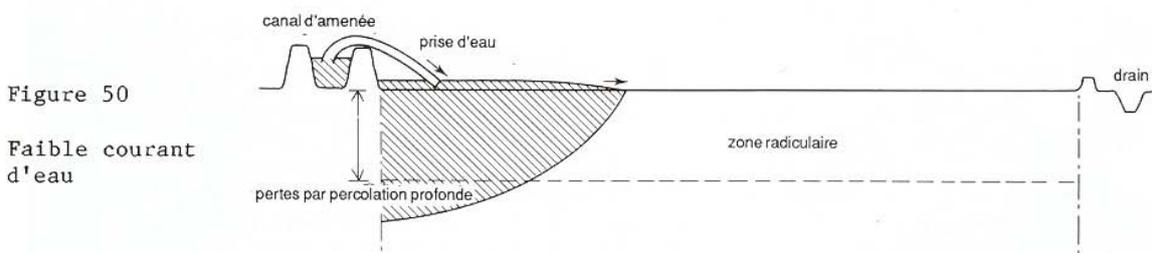


Figure 50
Faible courant d'eau

Par contre, si le courant d'eau est à fort débit, l'eau ruisselle rapidement et atteint le point qui marque la fermeture de la prise avant qu'une quantité suffisante d'eau soit introduite pour humidifier la zone racinaire (figure 51). Dans ce cas, la prise doit rester ouverte jusqu'à ce que l'humidification de la zone racinaire soit adéquate. Il va en résulter des pertes d'eau par écoulement en excès, qui seront collectées dans le réseau de drainage. Les courants d'eau à forts débits peuvent provoquer l'érosion de la planche.

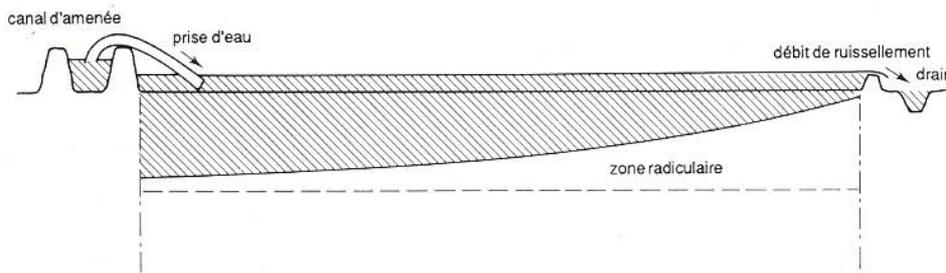


Figure 51
Courant d'eau à fort débit

iii. Arrêt inopportun de l'alimentation en eau

Si l'arrêt de l'alimentation intervient trop tôt, l'eau ne pourra pas couvrir la totalité de la planche. Par contre, si l'arrêt de l'alimentation en eau intervient trop tard, l'eau ira se déverser à l'extrémité aval, pour être perdue dans le réseau de drainage.

4.4 ENTRETIEN DES PLANCHES

L'entretien des planches consiste à les débarrasser des mauvaises herbes et à maintenir leur pente uniforme. Toute défection dans les diguettes doit être immédiatement réparée, les canaux et les drains doivent faire l'objet d'un curage et d'un désherbage régulier. Le contrôle régulier et l'entretien rapide peuvent garantir la sécurité des ouvrages et prévenir les dégâts importants.



Figure 52 Mise en eau des planches

CHAPITRE 5: IRRIGATION PAR ASPERSION

5.1 CONDITIONS D'UTILISATION

L'irrigation par aspersion consiste à fournir l'eau nécessaire aux cultures sous une forme analogue à la pluie naturelle. L'eau est mise sous pression, généralement par pompage, pour être ensuite distribuée au moyen d'un réseau de canalisations. La distribution d'eau est faite au moyen de rampes d'arrosage équipées d'asperseurs. L'eau sort sous la forme d'un jet et se répartit en gouttelettes d'eau qui tombent sur le sol. Le choix du dispositif de pompage, des asperseurs et la bonne gestion de l'eau doivent garantir la distribution uniforme de l'eau d'irrigation,

5.1.1 Cultures recommandées

L'irrigation par aspersion convient aux cultures en lignes, de plein champ et à l'arboriculture. La distribution de l'eau peut se faire sur ou sous frondaison. Cependant, les asperseurs géants sont à éviter dans le cas des cultures délicates telles que la salade, car les grosses gouttes d'eau risquent de provoquer le dépérissement des plantes.

5.1.2 Pentes adéquates

L'irrigation par aspersion s'adapte à toutes les pentes de terrain cultivable, qu'elles soient uniformes ou irrégulières. Les rampes d'arrosage portant les asperseurs doivent suivre autant que possible les courbes de niveau. Cette disposition a l'avantage de minimiser les variations de pression le long de la rampe et de garantir un arrosage uniforme.

5.1.3 Types de sol appropriés

La technique d'irrigation par aspersion est la meilleure pour les sols sableux à taux d'infiltration assez fort, sans pour autant ignorer qu'elle s'adapte parfaitement à la plupart des types de sol. La pluviométrie moyenne des asperseurs (en mm/h) doit être inférieure au taux d'infiltration permanent du sol (voir Annexe 2), pour éviter le ruissellement des eaux en surface.

Cette technique est à écarter pour l'irrigation des cultures sur des sols à encroûtement rapide. Au cas où on ne peut pas recourir à d'autres techniques d'irrigation, les asperseurs doivent être choisis de sorte que la distribution de l'eau soit en pluie fine. On doit éviter l'emploi des asperseurs à fortes pressions délivrant une forte pluie (grosses gouttes).

5.1.4 Qualité de l'eau

L'eau d'irrigation doit être propre, exempte de matières solides en suspension, pour éviter l'obstruction des buses et le dépôt des matières solides sur frondaison.

5.2 SCHEMA TYPE D'UN RESEAU D'IRRIGATION PAR ASPERSION

Le schéma type d'un réseau d'irrigation par aspersion comporte les éléments suivants:

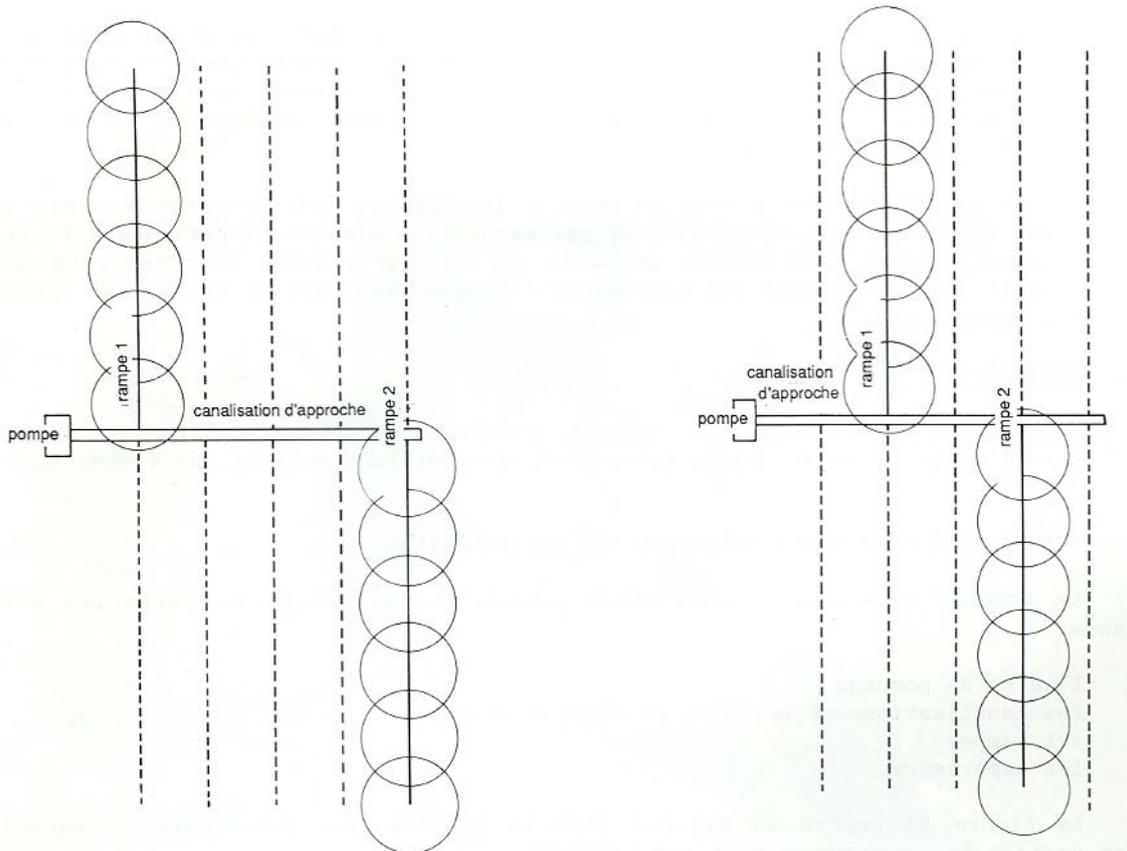
- l'unité de pompage
- les canalisations principales et d'approche
- les rampes
- les asperseurs.

La figure 53 montre au premier plan la canalisation principale à laquelle les rampes portant les asperseurs sont raccordées.

L'**unité de pompage** comporte généralement une pompe centrifuge qui puise l'eau de la source et la refoule à la pression requise dans le réseau de canalisations.



Figure 53 Schéma type d'un réseau d'irrigation par aspersion



Rampes 1 et 2 en premier poste

Rampes 1 et 2 en deuxième poste

Figure 54 Réseau d'irrigation par aspersion avec deux rampes mobiles (à déplacement manuel)

Les canalisations principales et les canalisations d'approche (ou secondaires) servent à transporter l'eau de la pompe jusqu'aux rampes d'arrosage. Ces canalisations sont généralement fixes et posées à la surface du sol ou enterrées. Dans certains cas, elles sont mobiles et transportables d'un terrain à l'autre. Ces canalisations sont essentiellement en amiante-ciment, en plastique, ou en alliage d'aluminium.

Les **rampes** sont des tuyaux qui transportent l'eau à partir des canalisations principales ou secondaires (canalisations d'approche) jusqu'aux asperseurs. Elles sont dans la plupart des cas mobiles et pour cela elles sont faites en alliage léger d'aluminium ou en plastique pour en faciliter le transport. L'adoption des rampes fixes présente l'avantage de la réduction des besoins en main-d'oeuvre, mais par contre les coûts d'installation (investissements) sont forts.

Le réseau d'irrigation par aspersion le plus classique est représenté sur la figure 54. Il consiste en un réseau de canalisations légères en alliage d'aluminium ou en plastique démontables et transportables manuellement. Les écartements les plus courants des asperseurs varient de 9 à 24 m. La rampe d'arrosage a un diamètre de 50 à 125 mm, ce qui facilite son transport. La rampe d'arrosage est gardée sur le terrain jusqu'à ce que l'irrigation soit achevée. A ce moment-là, la pompe est arrêtée; et après l'écoulement du temps de ressuyage (temps nécessaire pour l'infiltration des eaux), les rampes sont démontées et transportées au nouvel emplacement. A nouveau la rampe d'arrosage est installée et branchée sur la canalisation principale pour un deuxième poste d'arrosage. La rampe d'arrosage fait généralement un à quatre postes d'arrosage par jour. Le transport de la rampe d'un poste à un autre se poursuit jusqu'à couvrir la totalité du terrain à irriguer. C'est la technique d'irrigation par aspersion la plus simple. Certains réseaux comportent plusieurs rampes pour l'irrigation des exploitations de grande superficie (voir figure 54).



Figure 55 Démontage et transport d'une rampe

L'inconvénient le plus commun de ce système est qu'il nécessite une main-d'oeuvre importante pour le déplacement des rampes et des asperseurs d'un poste à un autre à travers le champ (figure 55). Dans certaines régions la main-d'oeuvre est rare et par conséquent chère. Pour surmonter cette difficulté le réseau d'irrigation à rampes mobiles est remplacé par l'asperseur géant à déplacement automatique, ou bien par le pivot et par d'autres techniques plus mécanisées de l'irrigation par aspersion. Cependant, la conception et le fonctionnement de ces systèmes dépassent le cadre de cette introduction

au réseau d'irrigation par aspersion; ils ne seront donc pas traités dans ce manuel. La figure 56 représente un de ces systèmes modernes de l'irrigation par aspersion.



Figure 56 Une installation moderne d'irrigation par aspersion (Le Pivot)

D'autres variantes d'irrigation par aspersion ont été conçues pour économiser la main-d'oeuvre. La variante la plus simple est celle des asperseurs avec une rallonge à tuyau souple. Les canalisations principales et les rampes sont enterrées et en PVC: une rampe couvre trois postes d'arrosage. Par exemple dans le réseau d'irrigation de la figure 53, on a besoin uniquement de 4 rampes enterrées placées aux branchements 2 et 5. Les asperseurs sont montés sur hampes (tiges) et branchés sur la rampe par l'intermédiaire d'un tuyau en plastique (comme pour l'arrosage des jardins). Les asperseurs sont déplacés en tirant sur le tuyau souple pour passer d'une position à une autre; c'est une opération facile à réaliser par un seul manoeuvre.

5.3 FONCTIONNEMENT DU RESEAU

L'objectif principal de l'irrigation par aspersion est d'assurer une distribution d'eau aussi uniforme que possible et par suite garantir l'humidification adéquate de la zone racinaire des plantes.

5.3.1 Profils d'humectation

Le profil d'humectation d'un asperseur rotatif unique n'est pas uniforme (figure 57). Normalement la zone humidifiée est circulaire (voir la vue de dessus). Une distribution d'eau plus ou moins uniforme est obtenue par une série d'asperseurs en fonctionnement simultané; leur écartement est tel qu'il y a un chevauchement entre leurs zones d'action (figure 58). Pour obtenir une bonne uniformité de distribution d'eau, le chevauchement doit être au moins 65 % du rayon d'action des asperseurs. Ce facteur dicte l'écartement optimum des asperseurs sur les rampes d'arrosage.

Figure 57

Profil d'humectation
d'un asperseur isolé

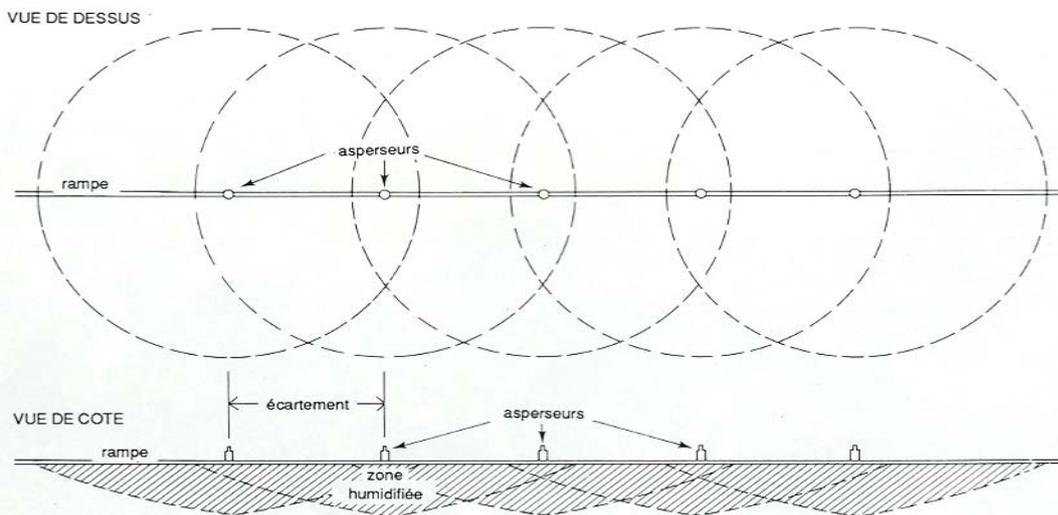
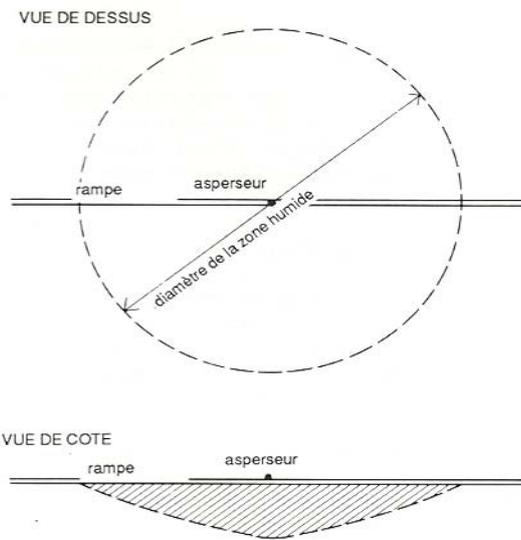


Figure 58 Profils d'humectation des asperseurs en fonctionnement simultané

L'uniformité de l'arrosage pourrait être altérée par le vent et par les variations de la pression de service du réseau.

Les filets liquides sont facilement déviés par le vent, même le plus léger, ce qui réduit sérieusement l'uniformité de l'arrosage. L'effet du vent pourrait être compensé en adoptant de faibles écartements des asperseurs sur les rampes d'arrosage.

La performance de la technique d'irrigation par aspersion est maximum si la pression de service est celle spécifiée par les fabricants. Si la pression de service est différente de celle indiquée par les fabricants, la répartition de l'eau n'est pas optimum. Le problème le plus commun est celui d'une faible pression de service dans le réseau. Ce genre de problèmes est rencontré dans les anciennes installations où les pertes de charge par frottement sont fortes, entraînant la baisse de la pression de service. La faible pression de service fait que le jet ne se pulvérise pas et l'eau retombe en bloc en un point de concentration en dehors de la zone d'humidification désirée. Par contre si la pression de service est trop forte, les gouttelettes très fines forment un brouillard et retombent à proximité immédiate de l'asperseur.

5.3.2 Pluviométrie

C'est la dose moyenne d'arrosage des cultures mesurée en mm/heure. La pluviométrie dépend des diamètres des buses, de la pression de service et de l'écartement des asperseurs sur les rampes. Lors de l'établissement d'un réseau d'irrigation par aspersion, il faut faire en sorte que la pluviométrie soit inférieure au taux d'infiltration du sol (voir Annexe 2). De cette façon l'infiltration des eaux d'irrigation est pratiquement complète et les pertes par ruissellement sont minimales.

5.3.3 Diamètres des gouttes d'eau

Une fois que l'eau est pulvérisée par l'asperseur, elle retombe en gouttelettes de 0,5 à 4,0 mm de diamètre. Les gouttes fines retombent tout près de l'asperseur, tandis que les grosses gouttes retombent à la limite de la zone d'action de l'asperseur. Les grosses gouttes d'eau peuvent détruire les cultures délicates et abîmer les sols fragiles; dans ces conditions il vaut mieux utiliser des asperseurs à faibles débits.

Les dimensions des gouttes sont fonction de la pression de service et du diamètre des buses. Quand la pression est faible les gouttes d'eau sont grosses et le jet d'eau ne se pulvérise pas convenablement. En vue d'éliminer les gouttes de gros diamètres qui risquent de détruire les cultures et d'abîmer le sol, on utilise des buses de faibles diamètres, fonctionnant à une pression de service égale ou légèrement supérieure à celle recommandée par les fabricants.



Figure 59 Irrigation par aspersion

CHAPITRE 6: IRRIGATION AU GOUTTE A GOUTTE

6.1 CONDITIONS D'UTILISATION

L'irrigation au goutte à goutte, appelée aussi micro-irrigation, consiste à délivrer l'eau en gouttes à la surface du sol avec une faible dose (2-20 litres par heure). L'eau est canalisée dans des tuyaux en plastique munis d'orifices appelés goutteurs (émetteurs, distributeurs, jets d'eau, etc.). L'eau est délivrée au voisinage immédiat de la plante de sorte que l'humidification soit limitée à la zone racinaire du sol (figure 60). Ceci correspond à une utilisation plus efficiente de l'eau qu'avec l'irrigation de surface ou par aspersion, où l'humidification concerne la totalité du sous-sol des plantations. En irrigation au goutte à goutte, la fréquence des arrosages est supérieure à celle des autres méthodes (d'habitude tous les 1 à 3 jours), ce qui maintient une forte humidité du sol, favorable à la croissance des cultures.

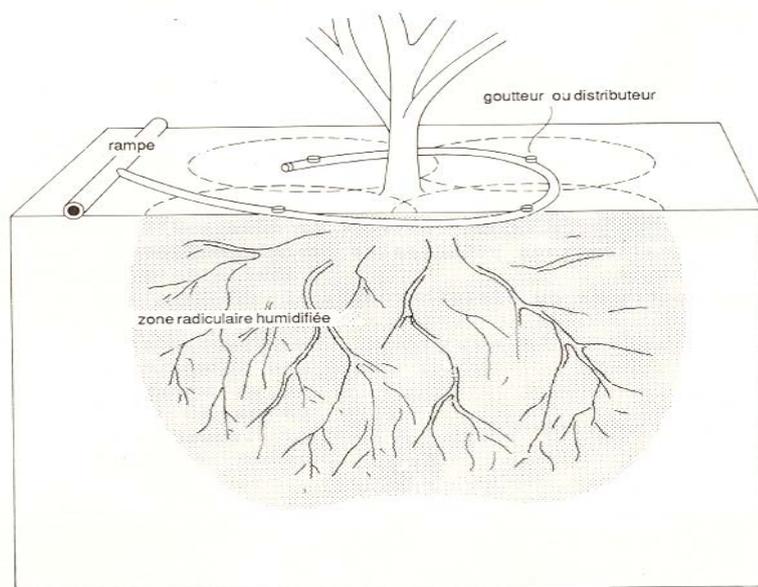


Figure 60

En irrigation au goutte à goutte, seule la zone racinaire est humidifiée

6.1.1 Cultures recommandées

L'irrigation au goutte à goutte convient surtout aux cultures en lignes (légumes, fruits), arboriculture, vigne. On peut utiliser un ou plusieurs goutteurs pour assurer une irrigation adéquate. A cause du coût d'installation élevé, cette technique d'irrigation est réservée pour l'irrigation des cultures à forte productivité et de haute qualité.

6.1.2 Pentes adéquates

L'irrigation au goutte à goutte s'adapte à tout terrain irrigable. Les plantes sont cultivées le long d'une courbe de niveau et les canalisations de distribution d'eau (rampes en plastique) suivent elles aussi les courbes de niveau. Cette pratique a l'avantage de réduire les variations de pression de service des goutteurs résultant de l'irrégularité de la pente du terrain.

6.1.3 Types de sols appropriés

Cette méthode d'irrigation s'adapte presque à tous les types du sol. En sols argileux, le débit des goutteurs ou distributeurs est faible pour éviter la stagnation de l'eau ou bien l'écoulement par ruissellement. En sols sableux, les goutteurs doivent avoir un débit fort pour que l'infiltration latérale des eaux soit suffisante.

6.1.4 Qualité de l'eau

Le problème majeur de l'irrigation au goutte à goutte est le risque d'obstruction des goutteurs. La section de passage des eaux dans les goutteurs qu'on trouve sur le marché est très faible (diamètre de 0,2 à 2,0 mm). Par suite ces goutteurs risquent de se boucher si l'eau n'est pas propre. Par conséquent il est essentiel que l'eau soit exempte de toute matière solide en suspension, autrement dit la filtration de l'eau est obligatoire.

L'obstruction des goutteurs peut aussi provenir du dépôt des matières organiques, des algues, des dépôts d'engrais ou des engrais non dissous tels que le calcium et le fer. La filtration peut éliminer les matières en suspension, les algues et les matières organiques, mais la prévention contre toutes les causes de blocage nécessite le recours à des spécialistes, ou bien le concours du fournisseur du matériel d'irrigation.

La salinité de l'eau ne constitue pas un handicap à l'utilisation de l'irrigation au goutte à goutte. D'autre part, comme l'eau est uniquement fournie au pied de la plante, cette technique réduit les pertes d'eau et limite le gaspillage. Donc cette technique, du fait de sa haute performance, est recommandée chaque fois que les ressources en eau sont limitées.

6.2 SCHEMA TYPE D'UN RESEAU D'IRRIGATION AU GOUTTE A GOUTTE

La figure 61 représente le schéma d'une installation type d'irrigation au goutte à goutte; comme on le voit les éléments de cette installation sont:

L'unité de pompage

L'unité de tête ou de contrôle en tête

Les canalisations principales et secondaires

Les rampes

Les goutteurs ou distributeurs.

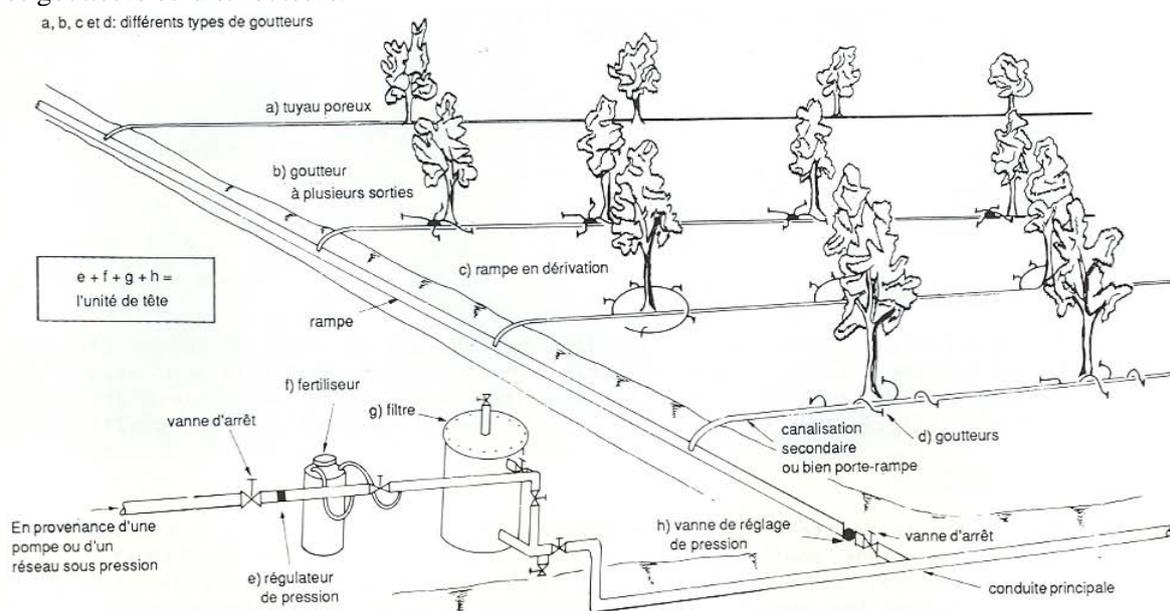


Figure 61 Schéma type d'une installation d'irrigation au goutte à goutte

L'unité de pompage puise l'eau de la source et la refoule à la pression désirée dans le réseau de distribution, pour assurer le bon fonctionnement des goutteurs.

L'**unité de tête** ou de **contrôle en tête** consiste en une série de vannes pour contrôler le débit et la pression dans le réseau. Elle peut aussi comporter un filtre pour la clarté de l'eau. Les filtres couramment utilisés sont les filtres à crépines et les filtres de sable pour retenir les matières en suspension dans l'eau. Certaines unités de tête comportent aussi un fertiliseur qui a pour rôle d'injecter une dose préétablie d'engrais et d'autres matières nutritives dans l'eau d'irrigation; c'est un des grands avantages de l'irrigation au goutte à goutte par rapport aux autres méthodes d'irrigation.

Les **conduites principales, secondaires** et les **rampes** transportent l'eau de l'unité de tête pour la délivrer aux champs d'irrigation. Elles sont en PVC ou en polyéthylène. Elles doivent être enterrées dans le sol pour éviter leur dégradation sous l'effet du rayonnement solaire. Les rampes sont des tuyaux de 12 à 32 mm de diamètre.

Les **goutteurs** ou distributeurs sont des dispositifs qui ont pour rôle de délivrer le débit désiré à la plante. L'écartement courant des goutteurs est de 1 m environ, un ou plusieurs goutteurs peuvent être prévus pour irriguer un arbre. Pour les cultures en lignes, l'écartement des goutteurs est plus faible pour pouvoir humidifier la bande de terrain relative aux plantations. Plusieurs types de goutteurs ont été mis sur le marché ces dernières années. L'idée de base dans la conception des goutteurs est de fabriquer un spécimen dont le débit reste constant pour une large marge de pression, et en même temps ne se bouchant pas rapidement. Les figures 61 et 62 montrent différentes variétés de goutteurs. La figure 63 illustre une rampe en dérivation ou en loupe.



Figure 62 Types de goutteurs

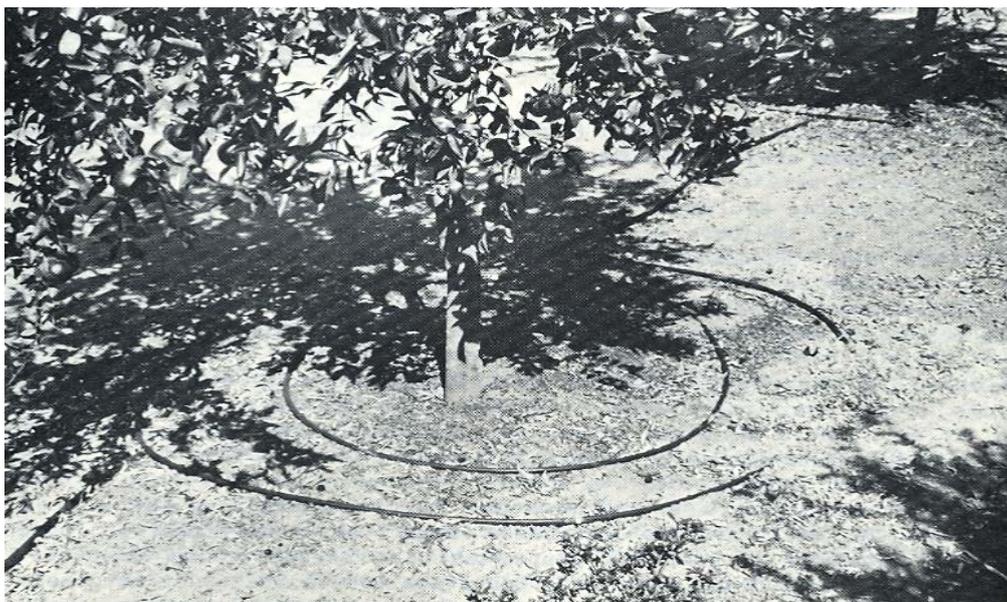


Figure 63 Rampe en dérivation (loupe)

6.3 FONCTIONNEMENT DE L'IRRIGATION AU GOUTTE A GOUTTE

Une installation d'irrigation au goutte à goutte est à caractère permanent. Une installation peut être considérée comme permanente si elle reste en place pendant plusieurs saisons d'irrigation. Dans ces conditions cette installation peut être automatisée. L'automatisation est très commode quand la main-d'oeuvre est rare ou chère. Cependant, comme l'automatisation est liée à la disponibilité de spécialistes de haut niveau de technicité, elle est parfois abandonnée au profit d'autres techniques plus simples.

Avec l'irrigation au goutte à goutte, il est possible de réduire l'espacement entre les arrosages (tous les jours s'il le faut), ce qui a un effet très bénéfique sur la croissance des plantes. Cependant, les plantes qui sont irriguées tous les jours ont des racines peu profondes, et par conséquent elles risquent de périr si l'irrigation est reportée de quelques jours en cas d'accident ou pour entretien.

6.3.1 Profils d'humectation

Contrairement à l'irrigation de surface et à l'irrigation par aspersion, la zone humidifiée avec l'irrigation au goutte à goutte est seulement la zone racinaire des plantes, qu'on appelle aussi le "bulbe humide". En effet, la zone humidifiée (bulbe humide) constitue uniquement 30 % du volume du sol humidifié avec les autres méthodes d'irrigation. La forme du bulbe humide dépend du débit des goutteurs et de la nature du sol. La figure 64 illustre les effets des variations de débit des goutteurs pour deux types différents du sol, à savoir le sable et l'argile.

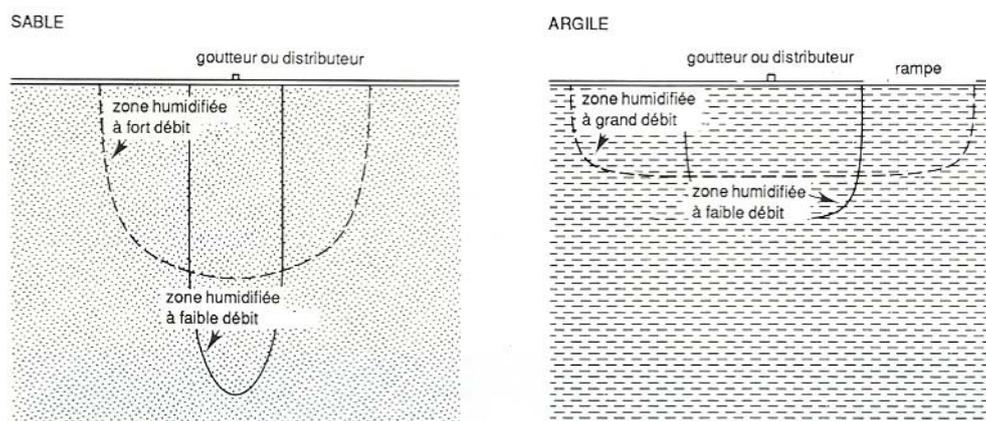


Figure 64 Profils d'humectation (bulbe humide) des sols sableux et argileux à faible et fort débits

Bien qu'une partie seulement de la zone des plantations soit humidifiée, le volume total d'eau fourni est toujours égal aux besoins en eau des plantes. Il est absolument faux de conclure que l'économie d'eau enregistrée avec la méthode au goutte à goutte conduira à des besoins en eau nets des plantes plus faibles qu'avec les autres méthodes. Les besoins en eau nets ne sont pas fonction de la méthode d'irrigation. Les plantations ont toujours besoin du même volume d'eau nécessaire à leur croissance.

L'économie d'eau résultant de l'utilisation du goutte à goutte est due à la réduction des pertes par percolation profonde, par ruissellement en surface et par évaporation du sol. Cette économie d'eau est fonction aussi bien des compétences des agriculteurs que des performances du matériel.

L'irrigation au goutte à goutte n'est pas un substitut aux autres méthodes d'irrigation qui se sont avérées efficaces dans des conditions de fonctionnement appropriées. L'irrigation au goutte à goutte est une méthode parmi d'autres. Elle est recommandée dans des conditions où la très bonne qualité de l'eau est marginale, où l'eau est rare et la main-d'oeuvre est chère, et pour des terrains de mauvaise qualité et dans des conditions très défavorables (fortes pentes ou pentes irrégulières). Elle est surtout recommandée pour l'irrigation des cultures à hauts rendements, nécessitant un arrosage fréquent.

CHAPITRE 7: CBDIX D'UNE METHODE D'IRRIGATION

Pour que l'agriculteur puisse choisir la méthode d'irrigation la plus adaptée à son cas particulier, il faut qu'il soit capable d'évaluer les avantages et les désavantages de chaque méthode. Il doit être capable de sélectionner la technique d'irrigation qui s'adapte le mieux aux conditions locales. Malheureusement, dans la plupart des cas, il n'y a pas une solution unique: chaque méthode a ses avantages et ses désavantages. Le choix rationnel est fait, après essai des méthodes possibles, dans les conditions locales d'exploitation. Ce chapitre traite des grandes lignes directrices et des critères essentiels intervenant dans le choix de la méthode d'irrigation convenable.

7.1 IRRIGATION DE SURFACE, ASPERSION OU AU GOUTTE A GOUTTE

Le choix d'une méthode d'irrigation, i.e. de surface, par aspersion ou au goutte à goutte, est déterminé en fonction d'un certain nombre de facteurs, à savoir:

- Les conditions naturelles
- Les cultures
- La technologie
- La tradition des irrigations
- Les besoins en main-d'oeuvre
- Les coûts et les bénéfices.

LES CONDITIONS NATURELLES

Les conditions naturelles telles que le type de sol, la pente du terrain, le climat, la qualité de l'eau et sa disponibilité, affectent d'une façon ou d'une autre le choix de la méthode d'irrigation.

Type de sol	<p>Les sols sableux sont caractérisés par une faible capacité de rétention et un taux d'infiltration élevé. C'est pourquoi, en sols sableux, la dose d'arrosage est faible mais les arrosages sont moins espacés, surtout quand ces sols ne sont pas profonds. Dans ces conditions, l'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est plus appropriée que l'irrigation de surface. Avec du limon ou de l'argile les trois méthodes sont utilisables, mais l'irrigation de surface est la plus courante. Les sols argileux à faible taux d'infiltration offrent des conditions idéales à l'irrigation de surface.</p> <p>Quand le sol est hétérogène à l'intérieur d'un périmètre d'irrigation, l'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte assure une meilleure uniformité de distribution que l'irrigation de surface.</p>
La pente	<p>L'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est préférable sur des terrains à forte pente ou à pente irrégulière. En effet, chacune des deux méthodes requiert peu ou pratiquement pas de travaux de nivellement. L'exception à cette règle est le cas des rizières aménagées en terrasses sur des terrains à fortes pentes.</p>
Le climat	<p>Les vents forts peuvent déformer les trajectoires des filets liquides en irrigation par aspersion. Dans des régions à vents forts dominants, l'irrigation au goutte à goutte ou de surface est préférable. En irrigation d'appoint, les méthodes par aspersion et au goutte à goutte sont plus appropriées que l'irrigation de surface, puisqu'elles ont la flexibilité de s'adapter à la demande variable en eau au niveau de la ferme.</p>
La disponibilité de l'eau	<p>L'efficacité d'un réseau d'irrigation (voir Annexe 4, 8ème Etape) par aspersion ou au goutte à goutte est généralement supérieure à celle d'un réseau d'irrigation de surface; par conséquent ces deux méthodes sont préférables à l'irrigation de surface au cas où les ressources en eau sont limitées. Par ailleurs, il est bon de rappeler que l'efficacité d'irrigation dépend aussi bien des compétences de l'agriculteur que de la méthode utilisée.</p>

La qualité de l'eau Avec une eau chargée de sédiments, il est plus convenable d'utiliser la technique d'irrigation de surface que les autres techniques par aspersion ou au goutte à goutte. En effet, les sédiments peuvent provoquer l'obstruction des asperseurs ou des goutteurs.

Dans le cas d'une eau saline, l'irrigation au goutte à goutte est particulièrement appropriée. En effet, comme l'eau est fournie aux pieds des plantations, la salinité du sol ne sera pas sérieusement affectée par l'irrigation à l'eau saline.

LES CULTURES PRATIQUEES

L'irrigation de surface s'applique à toutes les cultures. Les méthodes d'irrigation par aspersion et au goutte à goutte, du fait des coûts d'investissement importants, sont principalement adoptées pour l'irrigation des cultures à haute valeur financière telles que les légumes et les arbres fruitiers. Elles sont rarement utilisées pour les cultures de base à faible valeur financière.

L'irrigation au goutte à goutte est très recommandée pour l'irrigation des plantations individuelles, les arbres et les cultures en lignes, telles que les légumes et la canne à sucre. Elle n'est pas utilisée pour l'irrigation des plantations denses telles que les rizières.

LA TECHNOLOGIE

Le niveau de technicité requis pour l'installation et le fonctionnement d'une méthode d'irrigation affecte sa sélection dans un cas déterminé. En général, les techniques des méthodes d'irrigation par aspersion et au goutte à goutte sont plus complexes que celles de l'irrigation de surface. Les coûts d'investissement à l'hectare sont forts, et les travaux d'entretien requièrent un "savoir-faire" et une expertise à portée de main. De même, il faut assurer l'approvisionnement régulier en carburant et en pièces de rechange; dans certains cas, l'approvisionnement en carburant ainsi que l'achat des équipements sont faits en devises étrangères.

Les équipements des réseaux d'irrigation de surface, et spécialement pour les projets d'irrigation à petite échelle, sont plus simples et plus faciles à entretenir, à moins que le pompage des eaux soit requis. Par ailleurs, les équipements des réseaux d'irrigation de surface peuvent être fabriqués localement, et le recours aux devises étrangères n'est pas nécessaire.

TRADITION DES IRRIGATIONS

Le choix d'une méthode d'irrigation dépend des traditions des irrigations dans la région ou dans le pays. L'introduction d'une nouvelle méthode d'irrigation peut amener des difficultés inattendues. Généralement, les agriculteurs sont réticents à adopter les nouvelles techniques d'irrigation. La gestion des équipements sera aléatoire, et les frais seront trop élevés comparés aux bénéfices.

Souvent, il est de loin plus avantageux de réhabiliter et d'améliorer le fonctionnement d'un réseau d'irrigation traditionnel que d'introduire une nouvelle méthode d'irrigation.



Figure 65 L'irrigation de surface nécessite une main—d'oeuvre importante

BSOINS EN MAIN-D'OEUVRE

Les besoins en main-d'oeuvre pour l'aménagement, le fonctionnement et l'entretien des projets d'irrigation de surface sont toujours supérieurs à ceux des projets d'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte (figure 65). L'irrigation de surface nécessite des travaux de préparation de terrain (nivellement) assez soignés, un entretien régulier et une bonne conduite des irrigations pour assurer le bon fonctionnement du réseau. En aspersion ou au goutte à goutte, les travaux de préparation du terrain sont très minimes, et les besoins en main-d'oeuvre pour le fonctionnement et l'entretien des réseaux sont moins importants que pour l'irrigation de surface.

COUTS ET BENEFICES

Avant de choisir une méthode d'irrigation, il faut faire une estimation des coûts, bénéfiques et avantages de chaque option. L'estimation des coûts ne se limite pas aux coûts des travaux et d'installation, mais elle tient compte aussi des frais de fonctionnement et d'entretien (à l'hectare). Les coûts doivent être ensuite comparés aux bénéfices (exprimés en pourcentage des investissements). Il est clair que les agriculteurs ne choisiront que l'alternative qui est économiquement viable. L'analyse coûts/bénéfices dépasse le cadre de ce manuel et de ce fait elle ne sera pas traitée ici.

En conclusion, l'irrigation de surface est de loin la méthode d'irrigation la plus connue. Elle est généralement utilisée quand les conditions naturelles sont favorables: pentes légères et régulières, sols ayant des taux d'infiltration moyens à faibles et des ressources en eau de surface ou souterraines en quantité suffisante. Dans des conditions peu favorables, à savoir pentes fortes et irrégulières, sols à taux d'infiltration élevés et des ressources en eau limitées, les méthodes d'irrigation par aspersion et au goutte à goutte pourraient être plus appropriées. Le choix de l'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est lié à la disponibilité des pièces de rechange nécessaires à l'entretien des équipements.

7.2 IRRIGATION PAR BASSINS, PAR SILLONS OU PAR PLANCHES

Cette section traite des facteurs principaux qu'on doit prendre en considération pour décider le mode d'irrigation de surface, bassins, sillons ou planches que l'on doit choisir. Encore une fois, il est impossible de trouver une solution unique, chaque option présente des avantages et des désavantages.

Les facteurs qu'on prend en considération comprennent:

- les conditions naturelles (pente du terrain, type du sol)
- les cultures pratiquées
- la dose d'arrosage requise la technologie
- les traditions des irrigations
- les besoins en main-d'oeuvre.

LES CONDITIONS NATURELLES

Les terrains plats, ou à pente inférieure ou égale à 0,1%, sont les plus favorables à l'irrigation par bassins: Les travaux de préparation du terrain sont négligeables. Pour les terrains à pente supérieure à 1%, les bassins prennent la forme de terrasses, mais les travaux de terrassement pourraient être considérables.

L'irrigation par sillons est généralement adoptée dans des terrains plats (sillons courts à pente pratiquement nulle) et dans des terrains à pente douce jusqu'à 0,5%. Pour les terrains à forte pente atteignant 3% maximum, les sillons suivent les courbes de niveau où on les appelle sillons de contour. En général, les sillons présentent toujours une pente minimum de 0,05% pour faciliter le drainage des terres.

L'irrigation par planches est plus appropriée pour les terrains à pente inférieure ou égale à 2% en sols sableux, et à 5% en sols argileux. Les planches doivent avoir une pente minimum de 0,05% pour faciliter le drainage des terres.

L'irrigation de surface ne s'adapte pas facilement aux terrains à pente irrégulière, car la préparation des bassins, sillons ou planches requiert des travaux de nivellement considérables.

Tous les sols, à part le gros sable à un taux d'infiltration supérieur à 30 mm/heure, sont favorables à l'irrigation de surface. Pour les sols à taux d'infiltration supérieur à 30 mm/heure, l'irrigation par aspersion ou le goutte à goutte est préférable.

CULTURES PRATIQUEES

Toutes les rizières sont aménagées en bassins. Une grande variété de cultures peut aussi être irriguée par bassins, e.g. maïs, sorgho, arboriculture, etc... Les cultures, qui ne peuvent pas tolérer la submersion par les eaux pour des périodes de 12-24 heures, ne doivent pas être irriguées par bassins.

L'irrigation par sillons convient aux cultures en lignes, telles que le maïs, les légumes et l'arboriculture.

L'irrigation par planches est couramment utilisée pour les cultures denses telles que la luzerne (alfalfa), mais elle est aussi bien valable pour l'irrigation des cultures en lignes et l'arboriculture.

DOSE D'ARROSAGE REQUISE

Une fois que le calendrier des irrigations est établi (voir volume 4), la dose à fournir (en mm) à chaque arrosage est complètement définie. Il faut alors vérifier que cette dose peut bien être fournie avec la technique d'arrosage déjà sélectionnée.

L'expérience a montré que la technique par bassins se prête à l'irrigation à fortes doses, les faibles doses sont préférables pour les planches et les doses les plus faibles sont les plus pratiquées pour les sillons. En pratique, dans les petits projets d'irrigation, les doses d'arrosage les plus courantes sont de 40-70 mm pour la méthode des bassins, 30-60 mm pour la méthode des planches et 20-50 mm pour la méthode des sillons (dans les grands projets d'irrigation les doses d'arrosage peuvent être plus fortes).

En d'autres termes, si on désire fournir des doses d'arrosage faibles à chaque tour d'eau, e.g. en sols sableux et pour des cultures à enracinement peu profond, la méthode par sillons serait la plus adéquate (par ailleurs, aucune des méthodes d'irrigation de surface ne peut être utilisée sur du gros sable, i.e. taux d'infiltration supérieur à 30 mm/heure) .

Si par contre la dose d'arrosage à fournir à chaque irrigation est forte, e.g. cas des sols argileux avec des cultures à enracinement profond, la méthode d'irrigation par bassins ou celle des planches serait la plus appropriée.

Toutes ces considérations ont été résumées dans le Tableau 5. Les doses nettes d'arrosage spécifiées sont uniquement des ordres de grandeur. La dose d'arrosage est déterminée en fonction des considérations relatives à la fois à la nature du sol et à la profondeur d'enracinement. Par exemple: si le sol est sableux et la profondeur d'enracinement est moyenne, la valeur approximative de la dose d'arrosage serait de 35 mm. La dernière colonne indique la méthode d'irrigation la plus préférable; dans le cas de notre exemple c'est la méthode des sillons à longueur moyenne ou bien la méthode par planches courtes.

Les dimensions des sillons, planches ou bassins ont été discutées dans les chapitres précédents. Les profondeurs d'enracinement approximatives pour les cultures les plus importantes sont données au Volume 4.

LA TECHNOLOGIE

L'irrigation par bassins est la plus simple des méthodes d'irrigation de surface. Les petits bassins peuvent être aménagés soit à la main soit par traction animale. Le fonctionnement et l'entretien des bassins sont des opérations très simples (voir figure 66).

Les travaux d'aménagement des sillons, à l'exception des sillons courts et à pente nulle, doivent être soigneusement entrepris. Ces travaux sont généralement mécanisés. L'entretien des sillons est lui aussi souvent mécanisé. Ces opérations nécessitent une haute technicité, une bonne organisation, ainsi que l'existence d'une réserve en devises pour assurer l'approvisionnement en carburant et l'achat des équipements et des pièces de rechange.

Tableau 5 SELECTION DE LA METHODE D'IRRIGATION EN FONCTION DE LA DOSE D'ARROSAGE NETTE

Type de sol	Profondeur d'enracinement	Dose d'arrosage nette (mm)	Méthode d'irrigation
Sable	Superficiel	20-30	Sillons courts
	Moyen	30-40	sillons moyens, planches courtes
	Profond	40-50	sillons longs, planches moyennes, petits bassins
Limon	Superficiel	30-40	sillons moyens, planches courtes
	Moyen	40-50	sillons longs, planches moyennes, petits bassins
	Profond	50-60	planches longues, bassins moyens
Argile	Superficiel	40-50	sillons longs, planches moyennes, petits bassins
	Moyen	50-60	planches longues, bassins moyens
	Profond	60-70	grands bassins



Figure 66 Nivelage des terres par traction animale

Les sillons courts et à pente nulle, appelés aussi bassins-sillons, peuvent être aménagés et entretenus à la main, comme c'est le cas avec les bassins.

L'aménagement des planches requiert le niveau le plus haut de perfectionnement technologique. Les planches sont aménagées et entretenues par des machines appropriées. Le surfacage ou le réglage d'une planche doit être précis. La manipulation des machines requiert une technicité élevée et une bonne organisation. De plus, l'achat des machines requiert l'existence d'une réserve suffisante en devises.

TRADITIONS DES IRRIGATIONS

S'il faut introduire l'irrigation dans une région déterminée, la technique la plus simple serait l'irrigation par bassins. Plus les bassins sont petits, plus les travaux d'aménagement, d'entretien et de fonctionnement sont simples.

Si l'irrigation est une pratique traditionnelle, il est généralement plus simple d'améliorer la performance des méthodes d'irrigation pratiquées traditionnellement que d'introduire des méthodes nouvelles non pratiquées dans la région ou bien des techniques modernes.

BESOINS EN MAIN-D'OEUVRE

Les besoins en main-d'oeuvre pour l'aménagement et l'entretien de l'infrastructure d'irrigation et des ouvrages varient en sens inverse avec le degré de mécanisation des travaux.

D'une manière générale, on peut dire que du point de vue fonctionnement et entretien, c'est la méthode d'irrigation par bassins qui est la moins exigeante en main-d'oeuvre et qui requiert le moins de technicité. Par contre, les méthodes d'irrigation par planches et par sillons ont besoin de plus de main-d'oeuvre, et d'une technicité plus poussée pour assurer les travaux de fonctionnement et d'entretien.



Figure 67 L'irrigation par bassins est relativement simple

PRISES D'EAU ET MESURE DES DEBITS DES SIPHONS

PRISES D'EAU

L'alimentation en eau des champs d'irrigation est faite à l'aide de prises d'eau aménagées sur le canal d'amenée. Ces prises sont sous la forme:

- soit d'une ouverture aménagée sur le
- canal d'amenée
- soit d'un siphon
- soit d'un tuyau d'alimentation.

L'**ouverture** (figure 68) est une brèche aménagée sur la berge du canal d'amenée ou sur la diguette pour permettre le passage des eaux d'irrigation.

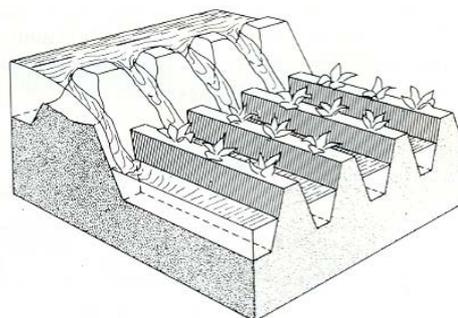


Figure 68 Ouvertures sur la berge du canal d'amenée

A la fin des irrigations, l'agriculteur rétablit la brèche pour fermer la prise d'eau. Ceci doit être fait soigneusement pour éviter les fuites. C'est la méthode d'alimentation en eau la plus courante, mais elle est pleine de risques. En effet, d'une part le débit d'eau est difficile à contrôler, et d'autre part l'érosion des berges du canal d'amenée, au voisinage de l'ouverture, peut provoquer des dégâts sérieux. Les autres alternatives de prises d'eau à débit contrôlable, quand elles sont applicables, sont préférables à celle-ci. Par contre, les ouvertures pratiquées sur des berges en sols argileux sont à débits plus contrôlables, car les risques d'érosion sont faibles.

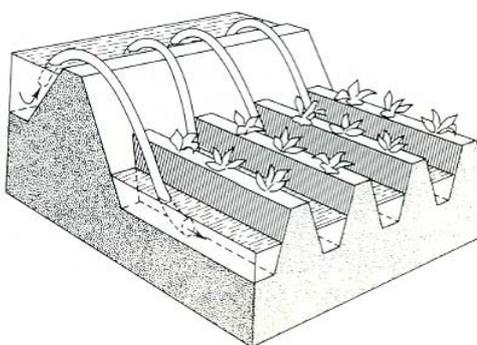


Figure 69 Siphons

Les ouvertures pratiquées en sols sableux ou limoneux peuvent provoquer à la fois des problèmes d'érosion et des fuites d'eau. Dans ces cas, les prises d'eau en siphon ou bien à tuyau d'alimentation sont plus sûres.

Un **siphon** est un tuyau de faible diamètre passant au dessus de la berge ou de la diguette du canal d'amenée (figure 69).

Un **tuyau d'alimentation** est un morceau de tuyau passant à travers la berge ou la diguette du canal d'amenée (figure 70).

Un siphon ou un tuyau d'alimentation fonctionne normalement quand le plan d'eau du canal d'amenée est plus haut que celui des bassins, planches ou sillons. Quand le plan d'eau dans le canal d'amenée est suffisamment supérieur à celui de la distribution, la cote de la sortie du tuyau d'alimentation ou du siphon restera toujours supérieure à celle du plan d'eau au champ; c'est ce qu'on appelle la sortie libre (figure 70). Dans le cas contraire, la cote de la sortie du siphon ou du tuyau d'alimentation pourrait être inférieure à celle du plan d'eau au champ. C'est ce qu'on appelle la sortie noyée (figure 69). Les deux modes de fonctionnement sont possibles.

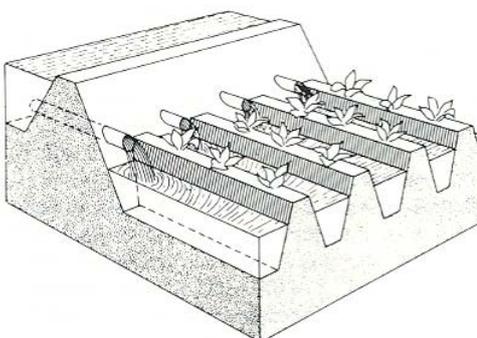


Figure 70 Tuyaux d'alimentation

Les débits d'eau dans les siphons et les tuyaux d'alimentation sont fonction du diamètre du tuyau et de la charge en tête. Pour la sortie libre, la charge en tête est la différence de cotes entre les plans d'eau du canal d'amenée et de l'orifice de sortie (Figure 71b). Pour les sorties **noyées** ou submergées, la charge en tête est la différence des cotes des plans d'eau du canal d'amenée et de la distribution (figure 71a). Pour modifier le débit d'un siphon ou d'un tuyau d'alimentation, il suffit de modifier soit les diamètres soit la charge en tête (voir tableau 6).

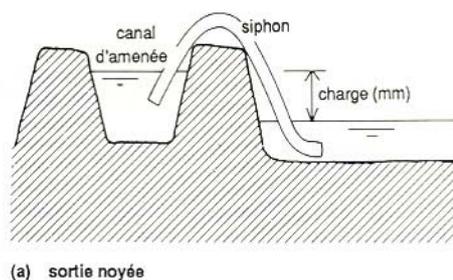


Tableau 6 DEBITS DES SIPHONS ET DES TUYAUX D'ALIMENTATION (l/s)

Diamètre (cm)	charge (cm) ↓			
	5	10	15	20
2	0.19	0.26	0.32	0.73
3	0.42	0.59	0.73	0.84
4	0.75	1.06	1.29	1.49
5	1.17	1.65	2.02	2.33

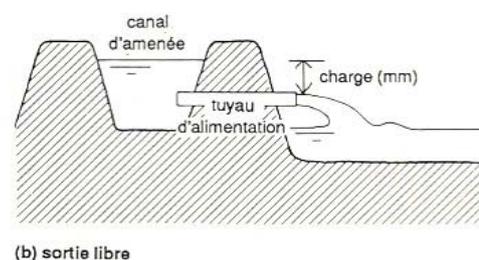


Figure 71 Mesure de la charge

MESURE DU DEBIT DES SIPHONS ET DES TUYAUX D'ALIMENTATION

La méthode de mesure du débit des siphons ou des tuyaux d'alimentation la plus courante est la méthode volumétrique.

Equipement et personnel

L'équipement nécessaire comporte un seau d'eau taré ou gradué, un siphon ou un tuyau d'alimentation et un chronomètre. Deux personnes sont nécessaires pour effectuer les mesures.

Dispositif

A l'aval immédiat de la berge du canal d'amenée, on aménage un petit fossé pour placer le seau (figure 72).

Si la sortie du siphon ou du tuyau d'alimentation est **libre**, le déversement se fait directement dans le seau d'eau (figure 72a). Par contre, si la sortie est **noyée**, le seau d'eau doit être fixé de façon que ses bords soient maintenus au même niveau que le plan d'eau normal de distribution (figure 72b). Les siphons ou les tuyaux d'alimentation déversent l'eau dans le fossé de part et d'autre du seau. Le plan d'eau va monter dans le fossé jusqu'à ce que l'eau se déverse dans le seau. Il est important de suivre correctement cette procédure pour pouvoir mesurer les débits dans les conditions réelles de fonctionnement. Si le siphon déverse directement dans le seau, l'écoulement des eaux se fera à charge variable au fur et à mesure que le seau se remplit, ce qui fausse les mesures.

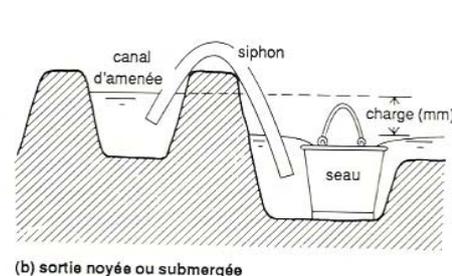
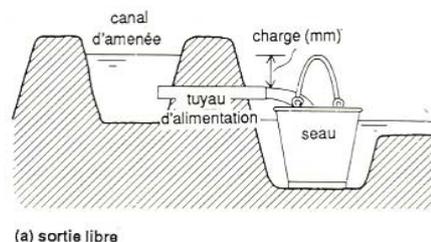


Figure 72 Mesure du débit des siphons

Procédure

Pour que le siphon fonctionne normalement, il faut qu'il soit vide d'air; pour cela on le remplit d'eau pour chasser l'air. C'est ce qu'on appelle l'**amorçage** du siphon (voir figure 73). Une extrémité du siphon est noyée dans l'eau, l'autre est bouchée à la main pour empêcher l'entrée d'air dans le siphon (figure 73). Ensuite, le siphon est posé sur la diguette du canal d'amenée, et l'autre extrémité est placée dans le fossé à côté du seau d'eau.



Figure 73 Amorçage d'un siphon

Le plan d'eau dans le fossé va monter jusqu'à se déverser dans le seau. On déclenche le chronomètre juste au début du déversement d'eau pour mesurer le temps de remplissage du seau.

Pour les siphons à sortie libre, l'eau se déverse directement dans le seau.

Le débit du siphon sera ensuite calculé comme suit:

$$\text{débit (l/s)} = \frac{\text{Volume du seau (litres)}}{\text{Temps de remplissage du seau (secondes)}}$$

Exemple

Dans l'expérience de mesure du débit avec la méthode volumétrique, un seau de 5 litres a été rempli en 12 secondes, donc le débit du siphon sera: $Q = 5 \text{ litres}/12 \text{ secondes} = 0,42 \text{ l/s}$.

TAUX D'INFILTRATION ET MESURE IN SITU

TAUX D'INFILTRATION

Le **taux d'iofiltration** exprime la rapidité ou la vitesse à laquelle l'eau entre dans le sol. Il exprime généralement la hauteur d'eau (en mm) qui s'infiltre dans le sol en une heure. Un taux d'infiltration de 15 mm/heure veut dire qu'une colonne d'eau de 15 mm de hauteur s'infiltre complètement dans le sol au bout d'une heure.

Au départ, l'eau s'infiltre rapidement, c'est ce qu'on appelle le **taux d'infiltration initial**. Au fur et à mesure que l'eau remplit les poches d'air du sol, le taux d'infiltration de l'eau décroît et atteint éventuellement une valeur pratiquement constante. C'est ce qu'on appelle le taux d'infiltration en régime permanent (Tableau 7).

Le taux d'infiltration est fonction de la texture (granulométrie ou dimensions des particules) et de la structure du sol (arrangement ou disposition des particules) (voir Volume 1). Le taux d'infiltration est un bon étalon pour le classement des sols du point de vue de l'aptitude à l'irrigation (voir Tableau 8).

La méthode de mesure la plus courante du taux d'infiltration est celle de l'infiltromètre à double cylindre ou à double anneau.

MESURE IN SITU DU TAUX D'INFILTRATION

Equipement nécessaire

- Pelle/houe
- Marteau (2 kg)
- Montre ou chronomètre
- Seau de 5 litres
- Madrier (75 x 75 x 400)
- Pièce de jute ou hessois (300 x 300)
- Un volume d'eau de 100 litres au moins

Un infiltromètre à anneaux (le cylindre intérieur est de 30 cm de diamètre et le cylindre extérieur est de 60 cm de diamètre). Le cylindre extérieur peut être remplacé par une levée de terre pour empêcher la fuite latérale des eaux. Une règle graduée en bois (e.g. une règle de 300 mm).

Tableau 7 TAUX D'INFILTRATION EN REGIME PERMANENT POUR DIFFERENTS TYPES DE SOL

Type de sol	Taux d'infiltration en régime permanent (mm/heure)
sable	moins que 30
limon sableux	20-30
limon	10-20
limon argileux	5-10
argile	1-5

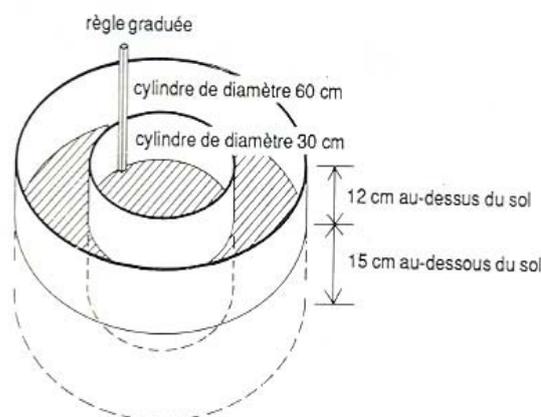


Figure 74 Dispositif de mesure in situ

Méthode

1ère étape: Enfoncez le cylindre de 30 cm de diamètre dans le sol à coups de marteau, jusqu'à une profondeur de 15 cm au moins. Utilisez un petit madrier pour ne pas abimer les bords du cylindre à coups de marteau. Tenez le cylindre vertical, et enfoncez la règle dans le sol de façon à garder une hauteur libre de 12 cm au-dessus du sol.

2ème étape: Enfoncez le cylindre de 60 cm de diamètre dans le sol, ou bien faites une levée de terre autour du cylindre de 30 cm de diamètre, d'une hauteur égale à celle du cylindre, et placez le hessois pour éviter l'apparition d'irrégularités dans le sol quand on verse l'eau (figure 75).

3ème étape: Commencez par verser l'eau dans le cylindre intérieur (diamètre 30 cm) jusqu'à une hauteur de 70-100 mm. En même temps, remplissez l'espace vide entre les deux cylindres, ou bien entre le cylindre intérieur et la levée de terre, jusqu'à la même hauteur. Ces deux opérations doivent être rapides et simultanées.

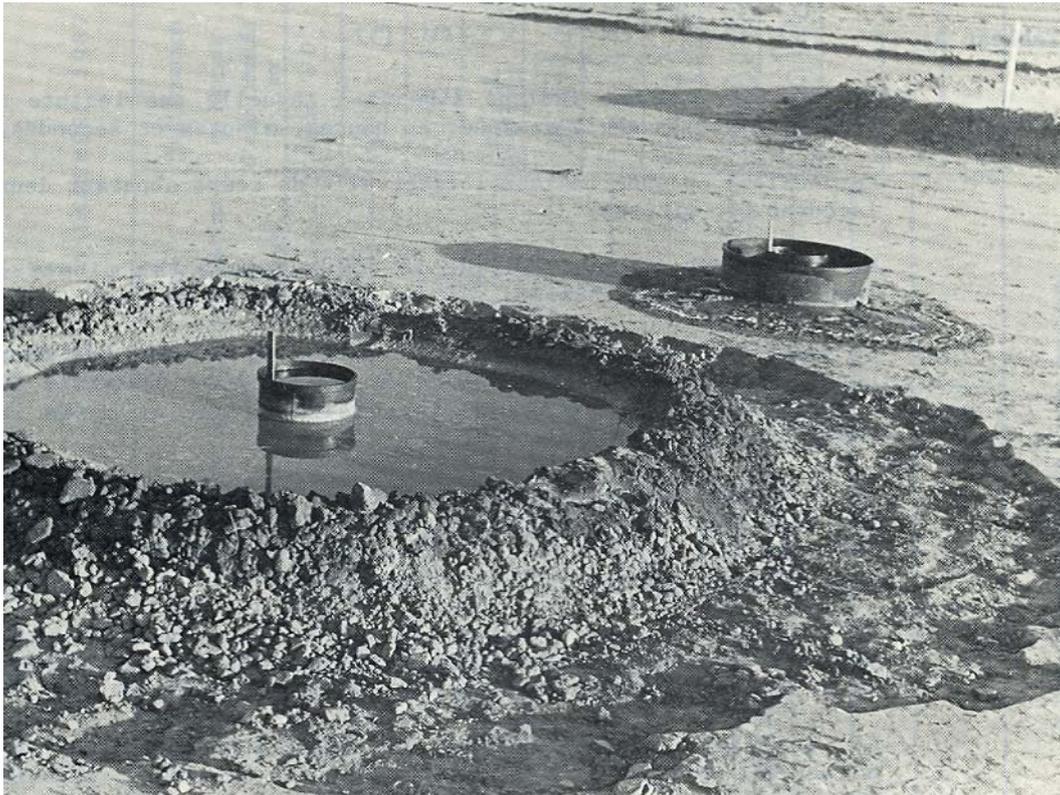


Figure 75 Infiltromètre à deux cylindres, ou bien un cylindre entouré d'une levée

Le remplissage de l'eau entre les deux cylindres, ou bien entre le cylindre intérieur et la levée de terre, a pour but d'empêcher les fuites d'eau latérales en dehors des limites de l'infiltromètre.

4ème étape: Enregistrez la cote des eaux par lecture de la règle graduée et déclenchez le chronomètre, ou bien notez l'heure.

5ème étape: Au bout de 1-2 minutes, enregistrez la baisse de la cote d'eau et rétablissez le niveau d'eau dans le cylindre intérieur au niveau de départ. Notez cette cote des eaux, et remplissez d'eau l'espace extérieur limité entre les deux cylindres jusqu'à la nouvelle cote des eaux dans le cylindre intérieur.

6ème étape: Répétez le processus jusqu'à ce que la baisse de cote des eaux soit la même au bout du même intervalle de temps. Au départ les lectures de cotes sont faites à des intervalles de temps courts (e.g. toutes les 1-2 minutes), puis au fur et à mesure que l'infiltration se ralentit, les lectures seront faites à des intervalles de temps plus longs (e.g. toutes les 20-30 minutes).

Notez bien qu'il faut faire au moins deux essais d'infiltration pour s'assurer de l'exactitude des mesures.

Le tableau 8 et la figure 76 illustrent la manière de relever les mesures.

Tableau 8:

- La première colonne indique l'heure à laquelle une lecture a été faite sur la règle graduée: en heures, minutes et secondes.
- La deuxième colonne indique l' intervalle de temps séparant deux lectures (en minutes).
- La troisième colonne indique le temps cumulé (en minutes) depuis le début de l'essai.
- La quatrième colonne indique les lectures de la cote des eaux (en mm) sur la règle graduée, à la fin du 1^{er} intervalle de temps et au début du second intervalle (avant et après le remplissage du cylindre intérieur).
- La cinquième colonne indique la hauteur d'eau d'infiltration (en mm) entre deux lectures; c'est-à-dire la différence des cotes du plan d'eau entre deux lectures. La méthode de calcul de l'infiltration est indiquée entre parenthèses.
- La sixième colonne indique le taux d'infiltration (en mm/minute); c'est le quotient de l'infiltration (en mm; colonne No 5) par l'intervalle de temps (en minutes, colonne No 2).
- La septième colonne indique le taux d'infiltration (en mm/heure); c'est le taux d'infiltration (en mm/minute, colonne No 6) multiplié par 60 (60 minutes par heure).
- La huitième colonne indique l'infiltration cumulée (en mm); c'est-à-dire la quantité d'eau infiltrée (en mm) depuis le début de l'essai. La méthode de calcul de l'infiltration cumulée est indiquée entre parenthèses.

FEUILLE DE MESURE : TAUX D'INFILTRATION

Site : EXEMPLE

Type du sol : LIMON

Date : 5 DECEMBRE 1987

1 Heure		2 Intervalle de temps		3 Temps cumulé		4 Niveau d'eau avant et après remplissage		5 Infiltration		6 Taux d'infiltration		7 Taux d'infiltration		8 Infiltration en hauteur d'eau cumulée	
h	mn	s	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm/mm	mm/mm	mm/heure	mm	mm	mm	mm
14	05	0	départ = 0	départ = 0	100									départ = 0	
14	07	0	2	(0+2) 2	92	100		(100-92) 8	(8/2) 4.00		240			(0+8) 8	
14	10	0	3	(2+3) 5	93	99		(100-93) 7	(7/3) 2.33		140			(8+7) 15	
14	15	0	5	(5+5) 10	89	101		(99-89) 10	(10/5) 2.00		120			(15+10) 25	
14	25	0	10	(10+10) 20	84	100		(101-84) 17	(17/10) 1.70		102			(25+17) 42	
14	35	0	10	(20+10) 30	89	102		(100-89) 11	(11/10) 1.10		66			(42+11) 53	
14	45	0	10	(30+10) 40	95	101		(102-95) 7	(7/10) 0.70		42			(53+7) 60	
15	05	0	20	(40+20) 60	92	100		(101-92) 9	(9/20) 0.45		27 *			(60+9) 69	
15	25	0	20	(60+20) 80	91			(100-91) 9	(9/20) 0.45		27 *			(69+9) 78	

* Taux d'infiltration en régime permanent

Figure 76:

La figure 76 représente la courbe d'infiltration cumulée (en mm, colonne 8) en fonction des intervalles de temps cumulés (en minutes, colonne 2). Sur cette courbe on voit qu'il faut, pour le sol en question, 70 minutes pour laisser infiltrer 74 mm d'eau environ.

Le taux d'infiltration en régime permanent peut être tiré du Tableau 8, colonne 7: le taux d'infiltration en mm/heure. Le taux d'infiltration en régime permanent est atteint quand l'infiltration devient constante en fonction du temps. Dans cet exemple le taux d'infiltration permanent est de 27 mm/heure, il est atteint au bout de 60 minutes, le taux d'infiltration cumulé au bout de ce temps est de 69 mm. De même, si l'expérience est poursuivie durant 60 minutes supplémentaires, l'infiltration cumulée au bout de 120 minutes (2 heures) sera la somme de l'infiltration cumulée au bout des premières 60 minutes soit 69 mm, et celle cumulée entre la 61^e minute et la 120^e minute soit $9 + 9 + 9 = 27$ mm, donc au total $69 + 27 = 96$ mm. Au bout de 3 heures, l'infiltration cumulée sera $96 + 27 = 123$ mm, etc... Une fois la courbe tracée, on peut déterminer le temps que mettra une certaine hauteur d'eau pour s'infiltrer dans le sol. C'est un facteur important à connaître pour déterminer la durée des irrigations.

Note: La courbe d'infiltration doit être tracée dans les conditions d'humidité normales du sol, c'est-à-dire avant les irrigations, e.g. en général quand le sol en surface est sec.

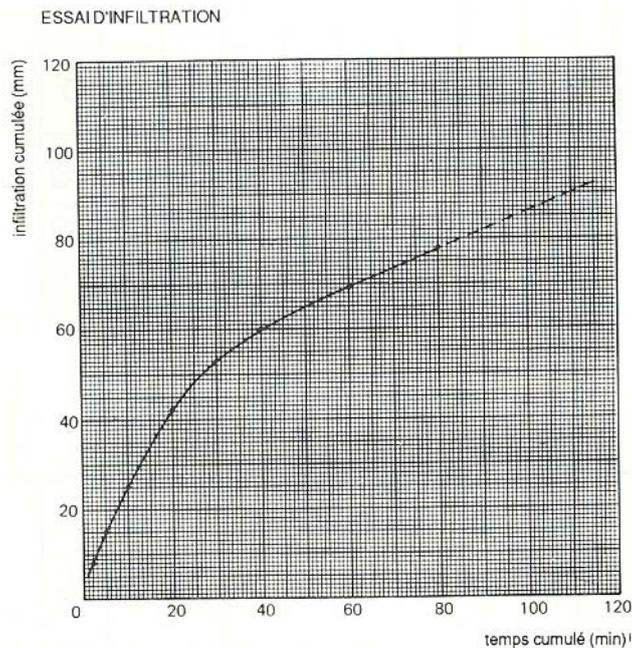
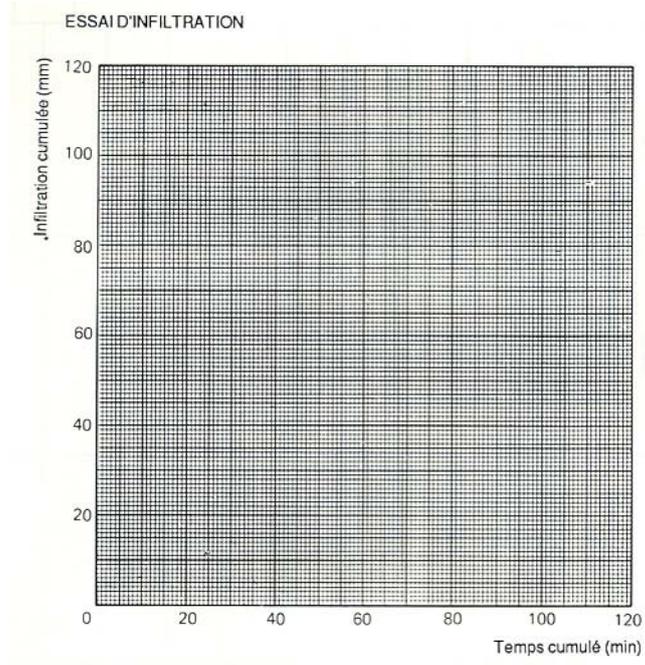


Figure 76 Modèle d'une courbe d'infiltration



REGLE DU QUART ET DUREE D'IRRIGATION

REGLE DU QUART

Avec les méthodes d'irrigation de surface, l'eau est fournie aux champs à partir des canaux d'amenée. Le front d'eau progresse en partant de l'extrémité adjacente au canal jusqu'à l'autre bout du champ; c'est ce qu'on appelle la progression du front d'eau (figure 77).

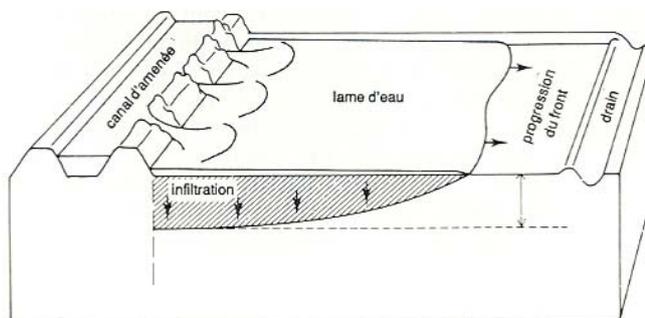


Figure 77 Progression du front d'eau

Quand l'alimentation en eau est arrêtée, l'eau s'infiltré progressivement dans le sol et l'extrémité amont de la lame d'eau s'écarte du canal d'amenée; c'est ce qu'on appelle le recul ou la récession du front d'eau (figure 78).

Le cas idéal correspond à des temps égaux de progression et de recul du front d'eau. En effet, dans ce cas l'infiltration des eaux dans la zone racinaire est uniforme. En pratique, les temps de progression et de recul du front d'eau ne sont jamais égaux: la progression de l'eau est souvent plus lente que le recul. Ainsi, les régions proches du canal d'amenée vont recevoir plus d'eau que celles à l'autre bout. Ceci est d'autant plus vrai que le débit du courant d'eau est faible.

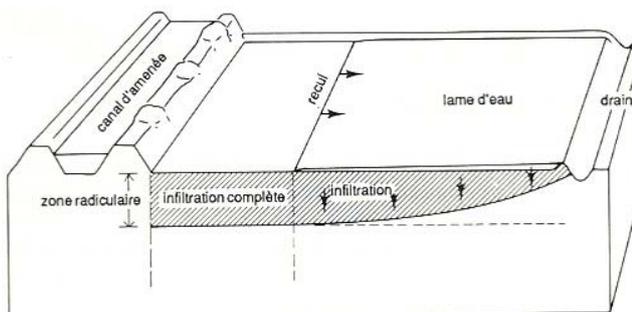
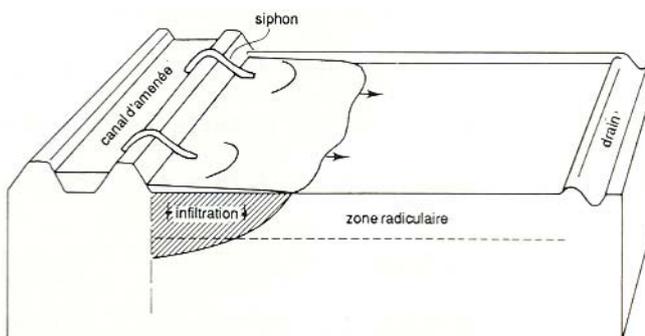


Figure 78 Recul du front d'eau

Par exemple, si un courant d'eau à faible débit alimente une exploitation de grande taille à sol sableux, l'eau ne parviendra à couvrir toute l'exploitation qu'au bout d'un temps assez long. En effet, le taux d'infiltration des eaux dans les sols sableux est très fort; par suite l'écoulement vertical des eaux est plus important que l'écoulement en surface relatif à la progression du front d'eau. Ainsi, les régions proches du canal d'amenée vont recevoir une quantité surabondante d'eau, tandis que les régions à l'autre bout n'en recevront que très peu ou pas du tout (Figure 79).



Par contre, si le débit du courant d'eau est fort, la distribution d'eau sera plus uniforme. Le taux d'infiltration va être certainement le même, mais le front d'eau atteindra l'extrémité du champ plus rapidement. Par conséquent, les régions se trouvant à l'autre extrémité à partir du canal d'amenée vont recevoir une quantité raisonnable d'eau, quoique toujours inférieure à celle des régions se trouvant au voisinage immédiat du canal (voir figure 80).

Figure 79 Distribution d'eau avec un courant d'eau à faible débit

L'expérience a montré qu'une bonne approximation du débit du courant d'eau nécessaire est obtenue en appliquant la règle du "Quart". La règle du quart stipule que le débit du courant d'eau doit être tel que l'eau arrive à l'autre extrémité du champ (en irrigation par sillons), ou bien tel que l'eau couvre la totalité du bassin (irrigation par bassins), au bout du quart du temps nécessaire à l'infiltration des eaux dans la zone racinaire (Temps de contact). Le temps de contact est le temps nécessaire pour l'infiltration de la quantité d'eau à apporter pour couvrir les besoins en eau des plantes. Le temps de contact est déterminé à partir de la courbe d'infiltration (Voir Annexe 2).

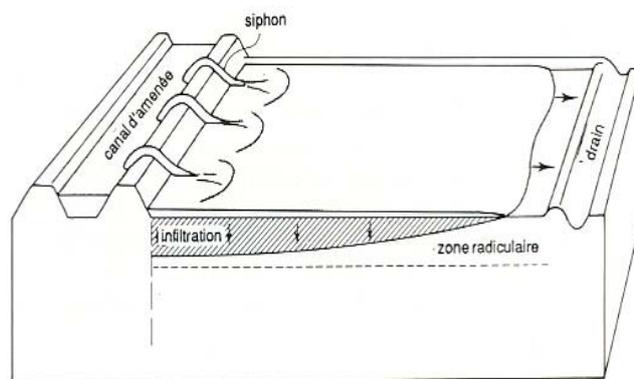


Figure 80 Distribution d'eau avec un courant d'eau adéquat

Exemple: Dans cet exemple, on utilise la courbe d'infiltration (Figure 76) de l'Annexe 2. Supposons qu'une dose d'arrosage de 70 mm doit être apportée à un bassin. En utilisant la courbe de la figure 76, on relève que le temps nécessaire pour l'infiltration complète de cette quantité d'eau est approximativement 74 mn. En appliquant la règle du quart, le bassin devrait être complètement submergé d'eau au bout de $74/4 = 18$ à 19 minutes. Le débit du courant d'eau doit être tel que toute la superficie du bassin soit effectivement sous l'eau au bout de 18 à 19 minutes. Si le temps mis par le courant d'eau utilisé pour couvrir le bassin est plus long, la distribution de l'eau dans la zone racinaire sera inadéquate. S'il est impossible, pour une raison ou une autre, d'augmenter le débit du courant d'eau pour couvrir tout le bassin au bout de 18 à 19 minutes, on devrait refaire le découpage du champ en bassins plus petits, pour que le temps de couverture par les eaux soit de l'ordre de 18 à 19 minutes.

DUREE D'IRRIGATION

La durée d'irrigation est le temps nécessaire (en minutes ou en heures) pour fournir la dose d'arrosage nécessaire (en mm). La durée d'irrigation dépend de trois facteurs: le débit du courant d'eau (1/s), la dose d'arrosage nécessaire (mm) et la superficie du champ à irriguer (ha). La relation suivante donne la durée d'irrigation:

Durée d'irrigation:
(heures)

$$\frac{2,78 \times \text{dose d'arrosage (mm)} \times \text{superficie à irriguer (ha)}}{\text{débit du courant d'eau (1/s)}}$$

Exemple:

Par exemple, si la dose d'arrosage est de 50 mm et si le débit du courant d'eau disponible est de 20 1/s et que les dimensions du champ sont 75 x 50 m, la durée d'irrigation est calculée comme suit:

1ère étape: Calcul de la superficie du champ en hectares:

$$\text{La superficie est: } 75 \text{ m} \times 50 \text{ m} = 3\,750 \text{ m}^2 = 3\,750/10\,000 = 0,375 \text{ ha}$$

2ème étape: Calcul de la durée d'irrigation:

$$\text{Durée d'irrigation: } \frac{2,78 \times \text{dose d'arrosage (mm)} \times \text{superficie à irriguer (ha)}}{\text{débit du courant d'eau (1/s)}}$$

$$\text{Durée d'irrigation (heures)} = \frac{2,78 \times 50 \times 0,375}{20}$$

$$\text{Durée d'irrigation (heures)} = 2,6 \text{ heures} = 156 \text{ minutes.}$$

En appliquant la règle du "Quart", on voit que l'eau doit atteindre l'extrémité aval du sillon, c'est-à-dire couvrir la totalité du bassin, durant $156/4 = 39$ minutes. Si le temps mis par le courant d'eau est plus long, il faut, compte tenu de toute autre considération, soit augmenter le débit du courant d'eau soit réduire les dimensions des bassins ou des sillons.

EVALUATION DE LA PERFORMANCE A L'IRRIGATION

Cette Annexe traite la méthodologie de détermination de la performance à l'irrigation des techniques par bassins/sillons. Les besoins en eau nets des cultures étant supposés connus (i.e. la dose d'arrosage nette), ils seront exprimés en fraction des quantités d'eau d'irrigation réellement fournies aux cultures. L'efficacité d'application à la parcelle ainsi obtenue constitue une bonne mesure pour l'évaluation de la performance de la technique d'irrigation.

Equipement nécessaire

- chaîne de mesure (30 m)
- infiltromètre
- lattes ou piquets en bois
- montre ou chronomètre
- feuille de mesure.

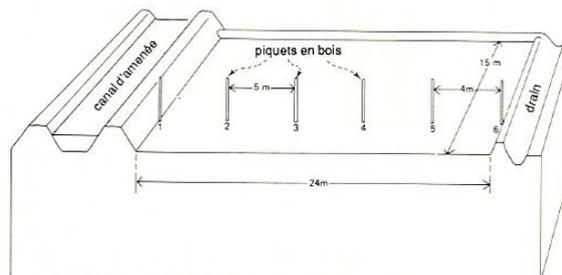


Figure 81 Implantation des piquets en bois à 5 m d'intervalle

Méthodologie

1ère étape: Identifiez un bassin ou un

sillon pouvant être considéré

comme représentatif de la situation générale du point de vue des tailles, type de sol et cultures. Mesurez avec la chaîne la longueur du sillon ou les dimensions du bassin. Reportez les résultats sur la feuille de mesure.

Exemple:

Date de la mesure: 4 décembre 1987 Dimensions du bassin: 24 m x 15 m = 360 m²

Culture: arachide

Dose d'arrosage nette: 45 mm

- 2ème étape: Placez les piquets en bois à des intervalles de 5-10 m comme le montre la figure 81. Portez les distances entre les piquets sur la feuille de mesure (colonne 2).
- 3ème étape: Faites une série de mesures d'infiltration (voir Annexe 3) et tracez la courbe d'infiltration (courbe moyenne). Dans cet exemple, nous allons utiliser la courbe de la figure 76, Annexe 3.
- 4ème étape: Commencez l'irrigation. Veillez à utiliser le même courant d'eau et à adopter les mêmes durées d'irrigation pratiquées par l'agriculteur. Notez l'heure, ou le temps écoulé, chaque fois que le front d'eau parvient à chacun des piquets en bois (1 à 6). C'est ce qu'on appelle la durée de progression du front d'eau: colonne 3.
- 5ème étape : Notez l'heure, ou le temps écoulé, chaque fois que l'eau se trouvant entre deux piquets en bois s'infiltré dans le sol, jusqu'à ce que l'eau qui se trouve entre tous les piquets (1 à 6) s'infiltré. C'est ce qu'on appelle la durée de recul du front d'eau: colonne 4.
- 6ème étape: Calculez le temps de contact pour tous les mini-bassins limités entre deux piquets en bois; le temps de contact est la différence entre les durées respectives de progression et de recul: colonne 5.
- 7ème étape : Calculez la dose d'arrosage fournie à chacun des mini-bassins limités par les piquets en bois, en utilisant la courbe d'infiltration: dans cet exemple, c'est la courbe de la figure 76, colonne 6. Tous les résultats sont portés sur une feuille de mesure comme indiqué ci-dessous.

1	2	3	4	5	6	
Piquet N°	Distance du canal	à partir d'amenée	Durée de progression	Durée de recul	Temps de .é contact	Dose fournie
	m		Heure Temps écoulé depuis le départ	Heure Temps écoulé depuis le départ	mn	mn
			h mn	h mn mn		
1	0		11 00	0	11 50	50
2	5		11 04	4	11 50	50
3	10		11 08	8	11 50	50
4	15		11 11	11	11 51	51
5	20		11 20	20	11 52	52
6	24		11 30	30	11 54	54
Moyenne: 59 mm						

8ème étape: Calcul de l'efficacité d'application à la parcelle. L'efficacité d'application à la parcelle représente la fraction de la dose d'arrosage utilisée par les cultures. En supposant que les pertes par ruissellement sont nulles, l'efficacité d'application à la parcelle (%) est la proportion multipliée par 100% des besoins en eau nets des cultures (mm) par rapport à la quantité d'eau réellement fournie aux cultures (mm).

Ou:

$$\text{Efficacité d'application à la parcelle (\%)} = \frac{\text{Besoins en eau nets ou dose d'arrosage nette (mm)}}{\text{Valeur moyenne de la doses d'irrigation réellement fournie (mm)}} \times 100\%$$

La valeur moyenne de la dose d'irrigation réellement fournie (colonne 6) est:

$$(65 + 63 + 61 + 60 + 56 + 46) : 6 = 59 \text{ mm}$$

La dose d'arrosage nette est de 45 mm. D'où l'efficacité d'application à la parcelle (%) = $45/59 \times 100\% = 76\%$. Ceci veut dire que la valeur moyenne des pertes par percolation profonde est de $59 - 45 = 14 \text{ mm}$ (voir figure 82).

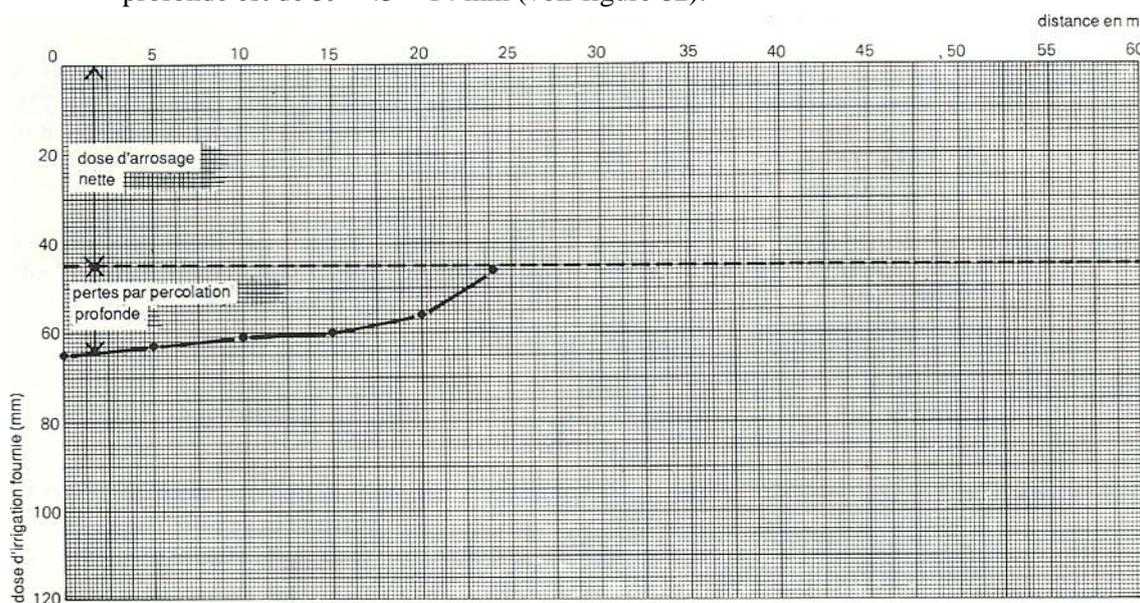
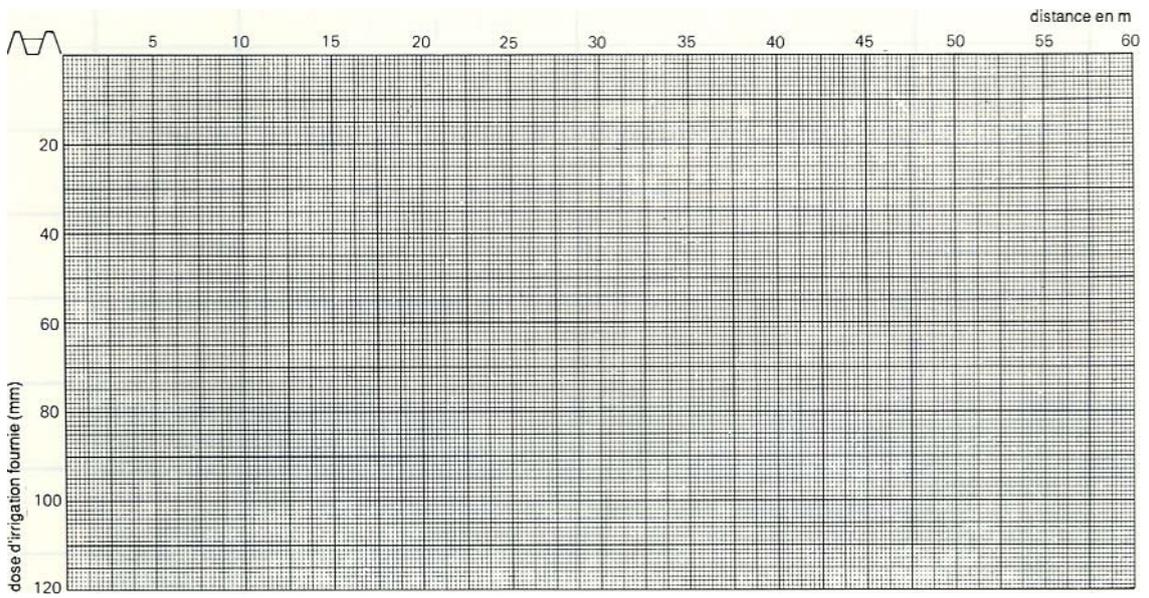
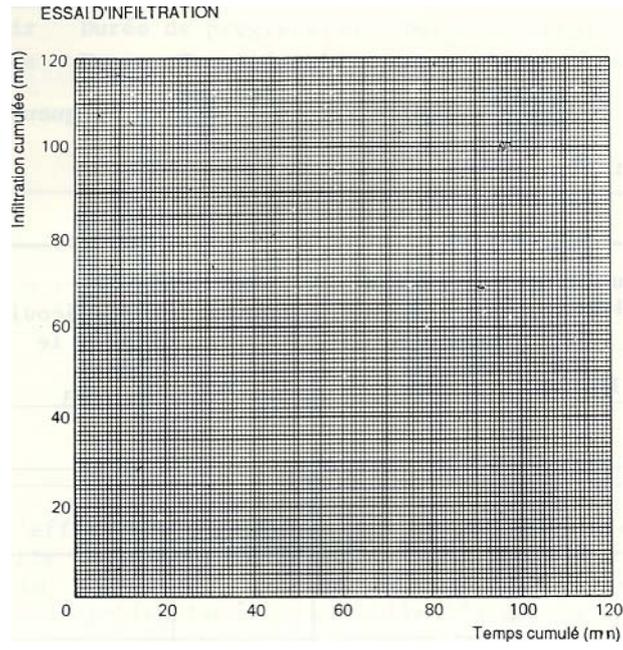


Figure 82 Pertes par percolation profonde



REFERENCES SUPPLEMENTAIRES

Textes généraux

Jensen M.E.(ed). Design and operation of farm irrigation systems.

1983 Revised Printing. Amer. Soc. Agr. Engr. Mono. No. 3. St. Joseph, Michigan. 840 p.

Stern P.H. Small Scale Irrigation: A Manual of Low Cost Water
1979 Technology. Intermediate Technology Publications, London.

Withers B. et Vipond S. Irrigation: Design and Practice.
1974 (1st ed.). Batsford, London.

Irrigation de surface

Booher L.J. L'irrigation de surface. Division de la mise en

1974 valeur des terres et des eaux. FAO, Rome.

Kay M. Surface Irrigation: Systems and Practice. Cranfield Press, 1986 Bedford, UK.

Irrigation par aspersion

Kay M. Sprinkler Irrigation: Equipment and Practice. Batsford, London. 1983

Micro-irrigation (Irrigation au goutte à goutte)

Nakayama F.S. et Bucks D.A. (eds). Trickle Irrigation for Crop Production: 1986 Design, Operation and Management. Elsevier, New York. 393 p.

Vermeiren L. et Jobling G.A. L'irrigation localisée: calcul, mise
1980 en place, exploitation, contrôle et fonctionnement. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage N°
36, FAO, Rome.