



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org



15758-F

Distr. LIMITEE

ID/WG.462/8
14 août 1986

FRANCAIS
Original : ANGLAIS

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Troisième Consultation sur l'industrie
des machines agricoles

Belgrade (Yougoslavie)
29 septembre - 3 octobre 1986

UTILISATION DU MATERIEL D'IRRIGATION POUR DES
PROJETS AGRICOLES ET POSSIBILITES DE
FABRICATION LOCALE DANS LES PAYS
EN DEVELOPPEMENT *

Établi par
Wolfgang Sommer**
Consultant de l'ONUDI

* Traduction d'un document n'ayant pas fait l'objet d'une mise
au point rédactionnelle.

** Ingénieur spécialiste de projets d'irrigation, Roehren- und
Pumpenwerk Rudolf Bauer Ges.m.b.H., Voitsberg (Autriche).

V.86-59199 (EX)

TABLE DES MATIERES

<u>Chapitre</u>	<u>Page</u>
I. INFLUENCE DES CONDITIONS LOCALES SUR LE CHOIX D'UNE TECHNIQUE APPROPRIÉE D'IRRIGATION	5
Introduction générale	5
Influence d'une irrigation appropriée sur le système écologique des sols	5
Plans d'économie hydraulique	8
Perméabilité des sols	8
Teneur en sels de l'eau d'irrigation	9
Les systèmes d'irrigation et leur efficacité	10
Systèmes d'irrigation adaptés à certains types de cultures	13
Résumé	18
II. ANALYSE SUCCINCTE DES DIVERS SYSTEMES D'IRRIGATION PAR ASPERSION ET PAR PERCOLATION	20
Généralités	20
A. Irrigation par aspersion	20
A.1. Systèmes stationnaires d'aspersion à rampes	22
A.2. Aspersion continue à rampes	29
B. Irrigation par percolation	36
B.1. Systèmes statiques	37
B.2. Systèmes mobiles	39
III. FACTEURS PERTINENTS POUR GUIDER LE CHOIX DES SYSTEMES D'IRRIGATION PAR ASPERSION	41
Effet de la pente du terrain	41
Effet du coefficient d'absorption de l'eau	42
Effet de la configuration du terrain à irriguer	42
Effet des conditions de surface du champ	43

<u>Chapitre</u>	<u>Page</u>
Rôle des petites et moyennes entreprises dans le transfert des techniques, la formation et le financement	78
VII. OBSTACLES ET BARRIERES QUI ENTRAVENT L'ETABLISSEMENT ET LE DEVELOPPEMENT DES PROJETS D'IRRIGATION ET/OU DES INSTALLATIONS DE FABRICATION DU MATERIEL D'IRRIGATION	82
Problèmes liés à l'agriculture par irrigation	82
Obstacles auxquels se heurtent les installations qui fabriquent du matériel d'irrigation	83
VIII. STRATEGIES ET POLITIQUES	
(ROLE DE LA COOPERATION INTERNATIONALE)	85
Politique et stratégie au niveau des gouvernements ..	87
Politique et stratégie au plan international	89
Notes	91

I. INFLUENCE DES CONDITIONS LOCALES SUR LE CHOIX
D'UNE TECHNIQUE APPROPRIÉE D'IRRIGATION

Introduction générale

1. La production agricole doit augmenter à l'échelle mondiale, non seulement pour maintenir, mais encore pour élever le niveau nutritionnel d'une population en croissance constante. Il faut réduire et prévenir les goulots d'étranglement dans la production. La présence d'eau et l'accessibilité de cet élément est certes le facteur le plus important pour éliminer les goulots d'étranglement qui entravent la production dans les régions arides et semi-arides du monde. En assurant une meilleure alimentation des champs en eau, on multipliera le rendement des cultures par hectare et garantira une bonne récolte.

Influence d'une irrigation appropriée sur le système écologique des sols

2. D'après la définition habituelle, le système écologique est l'interaction des organismes et des facteurs qui constituent un environnement commun. Ce système est constamment soumis à des modifications qui relèvent de facteurs élémentaires, tels que la lumière et la chaleur, et aussi de facteurs complexes tels que le climat, etc.

3. Pour évaluer l'influence de l'irrigation sur le système écologique des sols, il est indispensable d'observer les conditions qui causent ces changements. En particulier, les changements climatiques jouent un rôle important dans le développement des systèmes écologiques sur les plans végétal, animal et humain : un exemple frappant en est fourni par les changements climatiques et écologiques qui leur sont associés dans la région du Sahel où, entre 1968 et 1984, la sécheresse a créé une situation désastreuse pour le monde végétal et animal, et par conséquent pour la population locale.

4. Que ces modifications aient été causées par le déplacement de la zone des moussons tropicales vers l'équateur ou par l'intervention directe de l'homme : il n'en reste pas moins que le désert du Sahara s'agrandit vers le Sud à un rythme de 50 km par an. 1/

5. L'irrigation crée un système complexe d'économie hydraulique, qui comporte des puits, des réservoirs, des canaux d'alimentation en eau, des tranchées de trop-plein et de drainage qui garantissent une distribution précise de l'eau dans les zones prédéterminées. Il est donc indéniable que l'irrigation exerce une influence capitale sur la conservation et aussi sur le développement de nouveaux systèmes écologiques. Après l'introduction de l'irrigation dans des sols qui, jusque-là, avaient été insuffisamment alimentés en eau, les systèmes pédologiques existants subissent d'énormes changements dynamiques; souvent même, les vieux systèmes disparaissent pour céder la place à un système écologique nouveau.

6. L'irrigation a pour effet de susciter dans le sol un coefficient d'humidité qui encourage un bon métabolisme, un foisonnement de la microflore et l'apparition d'une faune dans le sol. La présence d'une microflore dans le sol exerce une influence extrêmement positive sur le système écologique des cultures. Les moisissures, les bactéries et d'autres micro-organismes sont influencés, en ce sens que le nombre des organismes pris individuellement augmente, en même temps que le nombre des différentes espèces diminue. La vie animale dans le sol est, elle aussi, fortement influencée. Dans les sols arides, la faune est rare et spécialement adaptée à l'aridité. D'habitude, l'irrigation entraîne la destruction des systèmes écologiques précédents et la création de systèmes nouveaux, essentiellement caractérisés par la présence de lombrics, d'acariens et de nématodes. Les lombrics jouent évidemment un rôle des plus importants dans la formation de la couche arable. Leur présence sert à la fois à rendre le sol plus meuble et à l'aérer.

7. Le renforcement de l'évaporation et de la transpiration modifie dans une large mesure le microclimat. L'humidité augmente et la température diminue, ce qui réduit la transpiration. L'humidification croissante du sol favorise le processus d'oxydation, refroidit la surface du sol et ralentit la minéralisation des substances organiques dans le sol, ce qui favorise la concentration renforcée de l'humus, particulièrement dans les sols arides. 1/

8. Le bilan hydraulique du système phyto-écologique est défini par l'absorption de l'eau et par les quantités d'eau disponibles, ainsi que par les fonctions de l'eau. Les principales fonctions de l'eau dans le contexte de l'écosystème des cultures sont les suivantes :

- L'eau sert à dissoudre et à véhiculer les substances nutritives que les plantes ne peuvent absorber qu'en solution.
- L'eau est l'une des principales substances constitutives des cellules végétales. Absorbée par les cellules à l'aide de forces osmotiques et de succion, l'eau influence fortement la structure physique des végétaux.
- L'eau joue un rôle important dans le métabolisme végétal.
- Comme l'eau exige une quantité déterminée d'énergie thermique pour s'évaporer, elle exerce un effet régulateur sur les hautes et les basses températures. Pendant la transpiration, l'eau refroidit la surface des feuilles qui se tournent vers le soleil.
- L'eau est indispensable pour assurer la photosynthèse.

9. L'irrigation exerce aussi une influence considérable sur les systèmes écologiques humains, notamment dans les zones arides et semi-arides. A cet égard, le colloque sur "L'irrigation des terres arides dans les pays en développement", qui s'est tenu à Alexandrie (Egypte) en 1976, a formulé les recommandations suivantes :

- Il importe d'améliorer les conditions économiques du développement social.
- On devra permettre l'échange des aliments produits dans des sols irrigués contre des marchandises.
- La production agricole devra être stabilisée en prévenant les pertes dues à la sécheresse.
- On relèvera le niveau de vie des populations.
- Les tribus nomades seront évacuées.

10. L'irrigation améliore les conditions de vie des cultivateurs et de leurs familles. Elle contribue aussi à moderniser les méthodes

de culture et elle amène une rationalisation de la production agricole, si on la combine avec un relèvement du niveau d'éducation des populations locales.

Plans d'économie hydraulique

11. Les plans d'économie hydraulique, qui forment une partie intégrante des plans d'irrigation, se développent de plus en plus. En 1975, on estimait à 245 000 000 ha de terres arables la superficie des terrains de culture soumis à l'irrigation, soit 16,6 p. 100 sur un total de 1 473 millions d'hectares de terres arables. En partant de la situation actuelle et des tendances en matière de développement, on peut prévoir un accroissement annuel des terrains irrigués de l'ordre de 10 millions d'hectares. Sur cette base, on admettra qu'environ 500 millions d'hectares de terrains seront irrigués vers l'an 2000, soit le double du nombre d'hectares irrigués en 1975. En supposant qu'il faut 4 500 m³ d'eau par an pour irriguer une superficie d'un hectare (450 l/m² ou 450 mm), on obtient 45 000 millions de m³ d'eau par an pour irriguer 10 millions d'hectares de terres, soit, en l'an 2000, 1 billion et 1,125 million de m³ d'eau. Cela représente presque le débit annuel de Rio de la Plata, ou cinq fois celui de l'Indus, ou 14 fois celui du Nil. 1/

12. Puisque des quantités d'eau aussi colossales doivent servir à l'irrigation, et en raison des conditions réelles auxquelles doivent faire face les agriculteurs dans les zones arides et semi-arides, il est indispensable de passer à des systèmes économiques d'irrigation, tels que les systèmes d'aspersion et les arroseurs automatiques. Grâce à ces systèmes, on pourra déterminer les quantités exactes d'eau requises, et réduire au maximum les pertes d'eau par fuite ou évaporation.

Perméabilité des sols

13. Un problème de perméabilité des sols se pose, lorsque le taux d'infiltration de l'eau dans le sol et à travers le sol se trouve tellement réduit, du fait de la présence ou de l'absence de certains sels dans l'eau, que les plantes ne reçoivent pas assez d'eau, ce

qui diminue le rendement des cultures. Cela peut aussi entraîner des difficultés de récolte, dues à l'encroûtement des couches ensemençées, à l'imbibition d'eau par les sols de surface et aux maladies qui l'accompagnent, à des problèmes de salinité, de teneur en oxygène et de nutrition. Une trop faible salinité de l'eau peut causer une mauvaise perméabilité du sol, l'eau pure ayant une capacité énorme de dissoudre et d'éliminer le calcium et d'autres substances solubles contenues dans le sol. Les carbonates et les bicarbonates peuvent aussi agir sur la perméabilité des sols. Afin de déterminer l'influence à long terme de l'eau sur la perméabilité des sols, on tiendra compte de trois facteurs importants :

- La teneur en sodium par rapport à la teneur en calcium et en magnésium;
- La teneur en bicarbonates et en carbonates;
- La concentration totale de sels dans l'eau.

14. Un taux d'infiltration de 2,5 mm/heure est considéré comme bas, alors qu'une valeur de 12 mm/heure est relativement élevée. Lorsque le coefficient d'adsorption du sodium (Sodium Absorption Ratio, SAR) dépasse 6 à 9 mm/h, on peut prévoir que l'eau d'irrigation occasionnera des difficultés de perméabilité dans des sols à épisodes saisonniers de gonflement et de rétraction comme la montmorillonite. 2/

Teneur en sels de l'eau d'irrigation

15. La teneur en sels minéraux des eaux souterraines exerce une influence notable sur l'écosystème. Dans les régions arides, l'irrigation peut faire monter le niveau de la nappe phréatique, ce qui entraîne à son tour un accroissement de la teneur en sels minéraux des sols des surfaces. La qualité de l'eau se détériore dans la zone racinaire des plantes de culture, en raison de la présence de sels minéraux, ainsi que de sédiments d'engrais et de pesticides.

16. La salinisation et l'alcalinisation des sols compromettent le développement des écosystèmes des cultures. Si la teneur du sol en sels dépasse environ 0,5 à 1 p. 100, les écosystèmes ne se développent pas. 2/ Même une salinité de 0,2 p. 100 (chlorures, sels hydrogénés) exerce une influence délétère. Les sels solubles agissent aussi sur

l'alimentation en eau des végétaux. La pression osmotique augmente, si la concentration en sels solubles est assez élevée.

Les systèmes d'irrigation et leur efficacité

17. Les systèmes d'irrigation ont atteint des degrés d'efficacité très variables au cours de ces dernières décennies, en particulier du fait que le degré d'efficacité dépend de la nature du sol et de la méthode d'irrigation utilisée. En moyenne, on peut admettre que seuls quelque 30 p. 100 de l'eau fournie sont réellement absorbés par les végétaux. 3/ Dans les pays à méthodes primitives de culture et d'irrigation, le pourcentage est même inférieur. D'après une étude entreprise par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), quelque 40 p. 100 seulement de l'eau fournie aux réseaux de distribution atteignent réellement les zones irriguées. Une utilisation efficace de 10 à 20 p. 100 de l'eau est exceptionnelle, et l'irrigation agricole a la réputation d'occasionner les plus forts gaspillages d'eau. Que faire, donc, pour accroître l'efficacité totale de l'utilisation de l'eau ?

- Remplacer l'irrigation classique en surface par des arroseurs, qui sont beaucoup plus efficaces;
- Améliorer l'exactitude et la fiabilité des systèmes d'irrigation retenus, aux points de vue du "timing" et des quantités d'eau consommées;
- Contrôle automatique de l'irrigation, grâce à l'emploi d'un matériel d'aspersion entièrement automatique.

18. Aux Etats-Unis d'Amérique, la proportion des terrains irrigués par arroseurs, comparés aux terrains aspergés par irrigation en surface, a changé entre 1958 et 1969 en passant de 1 : 10 à 1 : 5,4. Alors qu'on prévoit un doublement des surfaces irriguées d'ici l'an 2000, on s'attend à une augmentation de 5 p. 100 seulement de la consommation d'eau. Cet accroissement sera presque entièrement effectué grâce à un nouveau système d'utilisation économique de l'eau. 4/

19. Un système d'aspersion peut débiter de l'eau aux sols à un rythme égal, supérieur ou inférieur au coefficient d'infiltration. Il se prête au fonctionnement automatique ou manuel. En général, un système

d'aspersion s'adapte à la plupart des conditions pédologiques et topographiques, ainsi qu'aux régions pour lesquelles l'irrigation en surface peut apparaître inefficace autant que coûteuse.

20. Les excellentes possibilités de régler le débit de l'eau constituent l'avantage le plus marqué des arroseurs, par rapport aux méthodes d'irrigation en surface. Le débit de l'eau peut n'être que de 2,5 mm/h, ce qui évite les risques d'érosion du sol ou de pertes excessives d'eau. Les systèmes d'arrosage utilisent en général des quantités d'eau moindres, et cela de façon plus efficace, que les systèmes d'irrigation en surface; en outre, ils sont avantageux dans le cas de sols très perméables ou à faible capacité de rétention de l'eau. Lorsque la main-d'oeuvre d'irrigation en surface coûte cher, l'irrigation par arroseurs peut être la méthode la plus économique d'alimentation en eau.

21. Les systèmes d'aspersion peuvent aussi être utilisés quand on fait appel aux pesticides, pour la protection anti-gel et pour le réglage de la température. Ces systèmes comportent aussi certains inconvénients. C'est ainsi qu'on a observé des dommages aux agrumes, lorsque le feuillage avait été aspergé avec de l'eau d'irrigation de mauvaise qualité. 5/ Dans d'autres cas, l'eau de qualité inférieure laisse des dépôts nuisibles sur les feuilles, les fruits ou les plantes. 6/

22. Si des quantités excessives de sels solubles s'accumulent dans la zone radiculaire, la plante éprouve des difficultés pour extraire assez d'eau de la solution saline du sol. Une réduction de la quantité d'eau absorbée par la plante peut ralentir ou réduire la croissance, et se manifester aussi par des symptômes analogues à ceux de la sécheresse. Une coloration verte bleuâtre et des dépôts plus lourds de cire sur les feuilles apparaissent chez de nombreuses plantes.

23. Lorsque des nappes phréatiques ne se trouvent qu'à 2 mètres au-dessous de la surface du sol, elles peuvent constituer une source supplémentaire importante de sel dans la zone radiculaire des plantes. 10/ Chaque fois que des nappes phréatiques existent à une profondeur maximale de 2 mètres, il y aura des problèmes de salinité, même si l'eau d'irrigation est de bonne qualité.

Les problèmes de salinité liés à l'irrigation se présenteront dans la mesure suivante :

(EC _w mm hos/cm*) 2/	{	moins de 0,75	Pas de problèmes
		de 0,75 à 3,0	Difficultés croissantes
		plus de 3,0	Difficultés graves

24. Dans le cas des nappes phréatiques peu profondes, un problème de salinité risque de se poser en raison du mouvement ascendant de l'eau et du sel. Ce problème est en rapport avec les nappes phréatiques élevées et avec l'absence de drainage; il n'est lié qu'indirectement à la teneur en sel de l'eau d'irrigation.

25. Les avantages et les inconvénients des systèmes d'aspersion sont les suivants :

a) Avantages

- Indépendance à l'égard des conditions de surface. Aucun travail de nivellement n'est nécessaire. Les terrains inégaux et en pente peuvent être aspergés;
- Aucune exploitation totale de la zone d'irrigation, sous forme de tranchées et de digues à remblais, n'est exigée;
- On peut utiliser les systèmes d'aspersion sur les terrains meubles et plats;
- On peut arroser les sols à faible capacité de rétention de l'eau, ainsi que les sols non-nivelables;
- On peut utiliser le même matériel d'aspersion sur des terrains de nature différente;
- Aspersion polyvalente : les systèmes d'aspersion peuvent servir à épandre des engrais et des agents phytoprotecteurs, de même qu'à régler la température et à protéger contre le gel.

b) Inconvénients

- Coût élevé, tant à l'achat qu'à l'exploitation;

* EC_w = Conductivité électrique de l'eau d'irrigation en mm hos/cm;
1 mm hos/cm = 1ms/cm (milli-siemens par centimètre).

- Un personnel qualifié est exigé pour l'entretien des systèmes;
- Effet négatif des vents : l'utilisation des systèmes d'aspersion est limitée par l'effet des vents forts.

26. Il existe aussi des systèmes d'aspersion automatique et semi-automatique, qui permettent de distribuer l'eau aux cultures en quantité voulue et en temps voulu.

27. Les plantes de culture présentent une très vaste gamme de tolérance aux sels, ce qui élargit fortement les limites qualitatives de l'eau destinée à l'irrigation. C'est ainsi que l'eau dont EC_w se situe entre 1,5 et 2,0 - qui ne se prête pas à la culture de végétaux sensibles aux sels, tels que la féverole commune ou l'arachide - peut être acceptable pour le maïs, le cotonnier ou la betterave sucrière. Les plantes sensibles aux sels peuvent être cultivées, mais avec un rendement réduit de moitié environ.

Systèmes d'irrigation adaptés à certains types de cultures

28. Plantes fourragères vivaces. Les herbes et légumes vivaces utilisés pour la production de fourrages et dont les semences sont petites exigent une préparation soignée de la couche de semis. La cause la plus fréquente des échecs dans la culture de plantes fourragères vivaces est le manque d'eau dans le sol, causé par une couche meuble de semis. Si la surface est sèche, on irriguera de bonne heure pour garantir une germination régulière, mais l'irrigation ne saurait jamais se substituer à une saine pratique agronomique.

29. En général, le printemps est la meilleure saison de l'année pour semer les plantes fourragères, si les conditions phréatiques sont favorables. Si la nappe phréatique ne suffit pas pour développer la luzerne jusqu'au stade des 3 à 4 feuilles, l'irrigation s'impose. Un système d'aspersion est préférable, en vue d'assurer une meilleure distribution de l'eau et une humidification uniforme de la couche supérieure du sol.

30. La luzerne étant l'une des plantes fourragères les plus importantes, les méthodes d'irrigation en sont bien connues. La luzerne est un végétal à racines très profondes (240 à 360 cm), et l'irrigation devrait suffire à charger toute la zone radiculaire. La quantité d'eau et le cycle d'irrigation dépendent de la profondeur de l'enracinement et de la capacité de rétention de l'eau du sol. La FAO publie des valeurs relatives à ces paramètres, ainsi qu'aux taux d'évapo-transpiration. 7/

31. Toutes les espèces fourragères capables d'une forte production réagissent à l'irrigation, particulièrement dans les zones arides. Des rapports provenant de Californie signalent un rendement accru de la luzerne (5 tonnes par acre) après aspersion de 760 mm d'eau par an. 8/ Le rendement normal dans des conditions de bonne pluviosité est de 5 à 6 t par hectare. Dans les montagnes de l'Ouest des E.-U., la luzerne rendait 4,5 t par acre, après avoir reçu 3 irrigations de 13 mm chacune, soit 5 irrigations de 8 mm chacune.

32. Céréales et produits des champs. On trouvera ici des renseignements concernant l'irrigation du maïs (*Zea mays*), du sorgho (*Sorghum vulgare*), du riz (*Oryza sativa*), du blé (*Triticum vulgare*), de l'orge (*Hordeum vulgare*), de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*), et du haricot (*Phaseolus vulgaris*). Sauf pour le riz, ces plantes sont surtout irriguées afin de maintenir des conditions phréatiques favorables à la bonne croissance du végétal. Dans le cas du riz, la submersion aide à combattre les plantes adventices.

33. La période de végétation exerce une forte influence sur la fréquence et la quantité des irrigations, en raison des variations que connaît l'évapo-transpiration (ET). Si l'on réduit dans une certaine mesure la quantité d'eau que reçoit le blé d'hiver à pleine couverture vivante du sol, la croissance dure de deux à trois fois plus longtemps au milieu du printemps que celle du maïs ou du sorgho en plein été. Dans les régions tempérées, les petites céréales d'hiver poussent normalement, en automne, pendant une période de 4 à 12 semaines. Un taux d'évaporation faible et une couverture végétale partielle réduisent l'ET, qui dépasse rarement 0,2 cm par jour. Le taux

d'ET en hiver se situe en général entre 0,02 et 0,1 cm par jour. Une couverture végétale complète s'obtient rapidement, si le potentiel climatique est favorable, et le taux d'ET suit en général les conditions climatiques, jusqu'au stade auquel la plante commence à mûrir.

34. Le maïs, le sorgho, les pommes de terre et les féveroles cultivés dans les zones tempérées sont semés vers la fin de l'hiver ou au printemps et récoltés à la mi-été. La couverture végétale complète s'obtient de 6 à 12 semaines après la levée du semis, suivant le climat.

35. Canne à sucre et soya. La canne à sucre (*Saccharum officinarum*) est une plante tropicale que l'on cultive entre 30° latitude N et 30° latitude S. C'est un végétal à racines fasciculées, qui sont surtout actives dans les 2 à 3 premiers pieds de profondeur du sol.

36. Le coefficient d'ET représente la quantité d'eau qui doit être appliquée à des intervalles appropriés, pour maintenir un équilibre des eaux souterraines favorable à la croissance des plantes. Un grand nombre d'études ont été consacrées à l'explication du rapport qui existe entre la quantité d'eau et le rendement. L'Association des planteurs de sucre hawaïens (Hawaiian Sugar Planters Association) a étudié la question en 1963, dans des conditions de température contrôlée (de 19,6 à 23,8° C), et a démontré que 135 g d'eau produisaient 1 g de matière sèche (Etude sur la production de matière sèche par transpiration).

37. Pendant une période d'essais de plante biennale sur petite parcelle, il a fallu de 216 à 286 cm d'eau d'irrigation, fournie par 35 à 44 irrigations qui venaient s'ajouter à des précipitations annuelles de 49 cm. Dans ces conditions, environ 100 livres (43 l) d'eau ont produit 1 livre (453 g) de canne à sucre 9/. Les eaux saisonnières absorbées par le soya varient entre 50 et 76 cm 10/, respectivement entre 33 et 60 cm, la valeur moyenne se situant à 0,75 cm par jour pendant les mois de juillet et d'août dans le Missouri (E.-U.) 11/. Dans le Kansas, les besoins estimatifs en eau sont de 50 à 60 cm, avec un maximum de 0,75 cm par jour. Grisson a calculé des valeurs de

16,2/17,8/16,0 cm d'eau par jour, pendant les mois de juin, juillet et août respectivement, pour obtenir une croissance optimale dans le Mississippi.

38. Il ressort de ces données que la quantité d'eau consommée par le soya est analogue à celle que consomment d'autres plantes qui poussent pendant la même période. La diminution du poids des semences est une cause commune de rendement réduit, dû au manque d'humidité. Un rapport de Witt, publié en 1954, indique que dans des parcelles non irriguées, le poids et le rendement des semences se trouvaient réduits d'un tiers, par rapport aux semences de soya irriguées.

39. Le cotonnier (*Gossypium* spp.) fournit l'excellent exemple d'une plante dont la production a été optimisée grâce aux recherches qui ont abouti à l'adoption de méthodes spéciales d'irrigation. Dans les régions où le cotonnier est cultivé à l'aide de précipitations naturelles, l'irrigation peut être avantageuse, si on l'applique en cas de besoin; dans un climat aride ou semi-aride, l'irrigation est indispensable pour cultiver le cotonnier. Puisque le développement des racines est important chez le cotonnier et a lieu de bonne heure, le sol doit être humecté avant la plantation, par irrigation préalable. L'avantage de l'irrigation antérieure à la plantation a été démontré par Nagle dans le Queensland (Australie), en 1954. Cette forme d'irrigation est importante pour obtenir un bilan de salinité favorable, du fait que le taux d'infiltration est le plus élevé pendant l'irrigation préalable 12/, laquelle consolide le sol remué par le labour profond et par les travaux de préparation des terrains, ce qui permet à son tour d'améliorer les conditions de plantation.

40. Les quantités d'eau sont faibles pendant la levée du semis et au début de la croissance du végétal. L'eau utilisée pendant cette période représente environ 10 cm ou 10 p. 100 de l'eau totale consommée. Les déficits d'eau du sol qui se présentent pendant la préfloraison peuvent causer une réduction du rendement de l'ordre de 22 à 39 p. 100 13/.

41. La moitié ou davantage du total de l'eau utilisée est consommée au stade de la floraison, auquel ont lieu le développement et la croissance les plus rapides de la plante. La fréquence de l'irrigation dépend de la capacité de rétention de l'eau, de la profondeur de l'enracinement, du degré de couverture végétale et de la demande en évaporation de l'environnement. Le développement des fibres et des semences a lieu après la floraison, pendant que la plante approche de la maturité.

42. La capacité de rétention de l'eau du sol, le développement des racines et la profondeur de pénétration de l'eau déterminent en général la quantité d'eau pour chaque irrigation, ainsi que l'intervalle de temps entre deux irrigations, et aussi la date de la dernière irrigation. Une irrigation hâtive nuit au rendement et à la qualité, puisque certaines capsules pourraient ne pas mûrir convenablement; une irrigation tardive, après la floraison, risque de retarder l'ouverture des capsules et d'exposer davantage la plante aux dommages causés par le gel et à la verse.

43. Les légumes sont des plantes de grande valeur, cultivées dans toutes les régions habitées. Une alimentation suffisante en eau est une des principales conditions de réussite dans la culture des légumes. Leur production exige des investissements importants de capitaux et, si l'eau n'est pas disponible en temps voulu, ces investissements ne sont plus à l'abri de tout risque. Autre avantage de l'irrigation : les bons légumes sont tendres, croquants, succulents, dépourvus de fibres excessives et ont un goût délicat. Sans alimenter amplement et uniformément ces végétaux en eau et en éléments fertilisants dans la zone radiculaire, on n'obtiendrait jamais pareil résultat.

44. Les plantes vivaces telles que les asperges, les artichauts et la rhubarbe ont des systèmes radiculaires étendus et pour un développement optimal, elles exigent un sol ouvert et bien drainé. Les racines occupent un volume de sol si vaste que les besoins en irrigation sont inférieurs à ceux des légumes annuels. Les herbes potagères ou légumes verts (*Spinacia oleracea*, *Brassica oleifera*), la moutarde (*B. Juncia*) ont des racines peu profondes. Ces végétaux sont habituellement

cultivés pendant les saisons fraîches, quand l'ET est faible. Les salades autres que la laitue (*Lactuca sativa*), le céleri, l'endive et le persil, sont des plantes de longue période à systèmes racinaires limités. Leur irrigation est nécessaire pour obtenir un rendement maximal. Les légumes à systèmes racinaires peu profonds (céleri, laitue) sont plus sensibles à la sécheresse que les espèces à racines profondes (asperges, tomates). L'irrigation améliore la qualité des légumes feuillus, qui doivent être croquants et tendres quand on les récolte.

45. Les crucifères telles que le chou, le chou-fleur, le chou de Bruxelles et le brocoli (*Brassica oleracea* spp.) préfèrent un climat frais, humide et un sol bien drainé. Les racines sont peu ou modérément profondes. L'irrigation s'impose, si l'on veut obtenir un rendement optimal, car ces plantes exigent des sols à forte teneur en eau.

46. Les légumes du type haricot (*Phaseolus vulgaris*, *Ph. limensis*, *Ph. lunatus*) ou pois (*Pisum sativum*) ont une croissance rapide et des systèmes racinaires relativement limités. Les haricots mange-tout ont bien réagi à l'irrigation, lors de 18 essais sur un total de 30 entrepris dans le Nord-Est des Etats-Unis. L'accroissement maximal du rendement se situait entre 36 et 64 p. 100, suivant les régions.

47. Les tomates (*Lycopersicon esculentum*) sont des plantes à racines profondes et de longue période, qui ont besoin de beaucoup d'eau. Différents essais entrepris dans le Nord-Est des Etats-Unis entre 1956 et 1960 ont permis d'accroître le rendement de 7,8 tonnes par acre, donc de 67 p. 100. 6/

48. Le concombre (*Cucumis sativus*), le melon et la pastèque sont des plantes de longue période à système racinaire moyennement profond ou très profond, qui exigent de fortes quantités d'eau; l'irrigation améliore non seulement le rendement, mais aussi la qualité du produit.

Résumé

49. De nombreux facteurs à interaction complexe influencent les besoins en matière d'irrigation. Les quantités d'eau requises pour les légumes

et la fréquence des irrigations varient fortement suivant le climat local, les conditions pédologiques, etc. Des recommandations précises ne sauraient donc être formulées. Deux caractéristiques serviront de directives pour déterminer l'irrigation requise :

- La profondeur du profil pédologique et la quantité d'eau que le sol peut accumuler;
- La profondeur de pénétration des racines.

50. Les plantes à racines profondes qui poussent dans des sols profonds riches en eau peuvent ne demander que fort peu d'irrigation ou même s'en passer entièrement. D'habitude, les plantes à racines peu profondes sur le même sol profiteront grandement de plusieurs irrigations. Les sols peu profonds exigent de fréquentes irrigations, tant pour les plantes à racines profondes que pour celles à racines peu profondes.

II. ANALYSE SUCCINCTE DES DIVERS SYSTEMES D'IRRIGATION PAR ASPERSION ET PAR PERCOLATION

Généralités

51. On ne connaît aucune norme uniforme internationalement acceptée pour le schéma technique et les divers systèmes et procédés d'irrigation moderne. Dans le présent rapport, nous entendons par "irrigation par aspersion" ("arrosage en pluie") ou "système moderne d'irrigation" tout l'appareillage et tout le matériel nécessaires et pertinents pour l'irrigation sur le terrain, y compris tous les composants, ainsi que l'alimentation en eau et la distribution de l'eau. La figure 1 montre les principaux systèmes modernes d'irrigation et leur désignation. Dans le présent rapport, l'irrigation moderne (ou arrosage en pluie) a été répartie entre deux méthodes distinctes, à savoir :

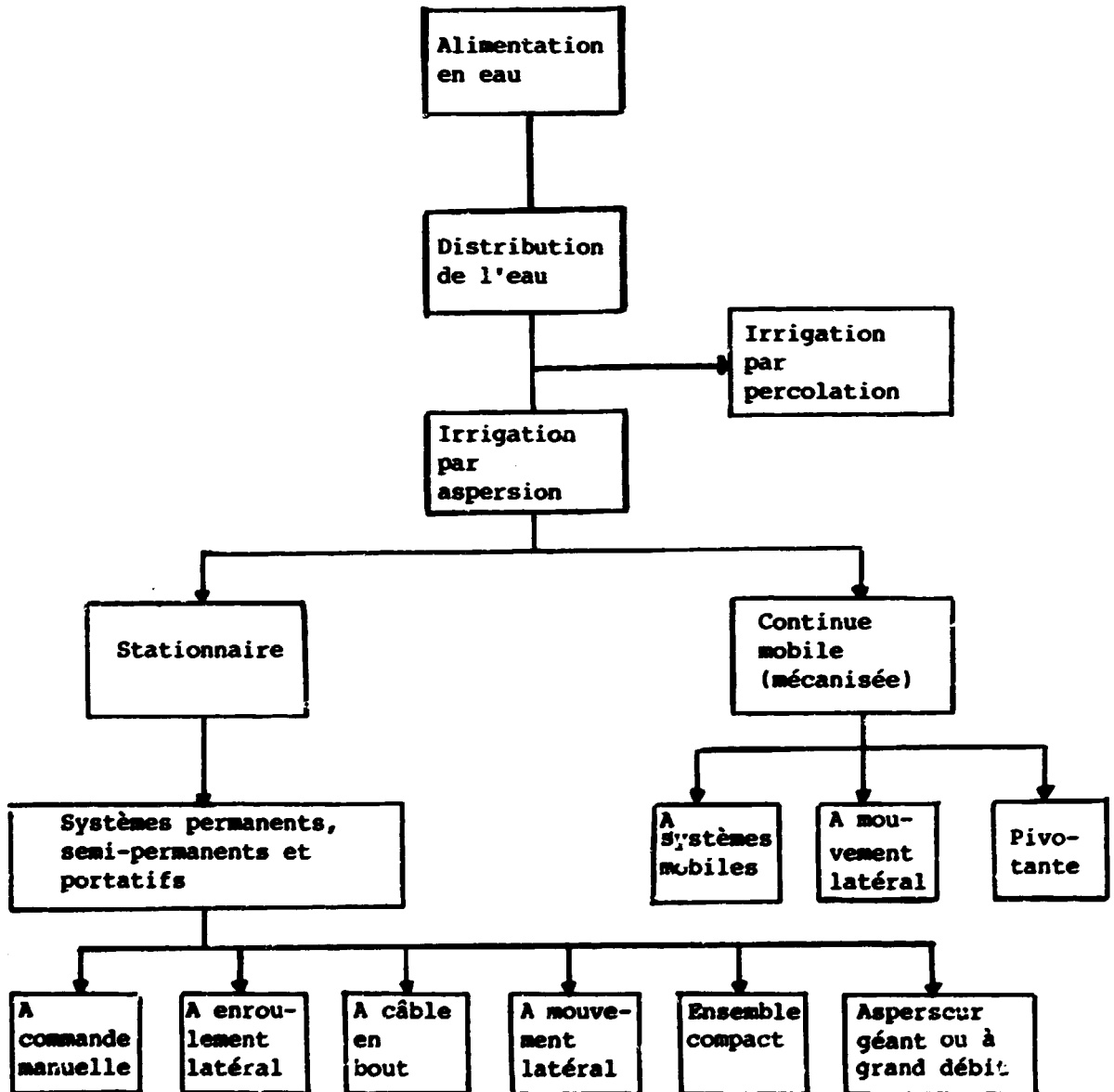
- A. L'irrigation par aspersion
- B. L'irrigation par percolation.

Les chapitres suivants traitent séparément de chacun de ces deux types d'irrigation.

A. Irrigation par aspersion

52. Un système d'aspersion est un réseau de tubes ou de tuyaux munis d'arroseurs ou de tuyères pour asperger d'eau et/ou d'autres liquides la surface du terrain. Ce système comporte de nombreux éléments différents. En commençant par l'aspersion d'eau à partir de la tuyère et en remontant jusqu'à la source d'eau, il y a les arroseurs, les régulateurs de pression ou de débit, les tuyaux de montée, les raccords, la tuyauterie et les garnitures. Tous ces éléments constituent la partie latérale du système, dite "rampe". La rampe de l'arroseur est reliée, par un raccord ou coude à T et à clapet, à la conduite principale, laquelle est à son tour reliée à la source d'alimentation en eau. Les rampes de l'arroseur transportent l'eau aux asperseurs, aux tuyères ou perforations d'arrosage, en provenance des canalisations principales de distribution de l'eau.

Figure 1.
Systèmes d'irrigation modernes



53. Les systèmes d'aspersion agricole forment deux grands groupes. L'un d'eux n'asperge en eau que lorsque la rampe de l'arroseur est stationnaire. L'autre asperge en eau pendant que la rampe est en mouvement continu.

A.1. Systèmes stationnaires d'aspersion à rampes

Caractéristiques d'installation des systèmes d'aspersion

54. Suivant les modalités d'installation et de fonctionnement du système, on distingue les rampes stationnaires permanentes, semi-permanentes et portatives.

55. Les systèmes permanents sont composés de tuyauteries à implantation fixe (permanente), d'habitude enterrées. Certains systèmes permanents aériens sont installés dans des pépinières. Les tuyaux de montée et les arroseurs sont implantés en permanence. De nos jours, la pénurie de main-d'oeuvre spécialisée en irrigation a contribué à accroître le nombre des systèmes permanents.

56. Les dépenses d'installation initiales élevées doivent être compensées, pendant la durée de vie utile du système, par des économies de main-d'oeuvre et par une amélioration qualitative et quantitative des cultures récoltées. Les systèmes permanents ont étendu à l'irrigation la notion de polyvalence, en permettant d'utiliser le matériel d'irrigation pour épandre des engrais, pour contrôler l'environnement, pour lutter contre les mauvaises herbes et les insectes nuisibles, sans négliger pour autant sa fonction initiale d'alimentation en eau. Toutes ces utilisations supplémentaires réduisent le coût de la production et contribuent à l'amortissement des dépenses initiales d'investissement.

57. Les systèmes semi-portatifs comportent aussi bien des tuyauteries implantées en permanence qu'une tuyauterie portative; l'ensemble constitue un système au champ ou un système en exploitation agricole. La plupart des systèmes semi-portatifs comportent un axe principal permanent et parfois des conduites secondaires assorties de rampes d'aspersion portatives. Sur le plan juridique, la définition des systèmes semi-portatifs, permanents et portatifs peut avoir son importance, pour déterminer si le système fait partie intégrante du terrain ou s'il est amovible. Les conduites principales, quoique

destinées à un site déterminé, seront classées portatives si elles sont boulonnées et disposées à la surface du sol.

58. Les systèmes d'aspersion portatifs sont ceux qui sont entièrement constitués de conduites portatives, depuis la pompe ou source d'eau sous pression jusqu'au dernier organe d'arrosage. Pour être portatives, les tuyauteries ne doivent pas être nécessairement à "raccord rapide", tant qu'elles peuvent être jointes ou disjointes à la main et remontées ailleurs. On notera que la définition d'un système d'aspersion portatif concerne seulement le système de tuyauterie, et que la source de pression des eaux peut être soit portative, soit permanente. Dans certains cas, lorsqu'il est fait appel à la gravité ou à la pression d'une conduite collectrice, le système peut ne pas comporter d'installation de pompage.

Caractéristiques des tuyauteries et tubes des systèmes d'aspersion

59. On peut aussi classer les systèmes d'aspersion d'après l'agencement des tuyaux et tubes, la disposition des pièces et le matériel utilisé, à savoir :

- Systèmes à tubes rigides (tuyauteries en acier, en aluminium ou en chlorure de polyvinyle [PVC];
- Systèmes à tubes rigides + souples;
- Systèmes à tubes souples.

Caractéristiques de fonctionnement des systèmes d'aspersion

60. Suivant les différents modes d'emploi, les systèmes stationnaires de rampes d'aspersion rentrent dans les catégories ci-après :

- à commande manuelle
- à enroulement latéral
- à câble de remorque en bout
- à mouvement latéral
- asperseurs géants à rampes perforées ou à fort débit
- ensembles compacts.

61. Les systèmes à rampes et à commande manuelle fonctionnent entièrement à la main et sans outils, par déboîtement, ramassage et

guidage d'un tronçon du tube latéral. Le type de rampe portative à raccord rapide utilisé pour les arroseurs à tête d'aspersion est actuellement le plus répandu. On trouvera à la figure 2 un schéma général de la tuyauterie.

62. Dans tous ces systèmes une partie plus ou moins grande de l'ensemble peut rester fixe au même endroit, mais plus on utilise le même matériel dans différentes positions, plus il faudra de travail pour le déplacer.

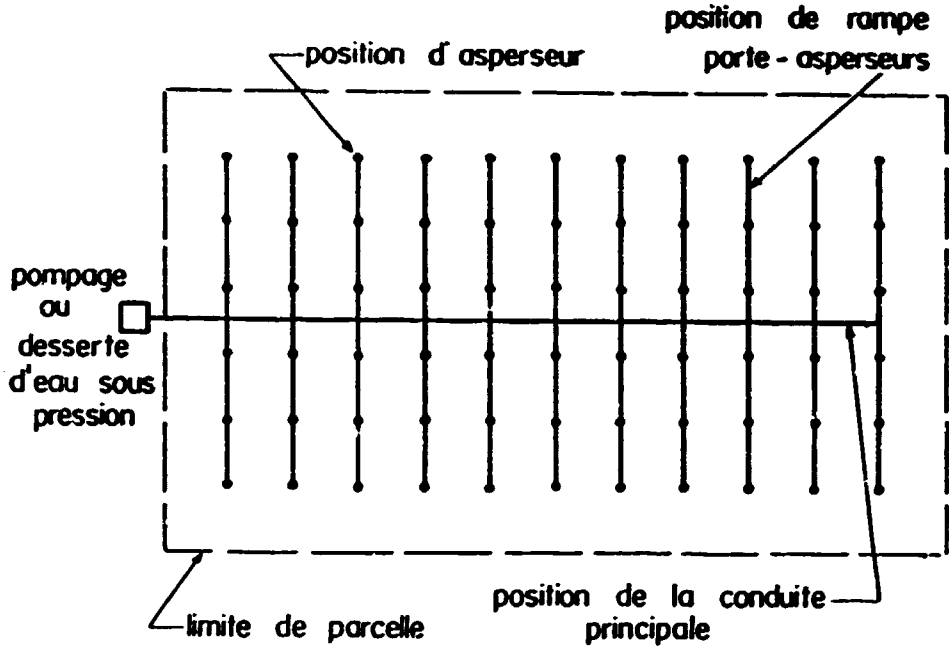
Les principales techniques d'exploitation sont présentées ci-après :

- i) Tout le matériel est utilisé dans plusieurs positions durant la campagne d'irrigation, les rampes de l'arroseur étant déplacées plus souvent que les tuyaux d'alimentation en eau (v. Fig. 3);
- ii) Pendant la campagne d'irrigation, les rampes et les organes d'arrosage occupent successivement plusieurs positions, conjointement avec des tuyaux fixes d'alimentation en eau (v. Fig. 4);
- iii) Les asperseurs occupent plusieurs positions successives, alors que le reste du matériel demeure fixe pendant toute la campagne d'irrigation (v. Fig. 5);
- iv) Tout le matériel reste en place durant toute la campagne d'irrigation, alors que seules les clapets sont manipulés pour ouvrir ou fermer l'irrigation du côté des rampes de l'asperseur (v. Fig. 6). Ce système, appelé "ensemble compact", est largement utilisé à l'heure actuelle;
- v) Dans le cas particulier des asperseurs fixés à des tuyaux souples, alors que tous les tuyaux d'alimentation restent stationnaires, les asperseurs sont déplacés par un homme qui tire sur les tuyaux souples (v. Fig. 7).

63. La roue mobile à enroulement latéral a été l'une des premières rampes d'un asperseur mécanisé à être lancées sur le marché. Cet appareil utilise le tuyau comme axe, les roues étant soit adaptées à chaque raccord, soit fixées autour du tuyau loin du raccord.

Figure 2.

Schéma de l'équipement non mécanisé de l'irrigation par aspersion



Pour apporter une dose à la parcelle, une partie plus ou moins importante du matériel est "mobile" et réutilisée en différentes positions.

Figure 3.

Schéma d'un réseau entièrement mobile

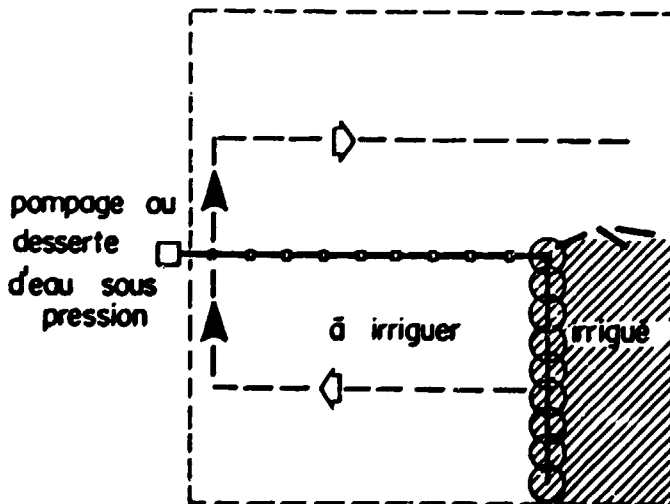


Figure 4.

Schéma d'un réseau dans lequel la partie mobile correspond aux rampes porte-asperseurs de l'arroseur

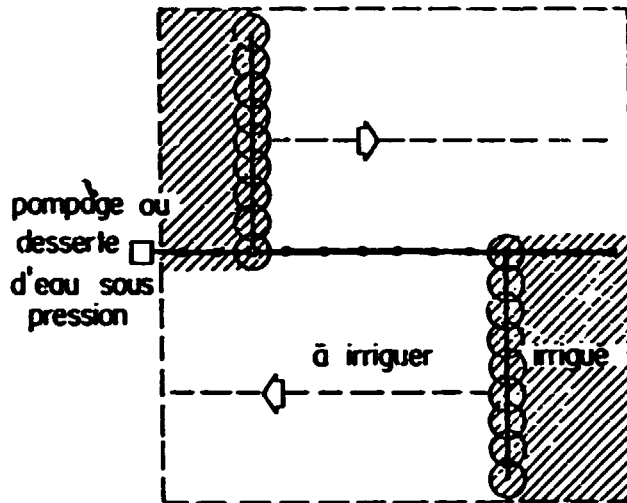


Figure 5.

Schéma d'un réseau dans lequel la partie mobile est constituée par les asperseurs (couverture totale)

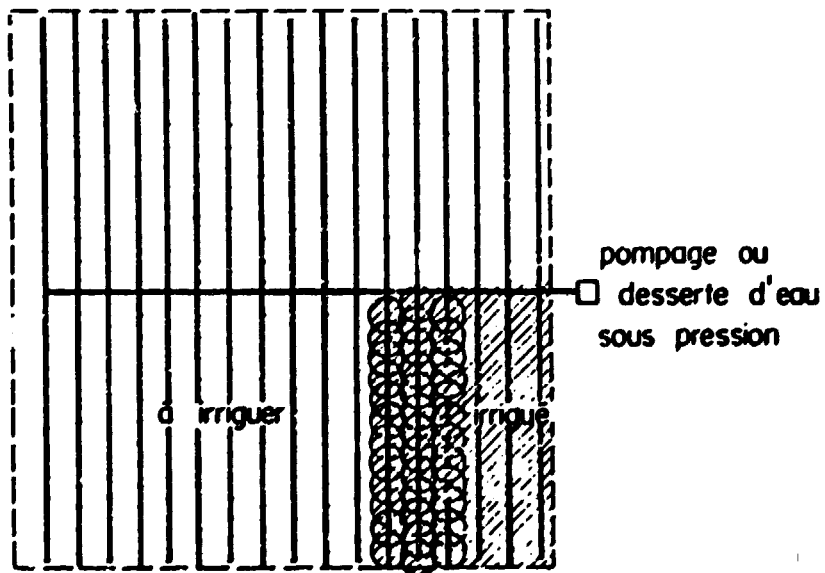


Figure 6.

Schéma d'un réseau entièrement fixe

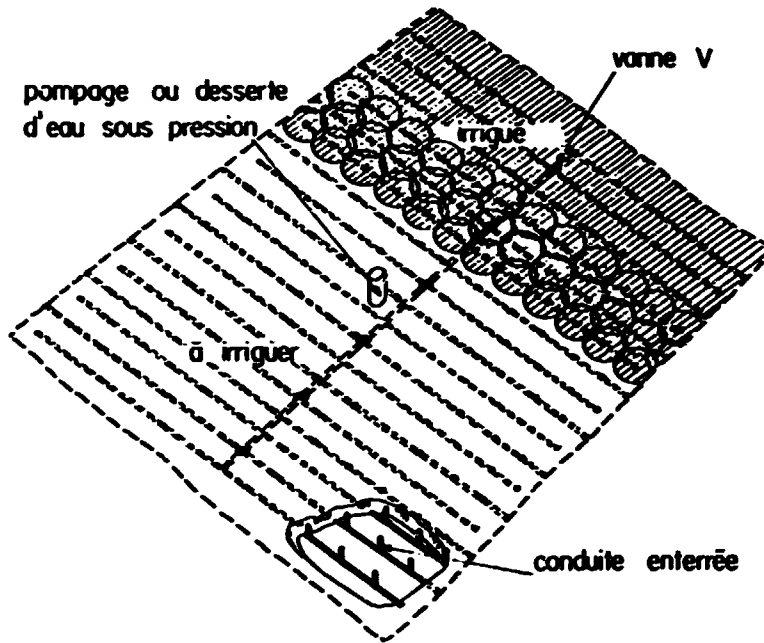
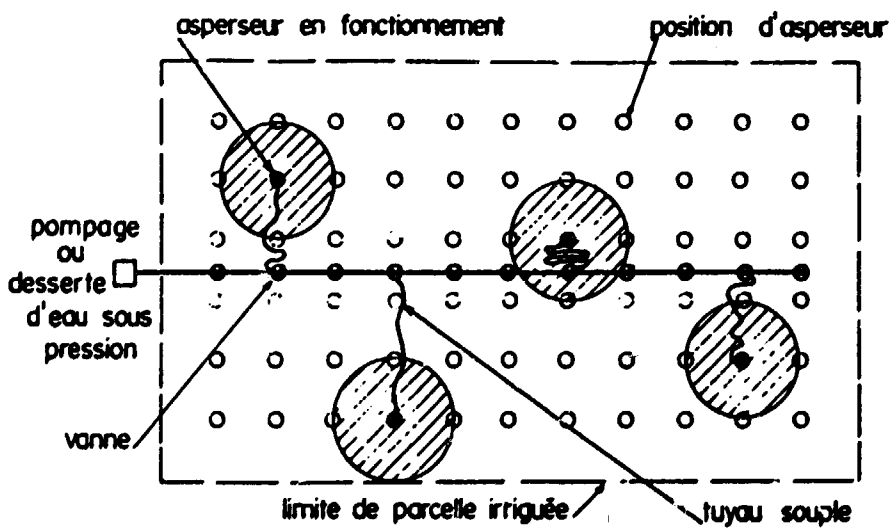


Figure 7.

Schéma d'un réseau avec asperseurs montés sur tuyaux souples



Lorsque les roues étaient adaptées au raccord, le moyeu de la roue et le raccord étaient combinés et conçus pour faciliter le raccordement rapide. Le diamètre des roues varie entre 1,2 et 2,1 m (de 46 à 84 pouces). Les grandes roues sont nécessaires pour passer au-dessus de certaines plantes hautes.

64. Les rampes à câble de remorque en bout ont des roues du type à traction simple ("drag-type") ou à traction plus levage ("pull-type").

65. "Drag-type". Le principe consiste à entraîner toute la tuyauterie d'une position à l'autre, à travers la conduite principale, en la faisant passer dans la nouvelle position latérale à mesure que la tuyauterie est entraînée en avant, de même que les trains sont aiguillés d'une voie sur une autre.

66. "Pull-type". Le principe du système est le même que celui du "drag-type", mais avec des chariots à roues qui soulèvent les tuyaux au-dessus du sol pendant le déplacement. Ces chariots à roues sont de diverses conceptions et leur souplesse diffère en conséquence.

67. Des chariots à remorque ou à parties se déplaçant sur le côté ont été conçus pour réduire l'effort qu'exigent les mouvements latéraux. La rampe est actionnée par un arbre à entraînement motorisé de même longueur que la rampe et qui actionne chaque roue du chariot à l'aide de courroies ou de chaînes et d'engrenages. Certains appareils sont munis d'un levier à débrayage rapide qui permet de libérer chaque roue pour rendre possible le réaligement d'un tronçon de l'appareil pendant le déplacement. Les roues du chariot de certains modèles peuvent tourner de 90 degrés, pour permettre aux tuyaux d'être tractés en bout d'un champ à l'autre, une fois que les tuyauteries de la remorque ont été désaccouplées de la conduite principale de la rampe et placées sur le chariot.

68. Les arroseurs géants compacts ou rotatifs comportent une tour et des câbles destinés à maintenir en place les rampes. L'arroseur géant tourne sous l'effet du jet qui sort de nombreuses tuyères. Les organes d'aspersion géants sont de diverses longueurs, suivant la superficie qu'ils doivent arroser chaque fois qu'on les règle. Certains appareils géants

peuvent être abaissés, pour les transporter sous les lignes électriques ou téléphoniques. L'arroseur géant se déplace sur une remorque qui peut servir à transporter des tuyaux.

69. Les arroseurs géants ou de fort volume ont l'organe d'aspersion monté sur un chariot à roues ou sur une remorque et on les déplace d'un endroit à l'autre à la main ou à l'aide d'un tracteur. Les asperseurs géants servent parfois à l'élimination des eaux fermières usées. L'espacement entre les organes sur la rampe dépend du type d'asperseur, des dimensions de la tuyère de cet organe, ainsi que de la pression de régime.

70. Parmi les systèmes décrits ci-dessus, l'irrigation à commande manuelle et l'arroseur géant sont actuellement les plus modernes et les plus répandus. Quant aux systèmes mécanisés, les arroseurs à rampe et à mouvement continu, qui sont à la pointe du progrès, font l'objet des paragraphes suivants.

A.2. Aspersion continue à rampes

71. Les arroseurs à rampe et à mouvement continu sont des arroseurs mécanisés d'un type spécial, qui restent reliés à la conduite principale d'alimentation en eau et sont en mouvement continu pendant qu'on débite l'eau. Cela diffère des arroseurs mécanisés traités plus haut, qui doivent être débranchés de la conduite principale chaque fois qu'on les déplace. La mise au point des arroseurs mobiles à rampe a été favorisée par celle du tube d'arrosage léger à haute pression. Il y a trois types d'arroseurs à rampe continue :

- A rampe pivotante
- A mouvement linéaire en ligne droite, et
- A enroulement.

72. La mécanisation des opérations agricoles à mesure qu'augmente le coût de la main-d'oeuvre, en même temps que la pénurie d'une main-d'oeuvre spécialisée pour déplacer les arroseurs à rampes et les asperseurs portatifs, a entraîné l'utilisation accrue et perfectionnée de systèmes d'aspersion à mouvement continu. Ces derniers sont caractérisés par des rampes et des asperseurs qui demeurent reliés à la conduite principale, tout en se déplaçant continuellement pendant qu'ils débitent l'eau.

73. Le premier brevet d'un système à rampe pivotante remonte à 1952. Les systèmes de ce type ont connu une expansion rapide au cours de ces dernières années, en raison surtout de leurs faibles besoins en main-d'oeuvre. Une fois que les paramètres d'irrigation ont été introduits dans leur dispositif de réglage automatique, les systèmes à rampe pivotante peuvent fonctionner très longtemps avec un minimum de surveillance.

74. Ce type de système consiste en une seule rampe d'aspersion, qui est fixée d'un côté sur un dispositif pivotant et qui tourne en rond de l'autre côté autour du pivot. L'eau débouche dans la rampe à la pointe du pivot (v. Fig. 8). La rampe est soutenue par des tours et des câbles ou armatures qui se déplacent sur roues, sur rails ou sur glissières, disposés tous les 80 à 250 pieds (24,4 à 76,2 mètres) le long du parcours. La longueur des rampes varie de 200 à 2 600 pieds (61 à 792,5 mètres).

75. La rampe est maintenue en ligne droite tout en pivotant, grâce à un système d'alignement qui accélère ou ralentit le mouvement des supports ou qui déclenche et arrête ce mouvement suivant les besoins, pour maintenir l'alignement. Lorsque les dispositifs d'alignement et les supports s'écartent trop de l'alignement, un dispositif de sûreté arrête automatiquement tout le système avant que la rampe ne puisse être endommagée. Un mécanisme de propulsion de la rampe est monté sur chaque structure de support de cette dernière.

76. Les cinq types de moteurs qui peuvent servir à la propulsion d'un système d'aspersion à rampe pivotante sont les suivants :

- a) Entraînement à l'eau
 - à piston
 - rotatif
- b) Entraînement à l'huile
 - à piston
 - rotatif
- c) Entraînement par moteur électrique

- d) Entraînement par pression d'air
- e) Entraînement mécanique ou par câble.

77. Rampes droites ou linéaires à mouvement continu. Ces systèmes sont analogues aux rampes pivotantes, en ce sens que les tuyaux sont soutenus par des tours et des câbles ou armatures placés entre les tours et montés sur roues. On connaît trois méthodes pour alimenter la rampe en eau : a) par pompage à partir d'un canal à ciel ouvert (v. Fig. 9), b) au moyen d'un long tuyau souple sous haute pression relié à des tuyaux de montée à partir d'une conduite principale (v. Fig. 10) et c) un système qui raccorde ou débranche automatiquement, à l'aide de clapets dont sont pourvus des tuyaux de montée, à partir d'une tuyauterie souterraine sous pression.

78. Les systèmes d'aspersion à enroulement sont des véhicules motorisés chenillés ou sur roues, qui remorquent un tuyau souple sous haute pression relié à la conduite principale d'alimentation en eau. Le véhicule est remorqué par un treuil motorisé et par un câble ou propulsé par son propre moteur à travers le champ, à intervalles réguliers, d'habitude tous les 330 pieds (100 mètres), et il irrigue pendant qu'il se déplace. L'asperseur est d'habitude du type géant ("boom") à fort volume; il marche à une pression de 80 psi (552 kPa) ou davantage et débite de 300 à 1 000 gpm (1,136 à 3,785 litres par minute) ou davantage, en couvrant un diamètre humecté de 200 à 600 pieds (61 à 183 mètres). La figure 11 montre un asperseur à traction et à tuyau enroulé sur dévidoir.

79. Les rampes des asperseurs à enroulement peuvent être pourvues d'un tuyau long (jusqu'à 660 pieds ou 183 mètres, et même davantage), souple, à haute pression, pour relier à la conduite d'alimentation en eau l'asperseur qui voyage sur le véhicule. C'est la mise au point de tuyaux souples et résistants, à large diamètre et à haute pression, qui a imprimé un nouvel élan à la réalisation des systèmes d'aspersion à enroulement. Les tuyaux à haute pression ont des diamètres de 2,5 à 5 pouces (63 à 127 mm). Ils sont d'habitude fabriqués en une seule pièce de 300 ou de 660 pieds (101 ou 201 mètres) de long.

Figure 8.
Irrigation par rampe pivotante

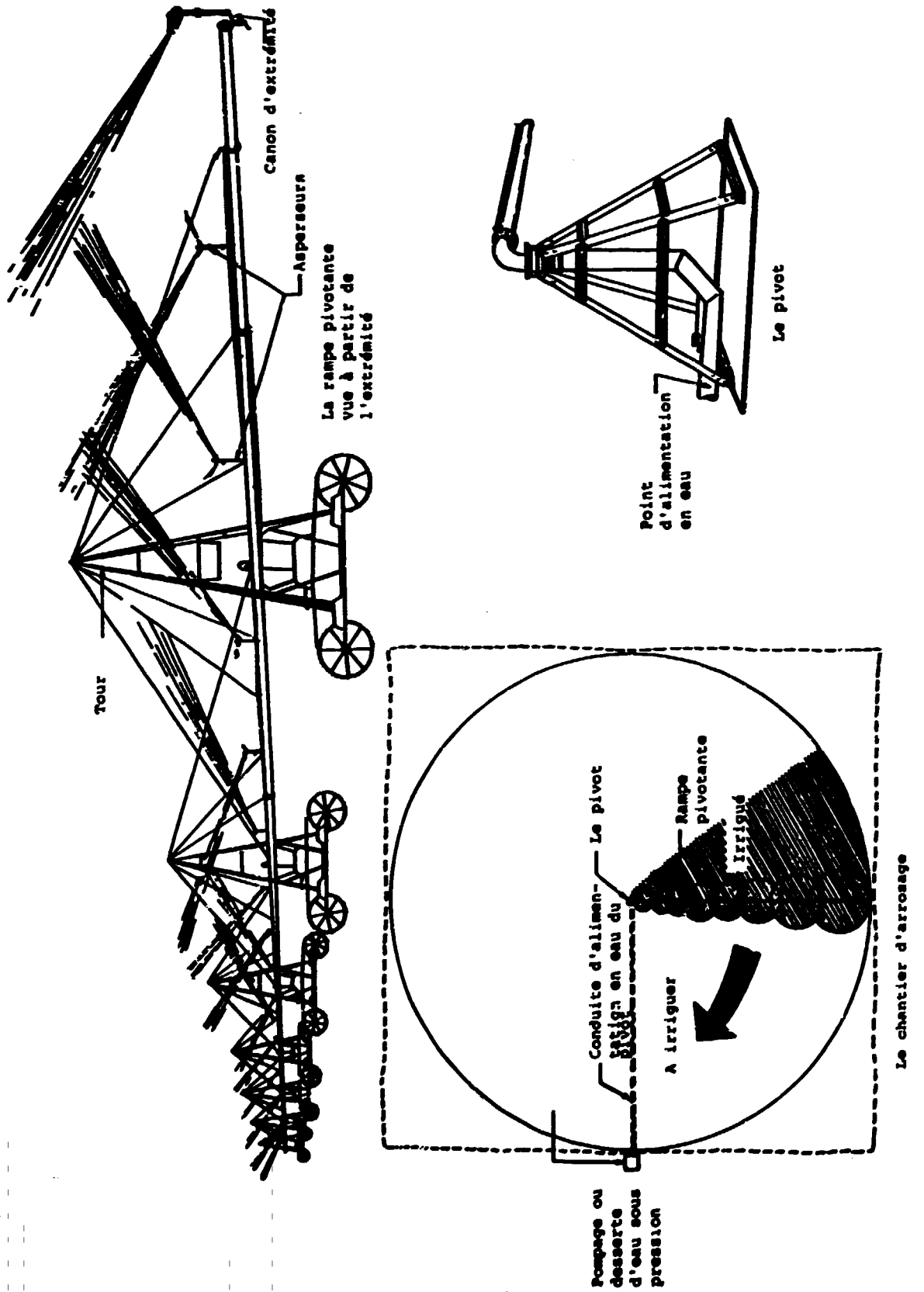


Figure 9.

Rampe arrosant un rectangle ou un carré pendant son déplacement (alimentation en eau par un canal)

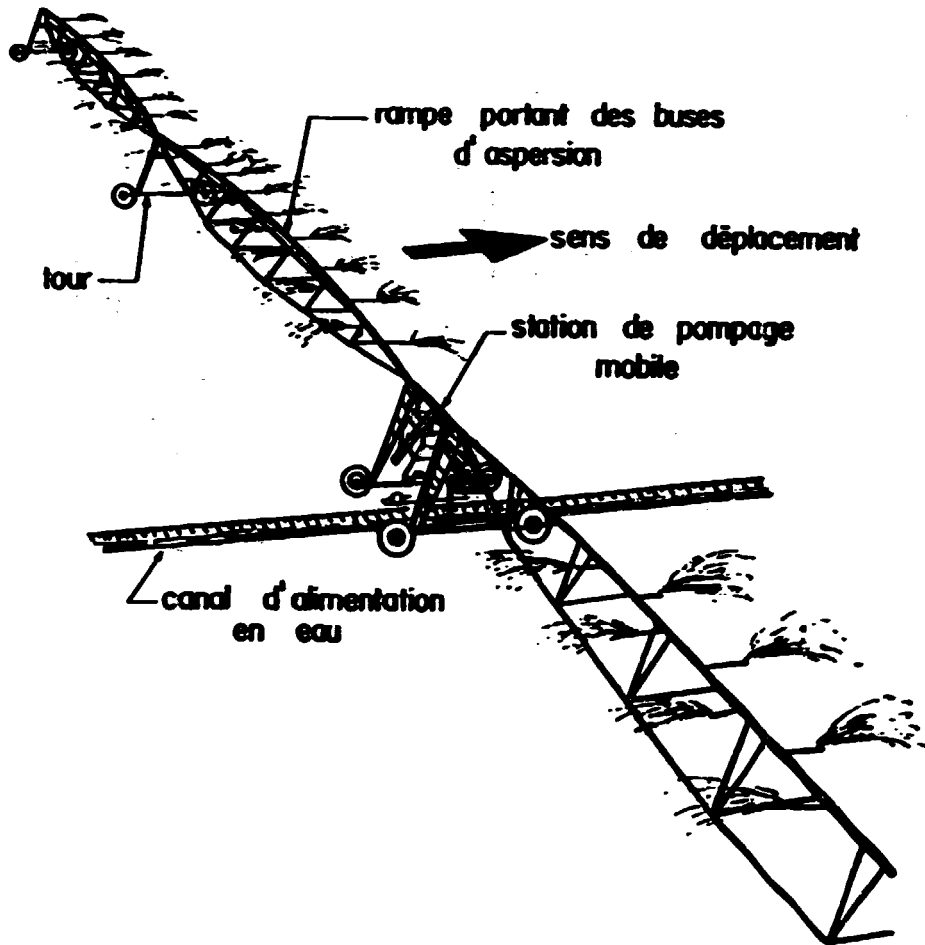


Figure 10.

Rampe porte-asperseur réalisant l'irrigation pendant qu'elle avance perpendiculairement à son axe (alimentation en eau par un tuyau)

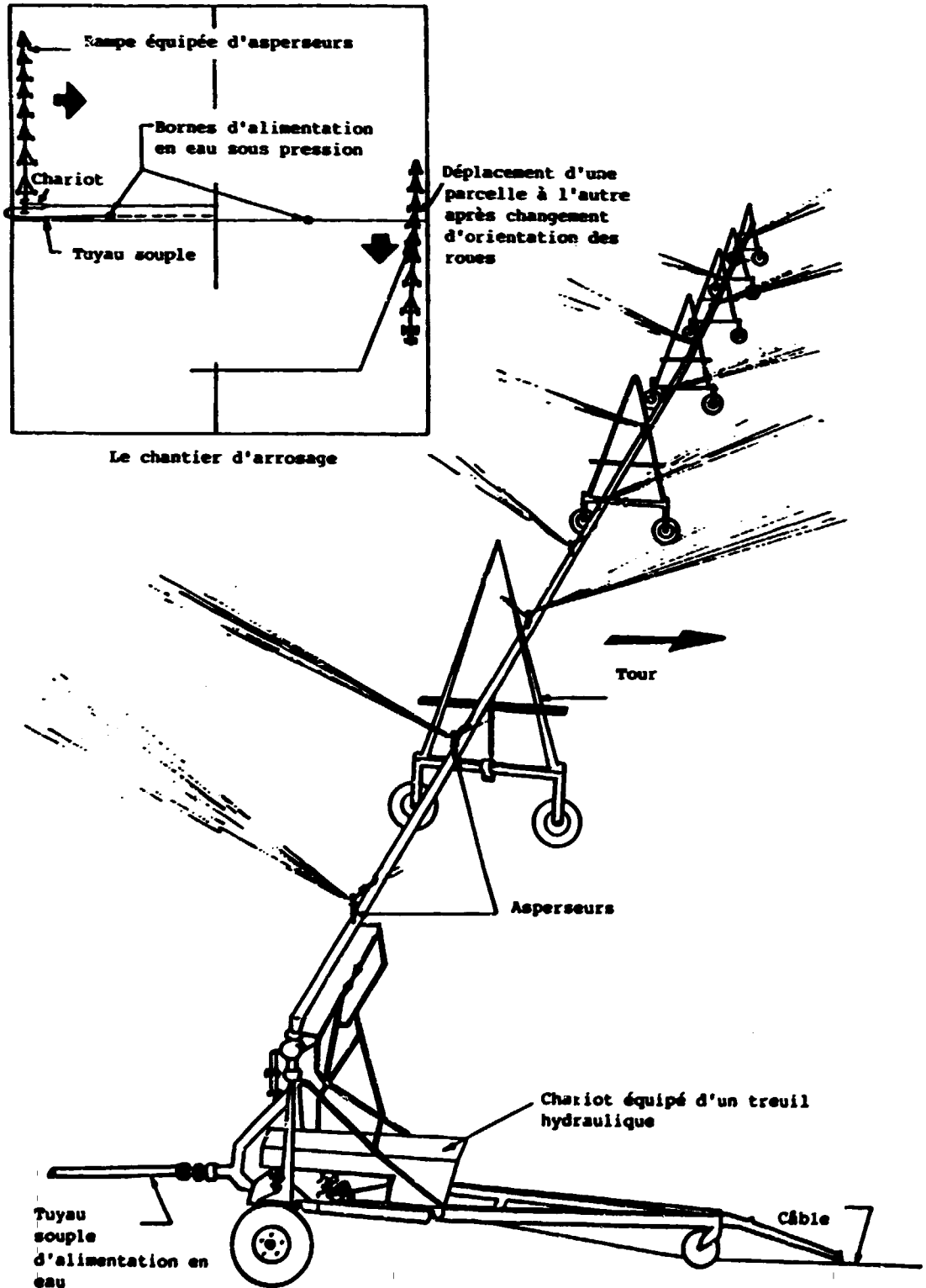
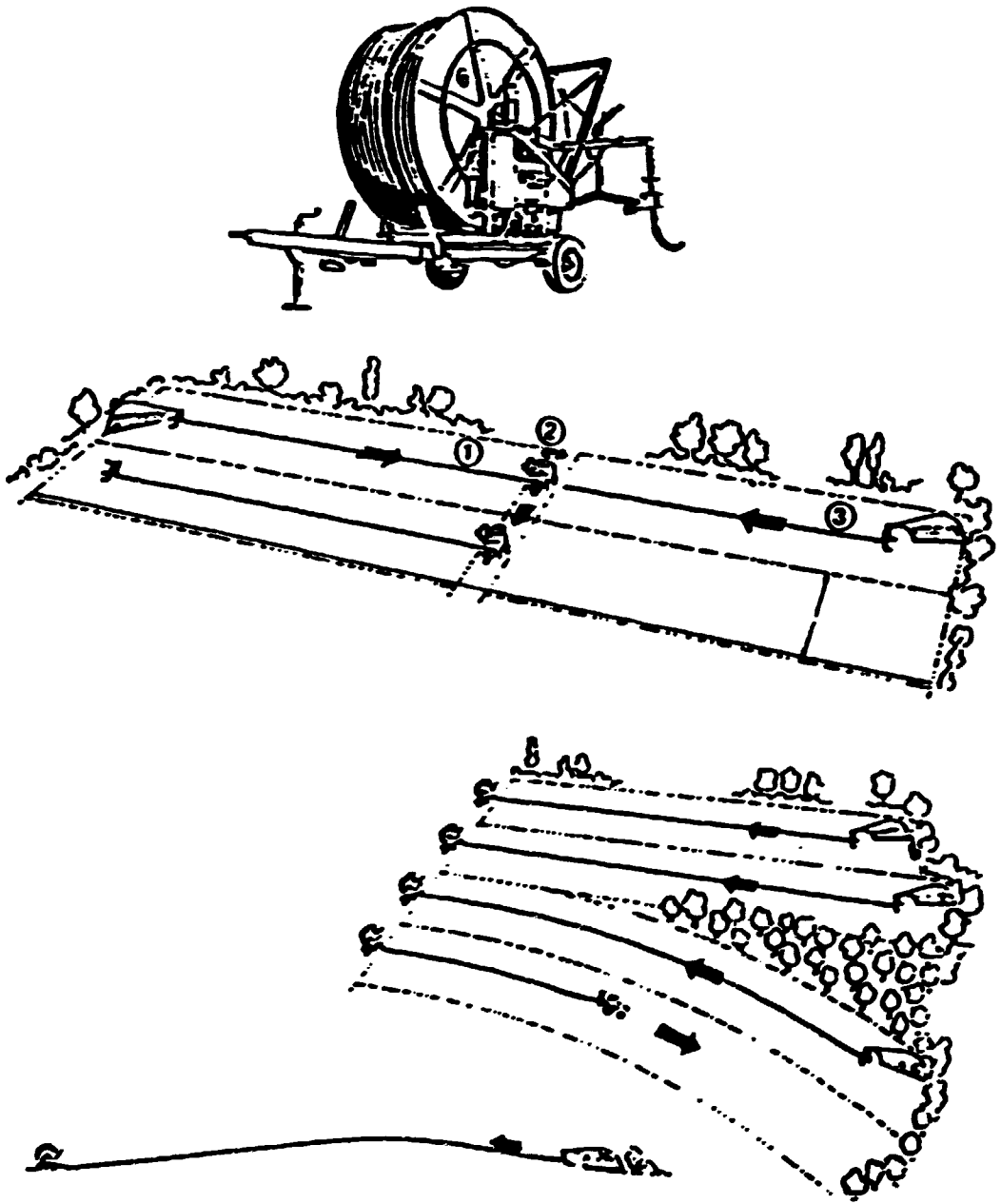


Figure 11.

Système d'aspersion à enroulement



Applications des arroseurs

80. Outre l'irrigation des champs et des vergers, le matériel d'aspersion peut servir à des usages multiples, notamment :

- La modification de l'environnement
- La "fertigation" (néologisme américain qui désigne l'application simultanée d'engrais pendant l'irrigation)
- La "chimigation" (id., pour désigner l'application simultanée des produits chimiques pendant l'irrigation)
- L'aspersion de terrains par des eaux usées et des vidanges
- La lutte contre les incendies à la campagne
- La lutte contre les poussières
- L'aspersion rafraîchissante d'animaux dans les auges collectives ("feedlots") et en vaine pâture
- Le rafraîchissement des bâtiments
- Le compactage des sols sur les terrains à bâtir
- La fabrication de neige artificielle
- Le dénoyage de zones inondées
- L'aération de l'eau
- L'apprêt des grumes
- Les systèmes de curage des déchets
- L'irrigation des pépinières et des serres

B. Irrigation par percolation (v. Fig. 12)

81. L'irrigation par percolation est l'application précise et lente d'eau sous forme de gouttes séparées, de gouttes continues, de courants minces ou d'aspersion miniaturisée par des appareils mécaniques appelés émetteurs (percolateurs ou applicateurs), répartis le long des conduites d'alimentation en eau. Les émetteurs dissipent la pression pour permettre un débit faible. Parmi les méthodes d'irrigation par percolation, on distingue les systèmes à percolation en surface, sous la surface (souterraine), à bulles, à aspersion, à mouvement mécanique et à impulsion.

82. L'objectif de l'irrigation par percolation est de doter fréquemment chaque plante d'une humidité du sol suffisante pour satisfaire à la

demande d'évapo-transpiration. En vue d'une utilisation efficace de l'eau, l'irrigation par percolation offre des avantages agronomiques, agrotechniques et économiques uniques. Des engrais ou d'autres additifs chimiques peuvent être appliqués directement au sol ou introduits dans le sol. Le procédé élimine l'eau d'aspersion ou l'eau courante le long des sillons et permet à l'eau de se dissiper sous basse pression. L'eau est transportée jusqu'à chaque plante par une tuyauterie. Parmi les avantages des systèmes d'irrigation par percolation, on citera une alimentation perfectionnée en eau et une distribution plus efficace de l'eau, un meilleur contrôle de l'eau, une meilleure réaction des plantes, une croissance réduite des mauvaises herbes, une application plus efficace des engrais, la possibilité d'utiliser l'eau salée, enfin des économies d'énergie. Parmi les inconvénients éventuels de l'irrigation par percolation, on mentionnera l'encrassement, un accroissement de la salinité, ainsi qu'une distribution plus limitée de l'humidité du sol.

Types de systèmes d'irrigation par percolation

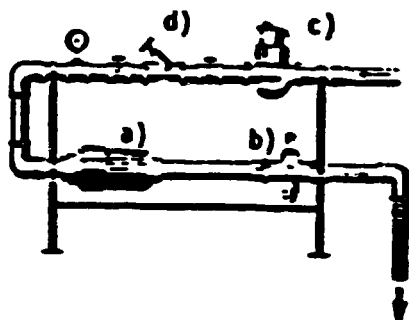
83. Les principaux types de systèmes et de méthodes d'irrigation par percolation sont les suivants :

B.1 Systèmes statiques

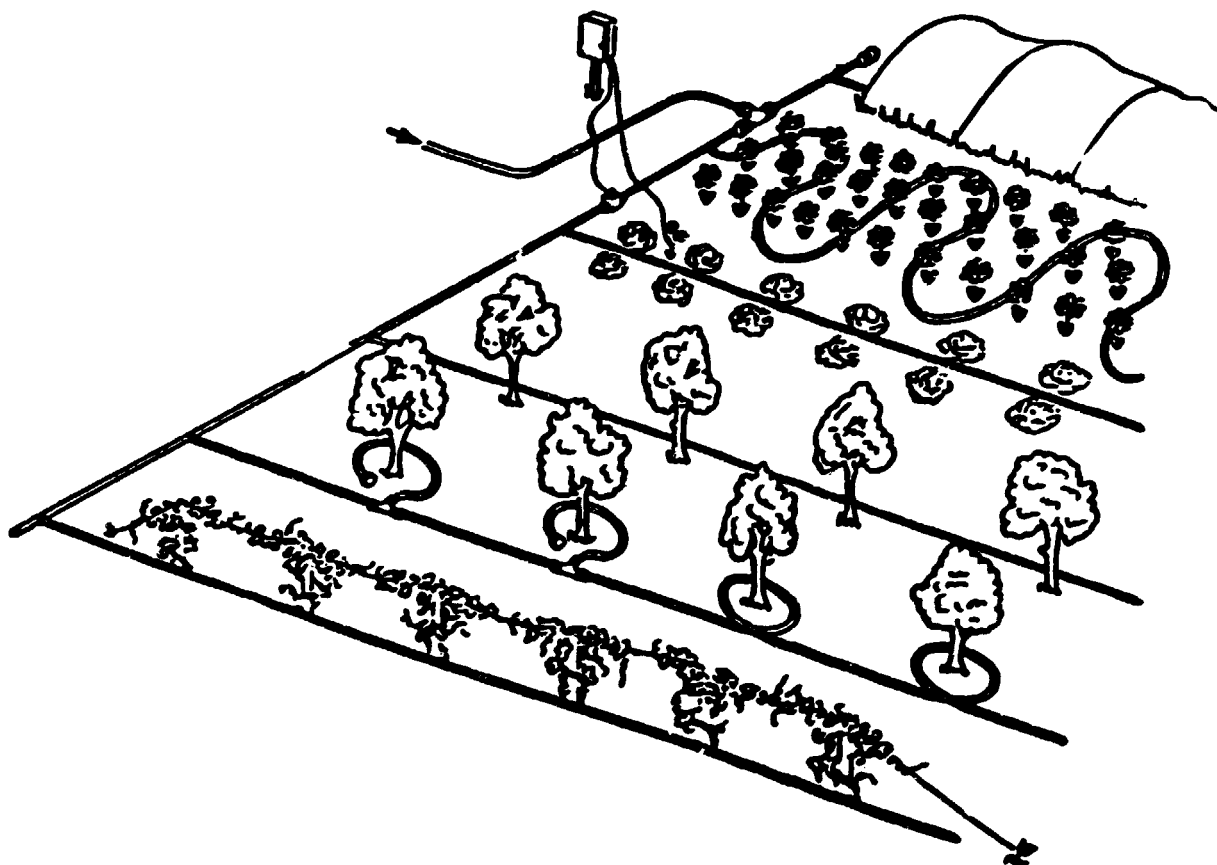
84. Systèmes en surface. Les systèmes d'irrigation par percolation à tuyauteries latérales disposées à la surface du sol sont ceux que l'on rencontre le plus souvent. La percolation en surface a d'abord été utilisée pour les plantes largement espacées, mais elle peut aussi s'appliquer aux plantations en ligne. Parmi les avantages de l'irrigation en surface par percolation, on citera la capacité d'installer, d'inspecter, de changer et de nettoyer facilement les émetteurs, ainsi que la possibilité de vérifier la façon dont se mouille la surface du sol et de mesurer la vitesse de décharge des différents émetteurs.

Figure 12.

Irrigation par percolation



- a) Filtre
- b) Régulateur d'eau
- c) Compteur à eau
- d) Clapet d'arrêt



85. **Systèmes souterrains.** Les systèmes d'irrigation souterraine par percolation connaissent depuis quelque temps une forte expansion. Les difficultés précédentes dues à l'encrassement ont été surmontées, et ces systèmes sont surtout mis en oeuvre pour la culture de petits fruits et légumes. Parmi les avantages de l'irrigation souterraine par percolation on mentionnera qu'il est superflu de fixer les tuyauteries au début et de les enlever à la fin de la campagne de culture, que le procédé n'entrave guère la culture ni les autres opérations agricoles, et que la vie utile des appareils semble devoir être plus longue.

86. L'irrigation souterraine par percolation n'est pas à confondre avec l'irrigation profonde (en anglais : "subirrigation"), qui se fait à travers ou par une nappe phréatique.

B.2. Systèmes mobiles

87. On connaît deux types principaux de systèmes de percolation à mouvement mécanique pour plantations en ligne. Les rampes d'aspersion pivotantes et à mouvement linéaire ont été modifiées pour utiliser des rampes d'irrigation tractées, au lieu d'asperseurs ou de têtes d'aspersion. Les pressions de régime sont inférieures à celles de la plupart des systèmes classiques d'aspersion, et l'uniformité de distribution de l'eau sur le terrain est habituellement satisfaisante. La vitesse de décharge des systèmes de percolation mobiles dépasse souvent la vitesse d'infiltration dans le sol, de telle sorte qu'il faut endiguer le sillon par des serrages en terre ou en métal pour empêcher l'érosion du sol ou l'écoulement de l'eau. Parmi les avantages que peuvent comporter les systèmes mobiles à percolation et à aspersion, on relèvera une atténuation éventuelle des problèmes d'encrassement et un réseau de tuyauterie moins coûteux, par rapport aux systèmes d'irrigation par percolation fixés au sol.

Composants du système d'irrigation par percolation

88. Le système principal d'irrigation par percolation comprend des émetteurs, des tuyauteries latérales, des tuyauteries principales et la "tête" ou station régulatrice.

89. **Emetteurs.** L'émetteur règle le débit de la rampe au sol. La gamme des émetteurs va de simples tuyaux perforés (émetteurs à

source linéaire) jusqu'à des dispositifs d'émission isolés ou multiples, insérés dans une tuyauterie en plastique (émetteurs à source ponctuelle). L'émetteur diminue la charge d'eau de la rampe au sol. Cela peut s'effectuer par de petits trous, des passages longs, des chambres à tourbillons, des disques, des billes d'acier, par ajustement à la main, ou par tout autre moyen mécanique permettant de réduire le débit de l'émetteur.

90. Les tuyaux latéraux (d'habitude en plastique) ont des diamètres de 0,2 à 0,75 pouces (9 à 19 mm). D'ordinaire, ils sont disposés à raison de un ou deux par arbre ou rangée de plantes et ils peuvent être longs, parce que leur débit est faible; toutefois, leur longueur dépasse rarement 1 000 pieds (300 mètres).

91. Les conduites principales amènent l'eau de la tête aux tuyaux latéraux; elles sont d'habitude en plastique et enterrées. Leurs dimensions dépendent du débit de l'eau qui doit atteindre les rampes.

92. La station régulatrice ou "tête" du système est l'endroit où l'eau est mesurée, filtrée ou tamisée, traitée et réglée quant à la pression et à l'horaire de son utilisation.

III. FACTEURS PERTINENTS POUR GUIDER LE CHOIX DES SYSTEMES D'IRRIGATION PAR ASPERSION

93. Le choix du système d'aspersion approprié et son schéma dépendent de différents facteurs. Les plus importants d'entre eux, qui ont des incidences sur le schéma et sur le choix, et qui doivent donc être pris en considération, sont les suivants :

Effet de la pente du terrain

94. La pente est une mesure de la différence d'altitude entre un point et un autre. On l'exprime généralement par un pourcentage qui indique le nombre de pieds de différence d'altitude sur 100 pieds de distance horizontale (la pente, en pour-cent, est égale à la différence d'altitude divisée par la distance horizontale et multipliée par 100).

Les règles ci-après indiquent la pente maximale sur laquelle différents systèmes d'aspersion peuvent en général fonctionner de manière satisfaisante, bien qu'il y ait des exceptions à ces règles. Les mêmes données figurent aussi au tableau 1.

Si le terrain n'a que des pentes inférieures à 5 p. 100 , on peut utiliser tous les types de systèmes d'aspersion.

Si le terrain a une pente d'environ 5 p. 100 , on peut utiliser tous les types de systèmes d'aspersion à rampe. La rampe longue tend à barouler sur les pentes plus fortes.

Si le terrain a des pentes d'environ 5 p. 100 et au-dessus, il peut s'avérer difficile d'aligner des systèmes à asperseurs multiples tractés. Il est également difficile de maintenir alignés sur de fortes pentes les systèmes à enroulement sur roues latérales et à déplacement latéral.

Les systèmes autopropulsés pivotants et à déplacement latéral risquent de ne pas rester bien alignés sur des pentes de 5 à 15 p. 100 et davantage, ce qui dépend de la conception du système.

Si le terrain a des pentes de 15 p. 100 et au-dessus, on ne peut utiliser que des systèmes à propulsion manuelle, ou autopropulsés à

asperseur unique, ou installés en permanence. Sans égard au type de système, l'érosion devient d'autant plus dangereuse que la pente est plus forte. On fera appel, dans ce cas, à des mesures conservatoires appropriées.

Effet du coefficient d'absorption de l'eau

95. Certains systèmes s'adaptent mieux que d'autres à des conditions pédologiques extrêmes. C'est ainsi que, si le sol absorbe l'eau très lentement, on choisira un système d'alimentation lente en eau. Le tableau 1 indique la gamme des coefficients d'alimentation en eau que l'on peut prévoir pour les divers systèmes d'aspersion.

96. Le coefficient d'absorption de l'eau par le sol et la pente du champ influencent de façon décisive la planification d'un système d'irrigation. Si le sol absorbe l'eau très lentement et que la pente soit assez forte, on adoptera un système qui amène l'eau à un rythme suffisamment ralenti pour empêcher l'écoulement.

97. Les systèmes à asperseur unique et à gros canons tendent à produire de grosses gouttelettes qui tombent d'une hauteur considérable. Tel est le cas, notamment, si le système fonctionne à une trop basse pression d'eau. De ce fait, les systèmes à asperseur unique ne sont pas recommandés pour les sols qui absorbent l'eau lentement et dont la pente est plutôt forte.

Effet de la configuration du terrain à irriguer

98. Presque tous les systèmes s'adaptent aux champs carrés ou rectangulaires, en raison de la longueur uniforme des rampes d'aspersion. De fait, les systèmes autopropulsés, à enroulement sur roue latérale et à mouvement latéral, ont été mis au point pour être utilisés dans les champs carrés ou rectangulaires.

99. Si le champ a une forme irrégulière, on n'éprouvera aucune difficulté à se servir de l'asperseur unique actionné à la main ou tracté, de la rampe rotative tractée, ou du système permanent. Tous peuvent être conçus pour s'adapter à n'importe quelle forme de terrain ou presque. Les systèmes tractés seront néanmoins difficiles à s'adapter, sans perte d'efficacité, à l'irrigation de champs de forme

irrégulière. Les systèmes à rampes et à tuyaux flexibles fonctionnent le mieux lorsqu'on les actionne à partir d'une conduite principale qui traverse le centre d'un champ de largeur uniforme.

100. Dans un champ, les systèmes pivotants n'irriguent que des surfaces circulaires. On aura donc des pertes de 20 à 25 p. 100 environ dans les coins d'un champ carré, à moins de prendre des dispositions spéciales pour irriguer les coins. Avec ce type de système, la surface non irriguée sera encore plus grande dans les champs rectangulaires ou de forme irrégulière.

Effet des conditions de surface du champ

101. Les terrains accidentés, à pertes irrégulières, à cours d'eau et fossés, posent des problèmes pour la plupart des systèmes. Les systèmes d'aspersion actionnés à la main et implantés en permanence peuvent être conçus pour s'adapter sans trop de difficulté à ces conditions, mais quant aux systèmes tractés, le champ doit être suffisamment égal pour permettre au tracteur d'avancer sans danger. Des préparatifs spéciaux doivent être entrepris avant la mise en place d'un système autopropulsé. L'asperseur unique autopropulsé, de même que les systèmes asperseurs autopropulsés à rampe exigent une bande de terrain non cultivé pour l'asperseur à tuyau enroulé. Le mieux est de réserver une bande de 8 à 12 pieds de large pour chaque rampe.

102. Un système pivotant ou un système autopropulsé à mouvement latéral exige un parcours raisonnablement uni pour les roues, pistes ou patins. Si les champs sont accidentés, des raccords souples peuvent être adaptés aux rampes, qui leur permettent de s'infléchir quand elles se déplacent sur des terrains hauts et bas. A l'aide de ces systèmes, on peut irriguer les champs en terrasse, mais les buttes des terrasses doivent être renforcées, là où les roues des systèmes d'aspersion les traversent.

Effet des cultures

103. Le choix des plantes qui peuvent être cultivées est limité, si l'on choisit soit un système à asperseurs multiples actionné à la

main, soit un système permanent. Ces systèmes peuvent être conçus pour des plantes cultivées en rangées, pour des gazons, des vignobles et des vergers. Les systèmes d'aspersion du type à canon unique peuvent servir à irriguer sans danger la plupart des végétaux, à condition de maintenir l'eau sous une pression suffisante pour que les goutelettes demeurent petites. Sinon, on risque d'endommager certaines plantes délicates, telles que les jeunes tomates, qui peuvent être déracinées ou submergées par de grosses gouttes d'eau. Presque tous les types de systèmes peuvent être utilisés pour les pâturages ou les gazons.

104. Les systèmes à asperseurs multiples tractés s'adaptent mieux aux pâturages ou aux gazons qu'à d'autres cultures. Cela est dû au fait que la rampe se déplace en zig-zag à travers champs, ce qui endommagerait les produits des champs, à moins qu'un secteur reste en friche. Pour les vignobles ou vergers, des pistes et lignes de guidage spéciales doivent être installées afin d'y loger le tuyau. Si les plantes ont plus de 4 pieds (120 cm) de haut, on ne peut pas se servir de systèmes enroulés à roue latérale, parce que la rampe est alors trop proche du sol.

105. Les systèmes à rampe rotative et les systèmes pivotants s'adaptent à presque toutes les plantes dont la hauteur ne dépasse pas de 8 à 10 pieds (240 à 300 cm). Les systèmes pivotants peuvent être employés dans les vergers et les vignobles, à condition que les arbres ne soient pas trop hauts et que des pistes spéciales soient réservées aux roues.

106. Une nébulisation importante peut se produire près du centre des systèmes pivotants, en raison de la forte pression de l'eau et des plus petites dimensions des tuyères en cet endroit. Dans la zone centrale, cette nébulisation et la longue durée de l'humectage risquent d'endommager certaines plantes sensibles aux conditions d'humidité qui favorisent la croissance des champignons. Le tableau 1 indique la hauteur maximale des plantes auxquelles peuvent être appliqués les différents types de systèmes d'aspersion.

Autres facteurs qui influencent le choix des systèmes d'aspersion

107. Plusieurs autres facteurs interviennent pour influencer le choix d'un système d'aspersion. Nous en mentionnerons trois : la charge de main-d'oeuvre requise, la superficie des terrains à irriguer et le point de savoir si le système d'aspersion doit ou non servir à d'autres fins.

108. Le tableau 1 montre les effectifs approximatifs de la main-d'oeuvre nécessaire par acre de terrain d'irrigation, suivant les systèmes utilisés. Les systèmes actionnés à la main exigent des travailleurs si nombreux que cela en exclut pratiquement l'utilisation, sauf pour les très petites surfaces de culture de plantes de grande valeur. La tendance actuelle donne la préférence aux systèmes qui exigent le personnel spécialisé le moins nombreux, tels que les systèmes autopropulsés et permanents. Une des raisons qui expliquent cette tendance est le fait que dans de nombreuses régions, on ne trouve pas les ouvriers agricoles spécialisés nécessaires pour déplacer le système. L'autre raison est que le coût de la main-d'oeuvre spécialisée peut apparaître trop élevé par rapport aux bénéfices financiers que procure le système d'irrigation.

109. La surface à irriguer peut compter parmi les facteurs qui influencent le choix d'un système d'aspersion. Le tableau 1 donne la gamme des surfaces que pourrait traiter de manière satisfaisante un seul et même système, à condition qu'il y ait assez d'eau et que la conduite principale ait la capacité voulue pour fournir l'eau. On y montre la capacité d'un asperseur unique et d'une rampe. Il est certes possible d'agrandir tous les systèmes d'aspersion, mais il est plus économique d'exploiter les systèmes dans les limites recommandées.

110. Si l'on prévoit d'utiliser également le système à d'autres fins, telles que le rafraîchissement des cultures ou la protection anti-gel, on choisira soit un asperseur géant actionné à la main, soit un système permanent. Les asperseurs doivent fonctionner continuellement ou presque pendant toute la campagne de protection. Presque tous les types de systèmes d'aspersion peuvent s'adapter à la distribution de pesticides et d'engrais liquides.

111. Si l'on prévoit de distribuer à l'aide du système des déchets animaux liquides, il n'est pas recommandé d'utiliser des appareils à commande manuelle. Toutefois, la plupart des autres systèmes d'aspersion peuvent servir à ces fins. S'il y a des substances solides dans les effluents, il pourra s'avérer nécessaire de prévoir des asperseurs à tuyères plus grandes. D'habitude, il n'est pas recommandé de faire appel, pour l'élimination des déchets, à des systèmes autpropulsés actionnés par des pistons à eau.

Tableau 1.

Zonage sur l'influence de choix des systèmes d'irrigation par aspersion

Type de système	Perte maximale (p. cent)	Temps d'irrigation Min. Max.	Forme de champ	Conditions de surface du champ	Hauteur max. des cultures (pieds)	Heures de travail (par acre et par irrigation)	Surface traitée par système (acres)	Coût approximatif mat'ère (dollars par acre)	Atteinte anti-gel	Autres usages possibles		
										Application de pesticides	Application d'engrais	Distribution de déchets animaux liquides
Multi aspersion												
Actionné à la main	20	0,10	2,0	Pas de limites	Pas de limites	0,30-1,50	1-40	50-200	Non	OUI	Non recommandé	
Ensemble portable		0,05	2,0									
Ensemble constant												
Remorqué par tracteur	5-10	0,10	2,0	Assez uni pour la bonne marche du tracteur	4-6	0,20-0,40	20-40	100-300	OUI	OUI	Non recommandé	
Sur patins	5-10	0,10	2,0									
Autopropulsé												
A roues latérales	5-10	0,10	2,0	Malheureusement uni	4-6	0,10-0,20	20-80	100-300	Non	OUI	Non recommandé	
A mouvement latéral	5-10	0,10	2,0									
Autopropulsé pivotant	5-15	0,20	1,0	Sans obstacles; plates pour roues	8-10	0,05-0,15	40-160	125-250	Non	OUI	Non recommandé	
A mouvement latéral	5-15	0,20	1,0									
Aspersion unique												
Actionné à la main	20	0,25	2,0	Pas de limites	Pas de limites	0,30-1,50	20-40	50-200	Non	OUI	Non recommandé	
Remorqué par tracteur	5-15	0,25	2,0									
Sur patins	5-15	0,25	2,0	Bonne marche du tracteur assurée	Pas de limites	0,20-0,40	20-40	100-300	Non	OUI	Non recommandé	
Sur roues	5-15	0,25	2,0									
Autopropulsé	Pas de limites	0,25	1,0	Passage pour trouill et tuyau	Pas de limites	0,10-0,20	40-100	120-250	Non	OUI	Non recommandé	
Aspersion pivot												
Remorqué par tracteur	5	0,25	1,0	Bonne marche du tracteur assurée	8-10	0,20-0,30	20-40	300-300	Non	OUI	Non recommandé	
Autopropulsé	5	0,25	1,0									
Pourcentage												
Actionné à la main	Pas de limites	0,05	2,0	Pas de limites	Pas de limites	0,05-0,10	1 ou plus	400-1 000	OUI	OUI	Non recommandé	
en automatique												

* A l'exclusion du coût de l'eau, de la pompe, du groupe d'alimentation et de la conduite principale.

Notes : 1 acre = 0,4 hectare
1 pouce = 2,5 cm
1 pied = 0,3 m

IV. CRITERES PERTINENTS POUR L'ACHAT DE SYSTEMES D'IRRIGATION

112. Pendant de longs siècles, tous les systèmes d'irrigation fonctionnaient par gravité : l'eau provenait d'une tranchée ou d'un tuyau à l'extrémité supérieure d'un champ et s'écoulait par gravité le long du champ. Lors de la conception du système, on tenait compte de facteurs tels que les ressources en eau, la nature du sol, la pente du champ, les cultures, etc. Au cours des dernières décennies, on a introduit les systèmes à aspersion et à percolation, et la conception a gagné en complexité, mais un grand nombre de facteurs pris en considération jadis sont restés inchangés et doivent encore être retenus de nos jours pour la conception et le choix des systèmes d'irrigation.

Ces facteurs sont les suivants :

- Ressources en eau
- Nature du sol
- Quelles plantes cultiver ?
- Topographie
- Dimensions et forme du champ
- Besoins en main-d'oeuvre
- Nécessité de modifier l'environnement
- Répartition des pluies (pluviométrie)
- Ressources financières
- Location ou achat ?
- Services de vente et après-vente.

L'ordre dans lequel ces facteurs seront examinés n'est pas nécessairement celui que nous venons de donner, mais tous doivent être pris en considération.

113. Les ressources en eau constituent le facteur le plus important. Aucun système n'est valable, à moins que l'eau ne soit disponible. Pour un pouce (2,5 cm) d'irrigation efficace d'1 acre (0,4 ha) de terrain, il faut entre 33 000 et 37 000 gallons (115 000 à 130 000 l) d'eau. Figurent parmi les sources d'eau les retenues d'eau, les fosses creusées, les cours d'eau et les puits. Peu importe la nature

de la source, pourvu que les quantités d'eau disponibles satisfassent aux besoins des cultures. De nombreuses retenues et fosses d'irrigation sont alimentées par écoulement en surface et la recharge est faible ou nulle; elles doivent stocker assez d'eau pour répondre aux besoins des cultures pendant la campagne d'irrigation. Le débit est réduit en période de sécheresse. Les puits fournissent des quantités d'eau relativement constantes pendant toute l'année. Les ressources en eaux souterraines peuvent être très variables et dans de nombreuses régions, il est impossible d'aménager des puits d'irrigation satisfaisants. Les puisatiers et les fonctionnaires des eaux et forêts sont à même de fournir des données sur les ressources en eaux souterraines. Certains cultivateurs exploitent actuellement des sources d'eau combinées, une retenue partiellement réapprovisionnée par un puits. Lorsque le système d'irrigation ne fonctionne pas continuellement, on peut réduire la capacité du puits, ce qui permet d'en diminuer les dépenses d'exploitation. Il faut comparer le coût d'un système combiné d'alimentation en eau (deux pompes et deux sources d'énergie) à celui d'une source unique d'eau et d'une seule pompe et source d'énergie. Beaucoup de régions ne disposent pas de nappes phréatiques suffisamment abondantes pour faire fonctionner un système d'irrigation, mais on peut y obtenir une alimentation satisfaisante en eau grâce à une combinaison d'eaux de surface stockées et d'eaux souterraines.

114. Les ressources en eau doivent être exploitées en dehors de la saison des irrigations. Les entreprises du secteur sont alors moins surchargées, elles peuvent mieux établir le calendrier des opérations, et même offrir des tarifs réduits. Normalement, les travaux de puisaterie seront moins coûteux si l'entrepreneur ne se voit pas demander de garantir un débit de pompage donné. Les puits d'essai peuvent fournir d'excellentes données sur le rendement potentiel des puits et constituent donc un investissement intéressant.

115. La nature du sol a son importance pour plusieurs raisons. Le débit, ainsi que la quantité totale d'eau utilisée par irrigation et la fréquence des irrigations : tout cela est influencé par la nature du sol. Pour les champs composés de sols de plusieurs types, le système doit être conçu en fonction du type principal de sol.

Normalement, les sols sablonneux présentent un coefficient d'absorption plus élevé et une capacité moindre de rétention de l'eau; ils exigent donc des irrigations plus fréquentes que les sols argileux.

116. La culture à irriguer joue un rôle capital pour la rentabilité de l'irrigation. Certaines cultures, telles que le tabac, le soya, l'arachide et les foins, sont capables de récupérer après de brèves périodes de sécheresse, après n'avoir subi que des dommages quantitatifs ou qualitatifs minimes. D'autres, telles que les céréales et la plupart des espèces horticoles à saison courte, sont fortement touchées par la sécheresse aux stades de la pollinisation et de la fructification. Pour ce qui est du rendement, il arrive que la réaction de certaines cultures à l'irrigation ne suffise pas à produire un bénéfice, après déduction du prix d'achat et d'exploitation d'un système d'irrigation. La nature du sol sur lequel poussent les cultures et la distribution pluviométrique peuvent influencer la rentabilité de l'irrigation.

117. La plupart des pays disposent d'une documentation historique sur les précipitations. Certains pays ont publié des données sur la probabilité des jours de sécheresse et sur les quantités moyennes de précipitations. Quiconque a l'intention d'irriguer devrait étudier des données, pour déterminer la durée des périodes de sécheresse dans la région. Les précipitations connaissent des variations considérables. La pluviosité dans un endroit déterminé peut s'écarter dans une forte mesure des données publiées.

118. Une fois qu'il a été établi que l'alimentation en eau est assurée ou peut être assurée, dans une mesure suffisante, qu'il peut donc être profitable d'irriguer, on réfléchira au type de système d'irrigation qui s'adapte le mieux à une situation donnée. Il existe un certain nombre de spécialistes capables de prodiguer leurs conseils. Dans les pays en développement, les services d'expansion agricole et de conservation des sols doivent avoir des collaborateurs compétents en la matière. On pourra engager des consultants, chargés d'aider à la conception des systèmes. Les producteurs et vendeurs de matériel d'irrigation aideront au choix, à la conception et à la mise en service des systèmes. Il est recommandé de s'adresser aux représentants de plusieurs entreprises qui vendent du matériel d'irrigation.

119. Il existe un choix considérable de systèmes d'irrigation. Tous ne s'adaptent pas également à la même situation. Quoiqu'il existe de nombreux types de systèmes d'irrigation, le choix pratique est limité pour la plupart des exploitations agricoles, soit en raison du coût initial par hectare, de la topographie, des dimensions et de la forme des terrains, des cultures envisagées, de la nature des sols, des superficies à irriguer ou des disponibilités en main-d'oeuvre, soit selon que le système doit ou non servir à des fins autres que l'humidification des sols.

120. Acheter un système d'irrigation signifie acheter une foule d'éléments qui constitueront le système. Ces composants proviennent de plusieurs fournisseurs, et c'est au marchand ou à un consultant qu'il incombe de veiller à ce que tous les éléments concordent pour donner un ensemble cohérent, capable de répondre aux exigences, c'est-à-dire de satisfaire à la demande maximale d'humidité de la culture à irriguer.

V. REALISATION DE PROJETS D'IRRIGATION DANS LES
PAYS EN DEVELOPPEMENT

121. En construisant un système d'aspersion, il importe de tenir compte des conditions de culture dans lesquelles celui-ci est appelé à fonctionner.

Culture homogène

122. Quand on met sur pied un système d'aspersion pour cultures homogènes, de plus vastes étendues de terrains peuvent être combinées pour en faire des ensembles d'aspersion. En outre, une gestion centralisée permet de surveiller plus facilement les opérations.

123. Division des zones d'aspersion en parcelles appartenant à des cultivateurs différents. Afin de calculer le coût de cette méthode d'aspersion, on doit mesurer exactement les quantités d'eau qui seront utilisées. En outre, il faut un matériel approprié d'alimentation en eau, pour limiter les quantités que recevront les différentes parcelles; cela permet de garantir l'uniformité quantitative de l'eau fournie durant toute la campagne d'irrigation.

124. Il est absolument indispensable de régler le fonctionnement des asperseurs suivant le régime hydraulique propre au réseau d'alimentation en eau. L'avantage de ces systèmes d'aspersion consiste en ce qu'ils sont dotés d'une alimentation centralisée en eau. Les dépenses d'investissement pour le réseau d'alimentation, de même que pour le pompage, sont proportionnelles aux dimensions des parcelles. L'utilisation de grandes stations de pompage permet un contrôle automatique, à l'aide d'une surveillance optimisée.

125. Petits systèmes éparpillés, dotés chacun de sa propre conduite d'eau. Ces systèmes doivent être surveillés par leurs propriétaires respectifs. Toutefois, ils ont l'avantage d'être plus souples; ainsi, ils peuvent être utilisés lors de la rotation des cultures et lorsqu'on déplace le lieu de culture.

Conditions fondamentales pour la mise en oeuvre de projets d'aspersion

126. Avant de réaliser un projet d'aspersion, on doit connaître avec précision les conditions pédologiques et climatiques. Puisque l'ins-

tallation d'un asperseur constitue un investissement considérable, il importe d'évaluer au préalable les conditions dans lesquelles croissent les cultures, l'augmentation éventuelle du rendement et des revenus, etc., de manière à garantir l'efficacité de tels projets.

127. De même, on choisira la technique d'aspersion selon les conditions dans lesquelles elle sera mise en oeuvre. On tiendra compte des facteurs ci-après :

- Dimension des parcelles
- Différence d'altitude entre les terrains à irriguer
- Méthodes de culture usuelles, telle que culture de plein champ ou permanente
- Méthodes agronomiques.

128. Les systèmes d'aspersion normalisés, à ensemble compact et à tuyau tracté, se sont avérés excellents lorsqu'on les emploie sur des parcelles de faibles dimensions. Ces systèmes présentent les avantages suivants :

- Le matériel d'aspersion fonctionne sur la parcelle d'un seul propriétaire, ce qui garantit un traitement soigné;
- L'investissement est très économique et le système est polyvalent, applicable à tous les types de cultures;
- Le système s'adapte aux parcelles de terrain, quelle que soit l'importance de l'aspersion requise;
- Mesure exacte des quantités d'eau mises en oeuvre.

129. Les systèmes d'aspersion mécanisés, pivotants, linéaires ou autres, ne sont économiques que sur les parcelles de grande surface, ce qui limite leurs possibilités sur les parcelles plus petites.

130. Les systèmes d'aspersion mécanisés exigent un entretien approprié. Si celui-ci n'est pas effectué de manière satisfaisante, tout le système sera en panne et il deviendra impossible d'asperger de vastes étendues de terrains. Quant aux systèmes d'aspersion normalisés, les pannes éventuelles se limitent à de petits éléments tels qu'un petit

asperseur, ce qui permet l'aspersion de la plus grande partie du terrain. C'est surtout quand la qualité du service laisse à désirer que ces systèmes s'avèrent, en eux-mêmes, bien plus fiables à la longue.

131. Le bon fonctionnement des systèmes d'aspersion exige en principe un entretien et un service appropriés; pour les systèmes de grande dimension, cela se fait dans des ateliers centralisés. On s'efforcera aussi d'obtenir un service centralisé dans le cas des systèmes appartenant à plusieurs propriétaires.

132. Le financement des deux types de systèmes mentionnés ci-dessus doit être conforme aux exigences statutaires. Lorsque les systèmes sont en copropriété, on créera d'habitude une sorte de coopérative, pour aboutir à une procédure unifiée.

133. Les petites et moyennes entreprises ont l'avantage de méthodes de culture polyvalentes, mieux faites pour répondre à la demande variable du marché. La plupart du temps, en outre, il faut moins de bureaucratie, car le contrôle de ces systèmes d'aspersion est plus facile à assurer.

VI. FABRICATION DE PIÈCES ET DE MATÉRIELS DESTINÉS À L'IRRIGATION
DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT

Définition du matériel d'irrigation et de ses éléments

134. Les divers composants et éléments des systèmes d'irrigation, depuis la source d'alimentation en eau jusqu'aux cultures, peuvent être définis comme suit :

- a) Pompe (poste de pompage)
 - Moteurs électriques
 - Moteurs Diesel
 - Pompes pour puits profonds, pompes centrifuges, submersibles, etc.
 - Accessoires tels que clapets de non-retour, clapets de retenue, régulateurs de pression, etc.
- b) Conduites de distribution principales
 - Canalisations
 - Tuyaux (de 100 à 2 000 mm de diamètre) et garnitures en
 - . acier
 - . amiante-ciment
 - . plastique
 - Accessoires et bornes d'arrosage
- c) Systèmes d'irrigation
 - Systèmes d'irrigation en surface ou traditionnels
 - . canaux avec vannes à flotteur
 - . sillons et dérayures
 - . tuyaux à vannes
 - . tuyaux (pour tubage à siphon)
 - Systèmes d'aspersion
 - . Tuyaux en acier galvanisé ou en aluminium (de 50 à 200 mm de diamètre, à raccords rapides)
 - . Asperseurs
 - . Systèmes d'irrigation mécanisés à mouvement continu
 - . machines mobiles
 - . machines pivotantes
 - . machines à mouvement latéral

- . Système d'irrigation par percolation
 - . système à grand filtre
 - . tuyaux en plastique (de 13 à 25 mm de diamètre) et garnitures
 - . émetteurs

135. La répartition moyenne du coût des principaux composants des divers systèmes d'irrigation est indiquée au tableau suivant, pour faire apparaître l'importance relative de chaque composant pour le système d'irrigation adopté.

Tableau 2
Coût proportionnel des principaux composants de
divers systèmes d'irrigation (en p. 100)

	Pompe	Réseau de distribution principal	Système d'irrigation ou rampe d'irrigation
Systèmes d'aspersion	25	50	25
Machine mobile	20	35	45
Machine pivotante	10	15	75
Irrigations par percolation	30	20	50

136. Le bon fonctionnement de tout système d'irrigation exige que l'entretien, les réparations et les remplacements aient lieu systématiquement (après épuisement de la vie utile des composants). Le tableau 3 ci-après expose les détails concernant tous ces facteurs.

Les conditions locales et leurs incidences sur l'aménagement d'installations de fabrication du matériel destiné à l'irrigation

137. Au cours de ces dernières années, l'importance de l'irrigation en milieu humide a été pleinement reconnue et la méthode est mise en oeuvre; cependant, les conditions qui règnent dans l'environnement restent les facteurs déterminants pour établir l'intensité de l'irrigation appliquée à la production agricole. La première partie

Tableau 3
Préiode d'amortissement proposé et dépenses annuelles d'entretien pour les composants
d'un système d'irrigation

Composant	Amortissement (en heures)	Période (en années)	Entretien et réparations (pourcentage annuel du coût initial)
Station de pompage			
bâtiment	-	20-40	0,5 - 1,5
pompe, turbine verticale			
aubes	16 000-20 000	8-10	5 - 7
colonnes, etc.	32 000-40 000	16-20	3 - 5
Faits et garanties	-	20-30	0,5 - 1,5
Pompe centrifuge	32 999-50 000	16-25	3 - 5
Transmission d'énergie			
côte de réduction	30 000-36 000		5 - 7
ceinture en V	6 000	3	5 - 7
ceinture plate, en caoutchouc/tissu	10 000	5	5 - 7
ceinture plate, en cuir	20 000	10	5 - 7
Machines motrices			
moteur électrique	50 000-70 000	25-35	1,5 - 2,5
moteur Diesel	20 000	14	5 - 8
moteur à essence			
refroidi à l'air	8 000	4	6 - 9
refroidi à l'eau	18 000	9	5 - 8
à propane	20 000	14	4 - 7
Possés ouverts (permanents)		20-25	1 - 2
Constructions en béton			
Tuyau, en amiante-ciment et PVC (enterré)		40	0,25 - 0,75
Tuyau, en aluminium, surface veinée		10-12	1,5 - 2,5
Tuyau, en acier, classe "usine hydraulique" (enterré)		40	0,25 - 0,50
Tuyau, revêtu d'acier et doublé acier (enterré)		40	0,25 - 0,50
Tuyau, revêtu d'acier (enterré)		20-25	0,50 - 0,75
Tuyau, revêtu d'acier, en surface		10-20	1,5 - 2,5
Tuyau, galvanisé acier, en surface		15	1,0 - 2,0
Tuyau, revêtu et doublé, en surface		20-25	1,0 - 2,0
Tuyau, en bois, enterré		20	0,75 - 1,25
Tuyau, en aluminium pour asperseur, en surface		15	1,5 - 2,5
Mortier plastique renforcé (enterré)		40	0,25 - 0,50
Tuyau, en plastique, à percolation, en surface		10	1,5 - 2,5
Têtes d'asperseur		8	5 - 8
Emetteurs à percolation		8	5 - 8
Filtres à percolation		12-15	6 - 9
Asperseurs à mouvement mécanique		11-16	5 - 8
Asperseurs à mouvement continu		10-15	5 - 8

Source : "Design and Operation of Farm Irrigation Systems", The American Society of Agricultural Engineers, décembre 1960.

du présent document expose dans le détail l'influence des conditions locales sur la méthode d'irrigation recommandée, donc sur les composants nécessaires.

138. Ces conditions locales déterminent dans une mesure décisive la demande potentielle en systèmes d'irrigation pertinents, donc aussi les besoins en pièces destinées à l'irrigation sur tous les marchés. Suivant les conditions du lieu, la demande varie d'un pays à l'autre quant aux divers éléments destinés à l'irrigation. De ce fait, les installations de fabrication nécessaires et le degré de complexité qu'elles exigent peuvent également varier selon les régions.

139. On peut dire que l'existence d'une demande sur le marché est la condition préalable pour implanter toute installation de production. On distinguera ici entre la demande potentielle et la demande effective du marché. Dans notre cas particulier, la différence peut être considérable. Quel qu'en soit le potentiel, la demande effective du marché dépend des facteurs suivants :

- Structure de l'agriculture dans le pays; dimensions des terres arables, etc;
- Niveau d'éducation des agriculteurs;
- Pouvoir d'achat des agriculteurs;
- Politique du gouvernement et appuis financiers donnés à l'agriculture;
- Structure des prix pour les cultures, l'eau, les services publics;
- Divers.

140. Au vu des considérations ci-dessus, on tiendra compte des conditions nationales et régionales suivantes, pour évaluer les possibilités de fabriquer dans les pays en développement le matériel destiné à l'irrigation :

141. Existence, sur le marché intérieur d'une demande, qui justifie la production locale. Comme nous l'avons mentionné, la demande effective est régie par les conditions de l'environnement, par la

situation macro-économique à l'intérieur du pays, ainsi que par la micro-économie du secteur agricole. De préférence, la demande doit dépasser l'échelle économique de fabrication, si l'on veut aboutir à une meilleure viabilité financière. En outre, les conditions suivantes devraient être satisfaites :

- Existence d'industries d'amont
- Infrastructure technique et sociale
- Disponibilités en main-d'oeuvre qualifiée
- Disponibilités en moyens financiers.

142. On soulignera cependant, à nouveau, que le critère décisif est la présence d'une demande, alors que les autres conditions évoquées peuvent toujours être remplies ou faire l'objet des dispositions nécessaires.

143. En raison des différences que présente l'environnement d'un pays à l'autre (pays arides comparés aux pays à climat tempéré), il faut prévoir différents systèmes d'irrigation et par conséquent différents composants. De ce fait, on tiendra compte, dans chaque cas d'espèce, de la demande en composants essentiels, si l'on veut en évaluer les possibilités de fabrication.

144. Etant donné que la fabrication des divers éléments destinés à l'irrigation présente un degré de complexité fort variable, l'économie d'échelle de leur production est, elle aussi, très variable. Toutefois les conditions locales telles que l'infrastructure technique, les possibilités de liaison entre la fabrication des produits, l'existence d'industries d'amont, la structure des prix, les divers degrés d'intégration, etc., ont des incidences sur l'économie d'échelle. C'est pourquoi, dans chaque cas d'espèce, on prendra la bonne décision sur l'achat ou la fabrication des pièces, après avoir examiné tous les facteurs pertinents.

145. Les conditions locales, donc aussi la structure du marché et la disponibilité d'une infrastructure technique, sont les facteurs dont dépend toute décision concernant le degré d'intégration et l'intégration locale (c'est-à-dire les apports locaux).

146. En fonction de ces conditions locales, on choisira un optimum d'intégration (donc un maximum d'apports locaux) pour les divers composants de l'irrigation dans chaque pays en développement. La demande sur le marché, ainsi que le niveau de compétence technique des spécialistes locaux et les possibilités de liaison avec d'autres secteurs de l'industrie exercent une influence considérable sur le degré optimal d'intégration (c'est-à-dire des apports locaux), donc sur les décisions concernant la fabrication locale ou l'achat à des sources étrangères (composants achetés à l'étranger). Il n'existe aucune directive générale qui déterminerait le degré d'intégration pour la fabrication de matériels d'irrigation dans tous les pays en développement; il faut chaque fois des recherches et études en profondeur, avant de choisir la solution optimale pour les principaux composants, lesquels peuvent varier d'un pays à l'autre, suivant les changements que subissent les conditions locales.

147. En vue de choisir une intégration optimale (donc un optimum d'apports locaux), on tiendra compte aussi de l'infrastructure technique existante, ainsi que de l'économie locale en général, ce qui permettra d'élaborer une stratégie appropriée pour l'intégration locale.

Choix des techniques de fabrication

148. Exposé succinct des techniques de fabrication de divers composants de l'irrigation. Les différents éléments et matériels destinés à l'irrigation ont été définis au paragraphe 134. Compte tenu des pratiques suivies pour l'irrigation dans les pays en développement, on classera comme suit les composants pertinents :

- Pompes
- Diverses tuyauteries (en acier, en aluminium, en fibrociment, en plastique)
- Garnitures et accessoires
- Moteurs Diesel
- Moteurs électriques
- Asperseurs
- Tuyaux à raccord rapide (en acier, en aluminium)
- Systèmes d'irrigation mécanisés
- Systèmes d'irrigation par percolation.

Les techniques mises en oeuvre pour la fabrication des pièces les plus importantes, c'est-à-dire les pompes, les tuyauteries et les composants modernes de l'irrigation, sont traitées dans les paragraphes ci-après.

Fabrication de pompes

149. Les principaux types de pompes habituellement utilisées pour l'irrigation sont les suivants :

150. Pompes centrifuges. Elles sont actionnées par des moteurs électriques ou diesel et leur capacité de succion est restreinte. Aussi les utilise-t-on d'habitude pour pomper les eaux de surface, et leur capacité de soutirage est limitée.

151. Pompes pour puits profonds. Elles servent surtout au pompage des eaux souterraines. L'organe d'entraînement est situé au sol, alors que l'organe de pompage est immergé dans le puits. Un tuyau qui transporte l'eau fait communiquer ces deux organes et contient le cardan qui relie l'organe d'entraînement et l'organe de pompage.

152. Pompes submersibles. Elles sont uniquement actionnées par des moteurs électriques. Aussi bien l'organe d'entraînement que l'organe de pompage sont submergés. On se sert de ces pompes lorsque la vidange nécessaire dépasse la profondeur que peuvent sucer les pompes centrifuges normales.

153. Les pompes sont à un ou à plusieurs étages, suivant les besoins en matière de pression. Les principaux composants des pompes ci-dessus mentionnées sont les suivants :

- Enveloppe en fonte
- Rouet en fonte, en plastique ou en alliages non ferreux (bronze)
- Vilebrequin, d'habitude en acier allié
- Accessoires tels que roulements à bille antifricition, jauge de pression, fermetures, presse-étoupes, écrous et boulons, etc.

154. Pour la fabrication des pièces ci-dessus mentionnées, il faut faire appel à différents procédés et techniques, c'est-à-dire :

- Diverses méthodes de coulée sont utilisées pour la fabrication d'enveloppes et de rouets en fonte et en alliages non ferreux respectivement
- Les vilebrequins sont en acier allié et leur finissage se fait à l'aide de diverses opérations d'ajustage
- Les accessoires se fabriquent à l'aide de techniques et de procédés différents et on les produit d'habitude dans des installations spécialisées. C'est pourquoi la plupart des fabricants de pompes achètent ces pièces à l'extérieur. Un bon exemple est fourni par les paliers antifriction que produisent des entreprises spécialisées uniquement dans la fabrication de tous les types de roulements et de paliers.

155. Les principaux fabricants internationaux de pompes produisent une grande variété de pompes destinées aux usages les plus divers et ils sont spécialisés dans la fabrication de pompes seulement. On relèvera ici que les installations de production de pompes dans les pays en développement devraient aussi être conçues en fonction des besoins d'autres secteurs du marché, afin de bénéficier de la production en masse et de pouvoir rationaliser le prix de revient.

Fabrication de tuyaux

156. Tuyaux en acier. La production de tuyaux comporte de nombreuses méthodes et différents types de matériel. En gros, les tuyaux rentrent dans deux catégories : soudés (c'est-à-dire présentant un joint soudé) et sans soudure. Les tuyaux soudés peuvent être obtenus par chauffage et mise en forme tubulaire d'un feuillard ou d'une maquette métallique plate, et par soudure du joint en écharpe ou en bout. On peut aussi mettre en forme tubulaire le feuillard froid et souder le joint électriquement par chauffage à résistance basse ou haute fréquence, ou par soudure à l'arc submergé. Le procédé de soudure électrique par résistance (Electric-Resistance-Welding, E.R.W.) est le plus important pour la fabrication de tuyaux en acier; c'est celui dont on se sert habituellement pour produire la tuyauterie destinée à l'irrigation.

157. Tubages à soudure électrique par résistance (E.R.W.). La méthode E.R.W. permet de fabriquer des tubages d'un diamètre pouvant atteindre quelque 26 pouces (65 cm) et d'une épaisseur de paroi allant jusqu'à 0,5 pouce (12,5 mm). Les principales étapes du procédé sont les suivantes : découpage des bandes (lorsqu'on prend des bandes de largeur multiple), formage, soudure, mise à la cote, cisailage et finissage. Le formage de la bande est illustré par la figure 13. Les enroulements sont soit introduits directement dans des rouleaux de formage ou dans une agrafeuse, pour permettre la soudure bout à bout des feuillards. Ceux-ci traversent d'abord une machine à couper les bords, qui établit la largeur et qui ajuste les bords pour la soudure. Ils passent ensuite successivement par des cylindres dégrossisseurs ou de formage, des rouleaux de fermeture verticaux mobiles et des trains "finpass". La soudure s'effectue en comprimant le tube sur des trains compresseurs et en chauffant les bords à l'aide, soit d'un courant basse fréquence appliqué par des roues d'électrode, soit de courants de radiofréquence appliqués par induction ou par des contacts glissants.

Après la soudure, on enlève les bavures et le tube est soumis à tout traitement supplémentaire qui pourrait s'imposer sur le plan métallurgique. Ensuite, après refroidissement, le tube est façonné sur un laminoir calibreur (d'habitude composé de plusieurs rouleaux horizontaux commandés et de plusieurs rouleaux verticaux libres) et tronçonné.

158. Il existe trois procédés de fabrication de tuyaux en aluminium :

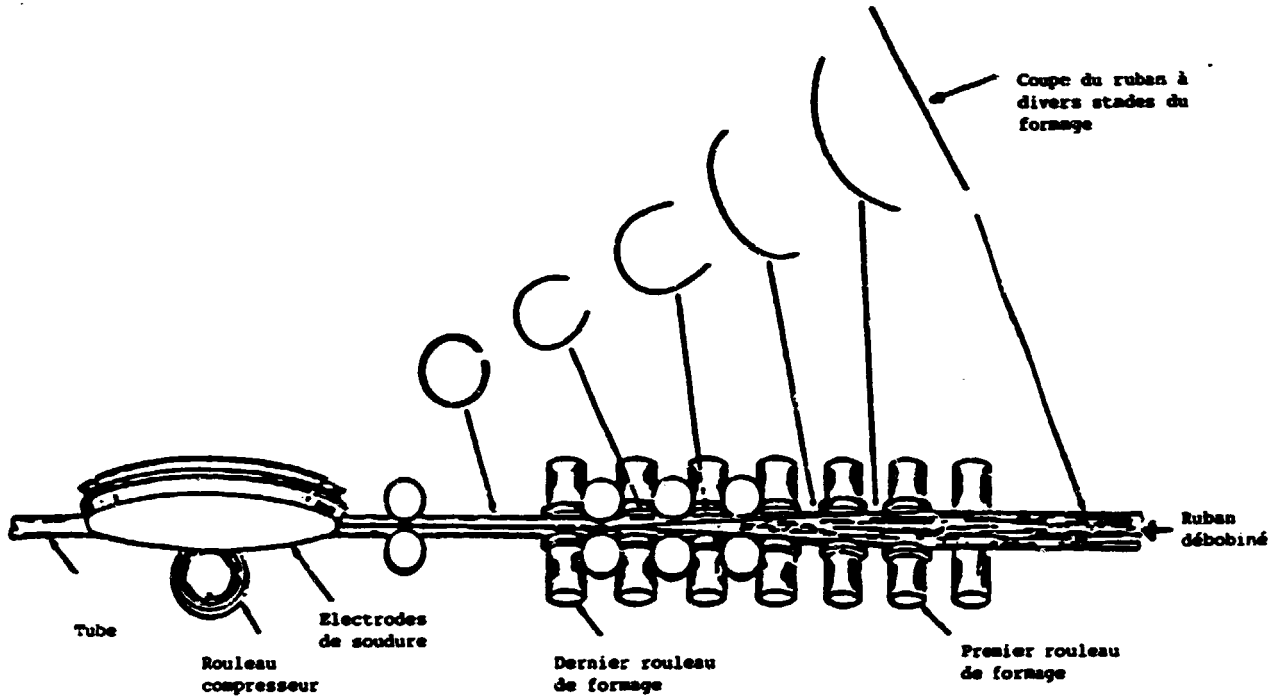
- tuyau étiré sans soudure
- tuyau filé sans soudure et
- tuyau soudé.

159. Les tuyaux étirés sans soudure s'obtiennent en étirant des pièces à tuyaux produites par filage à la matrice et au mandrin. Ils traversent la matrice pour trouver leurs dimensions finales.

160. Le tuyau filé sans soudure s'obtient à partir d'un lingot creux à extrusion et on le file soit à l'aide de la méthode de la matrice et du mandrin, soit en l'étirant à froid. Le lingot est coulé en creux

Figure 13.

Conversion d'un ruban métallique en tube soudé
électriquement par résistance



ou d'abord coulé en plein et ensuite perforé ou percé à partir d'un lingot plein. Le tuyau soudé est fabriqué par soudure des bords d'une feuille d'aluminium mise en forme.

161. Les tuyaux en aluminium peuvent être protégés par gainage contre certains agents corrosifs. Il s'agit de tuyaux composés d'un noyau en alliage d'aluminium dont la surface intérieure ou extérieure est liée métallurgiquement - ou dont les deux surfaces sont liées - par un revêtement en alliage d'aluminium, qui est anodisé par rapport au noyau, afin de protéger ce dernier contre la corrosion par électrolyse.

162. La meilleure façon de fabriquer les tuyaux en leur donnant les dimensions et les épaisseurs de paroi voulues (parois relativement minces), pour les tuyaux en aluminium à raccord rapide des systèmes d'irrigation par aspersion, consiste à utiliser le procédé de soudure, qui est aussi le plus économique.

163. Les tuyaux en plastique sont des polymères organiques fabriqués par l'homme. Il existe de nombreux types de plastiques, dont quatre surtout servent à la fabrication de tuyaux. Ce sont :

- le chlorure de polyvinyle (PVC)
- le polyéthylène (PE)
- l'acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS)
- le polybutylène (PB).

Seuls les trois premiers sont actuellement utilisés dans une large mesure pour l'irrigation par aspersion.

164. Les tuyaux en plastique sont fabriqués par extrusion, par conversion de substances thermoplastiques brutes (PE, PVC, PB, ABS) sous forme de granulés ou de poudres, pour obtenir des produits finis en longueurs continues. Une extrudeuse à vis unique ou multiple reçoit la matière première en provenance d'une source d'alimentation, soumet cette matière à la chaleur et à la pression aux fins de fusion et de mélange complets; ensuite, elle force les matières fondues à passer continuellement par des matrices d'extrusion pour mettre en forme le tuyau, que l'on refroidit ensuite pour fixer la forme et qui est tronçonné par des organes de levage et de cisailage..

165. Le tuyau en amiante-ciment (ou Fibrociment) a d'abord été mis au point en Europe, où il a été utilisé afin de transporter l'eau de mer dans la lutte contre les incendies et pour nettoyer les rues. Ce type de tuyau est fabriqué en Grande-Bretagne depuis 1928 et on s'en sert dans beaucoup de pays de par le monde.

166. Le tuyau est constitué d'un mélange intime de ciment Portland, de ciment Portland au mâchefer de haut fourneau et de fibre d'amiante pure avec ou sans silice. Ce mélange est formé sous pression dans un mandrin pour donner un tube dense et homogène à surface intérieure lisse. Le mélange de ciment et de fibre d'amiante ne doit contenir ni grès, ni fibres organiques, ni d'autres adultérants. Après finissage, le tuyau peut être tronçonné, perforé et taraudé.

167. Les tuyaux en amiante-ciment sont réalisés en trois classes, 100, 150 et 200. Ces chiffres indiquent la pression de régime en livres par pouce carré (soit, respectivement, 689, 1 034 et 1 378 kilopascals). Les dimensions des tuyaux varient, de 3 à 36 pouces (76,2 à 914,4 mm) de diamètre intérieur, la longueur standard étant de 13 pieds (4 m).

Garnitures et accessoires

168. Pour la production de garnitures, de raccords et de toutes les autres parties mécaniques, il faut appliquer des méthodes d'atelier normalisées, telles que :

- cisailage et découpage
- formage
- pressage
- divers travaux d'usinage et d'ajustage
- soudure
- moulage
- etc.

Enfin, les diverses pièces manufacturées doivent être assemblées pour donner des produits finis, tels que tuyaux de montée, masselottes, tés, clapets, etc.

Moteurs diesel et électriques

169. Les moteurs diesel et électriques ont des applications très diverses et leur production doit être rendue économique, compte tenu de tous les usages éventuels et des avantages de la production en masse. En outre, la fabrication de ces moteurs est un domaine hautement spécialisé et ne saurait être mélangée avec d'autres secteurs de fabrication spécialisés, tels que la production de pièces destinées à l'irrigation. C'est pourquoi il n'est pas recommandé de produire ces moteurs dans le cadre de la fabrication de matériel d'irrigation; il est préférable de tenir présents à l'esprit tous les utilisateurs finals dans le secteur agricole comme dans les secteurs industriels.

Asperseurs

170. Un asperseur est composé de toutes sortes de petits éléments, dont la plupart en métaux non ferreux. Le choix du métal pour chaque pièce dépend de ses caractéristiques et de son prix sur le marché. Les tuyères sont en plastique. On fait appel d'habitude à diverses méthodes de coulée pour la production de différentes parties métalliques. Les tuyères en plastique sont réalisées à l'aide du moulage par injection. Voir aussi le diagramme du procédé à la figure 14.

Tuyaux à raccord rapide

171. La fabrication des tuyaux se fait comme on l'a esquissé dans les chapitres précédents. Celle des raccords et leur assemblage exige des opérations en atelier normalisées telles que le cisaillement du matériel, le formage par pressage, la soudure, etc. On trouvera un diagramme simplifié du procédé à la figure 15.

Systèmes d'irrigation mécanisée

172. Les procédés de fabrication des systèmes d'irrigation mécanisée peuvent être groupés comme suit, par activités d'atelier normalisées :

- Tronçonnage des matériaux
- Travaux d'ajustage (d'usinage)
- Fabrication des diverses pièces et assemblage.

Les figures 16 et 17 montrent les procédés de fabrication des appareils mobiles et pivotants respectivement.

Composants pour l'irrigation par percolation

173. Un diagramme de fabrication simplifié pour la production de pièces destinées à l'irrigation par percolation se trouve à la figure 18. Comme il ressort de ce diagramme, il faut deux chaînes de fabrication, savoir :

- Chaîne d'extrusion pour la production de tuyaux et
- Chaîne de moulage par injection pour la fabrication de garnitures et d'émetteurs, de tuyères, etc.

Observations concernant le choix des produits à fabriquer

174. La description succincte des techniques de fabrication des divers composants d'irrigation que nous avons donnée ci-dessus met en évidence la complexité extrêmement variable des techniques mises en oeuvre. Il est de l'intérêt des pays en développement de commencer par fabriquer les pièces plutôt simples et dont l'usage est le plus répandu. Après avoir acquis la maîtrise des techniques pertinentes, on pourra s'attaquer à des installations de fabrication de produits plus complexes.

175. Une autre question s'y rattache. Pour la fabrication de pièces plus simples, on pourrait obtenir un degré d'intégration beaucoup plus poussé, c'est-à-dire une proportion plus élevée de produits locaux, en raison du nombre restreint de composants. On dépendra moins, de ce fait, des pièces achetées à l'extérieur, produites dans les pays développés.

176. Compte tenu des considérations ci-dessus, les pièces suivantes, destinées à l'irrigation, semblent se prêter à la fabrication dans les pays en développement :

- Tuyaux à raccord rapide
- Garnitures et accessoires de tuyaux
- Asperseurs

177. Pour produire les articles ci-dessus, on peut arriver à une proportion de plus de 60 et jusqu'à 90 p. 100 d'éléments d'origine locale, facteur qui est avantageux pour les pays en développement. Cette fourchette de 60 à 90 p. 100 d'éléments locaux dépen

Figure 14.
Fabrication d'asperseurs

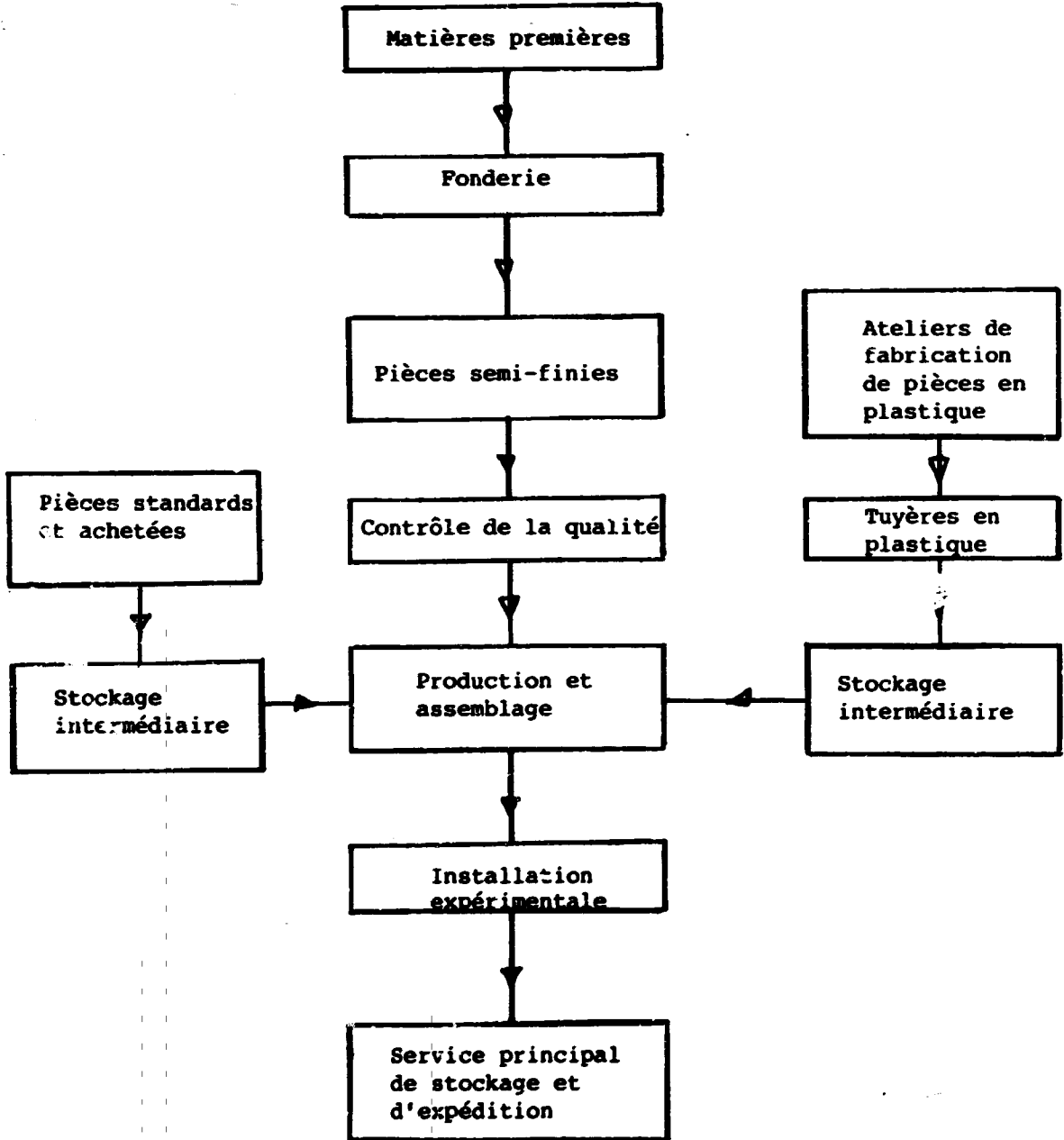


Figure 15.

Fabrication de couplages et de garnitures (acier et aluminium)

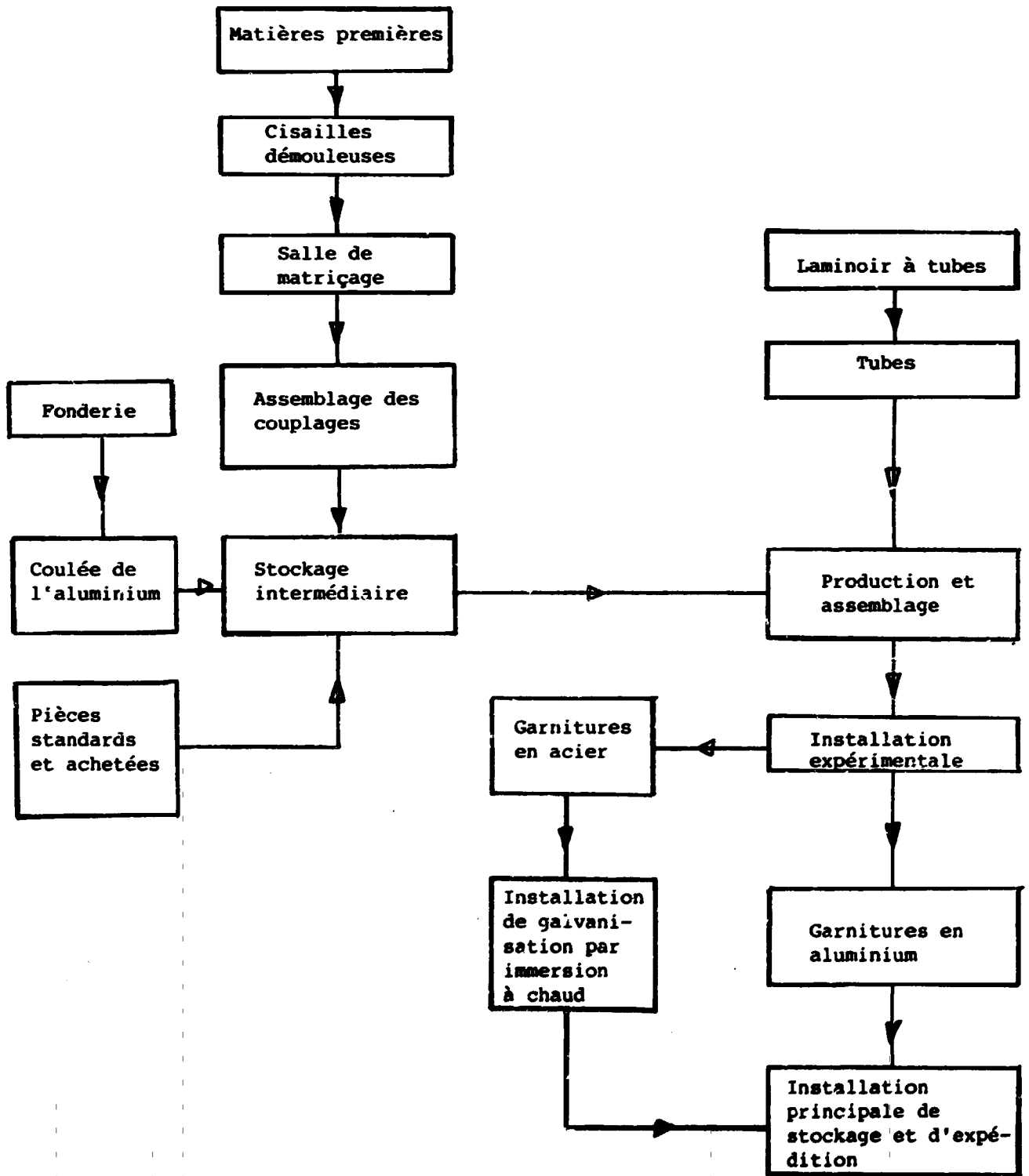


Figure 16.

Fabrication de canons d'irrigateurs mobiles

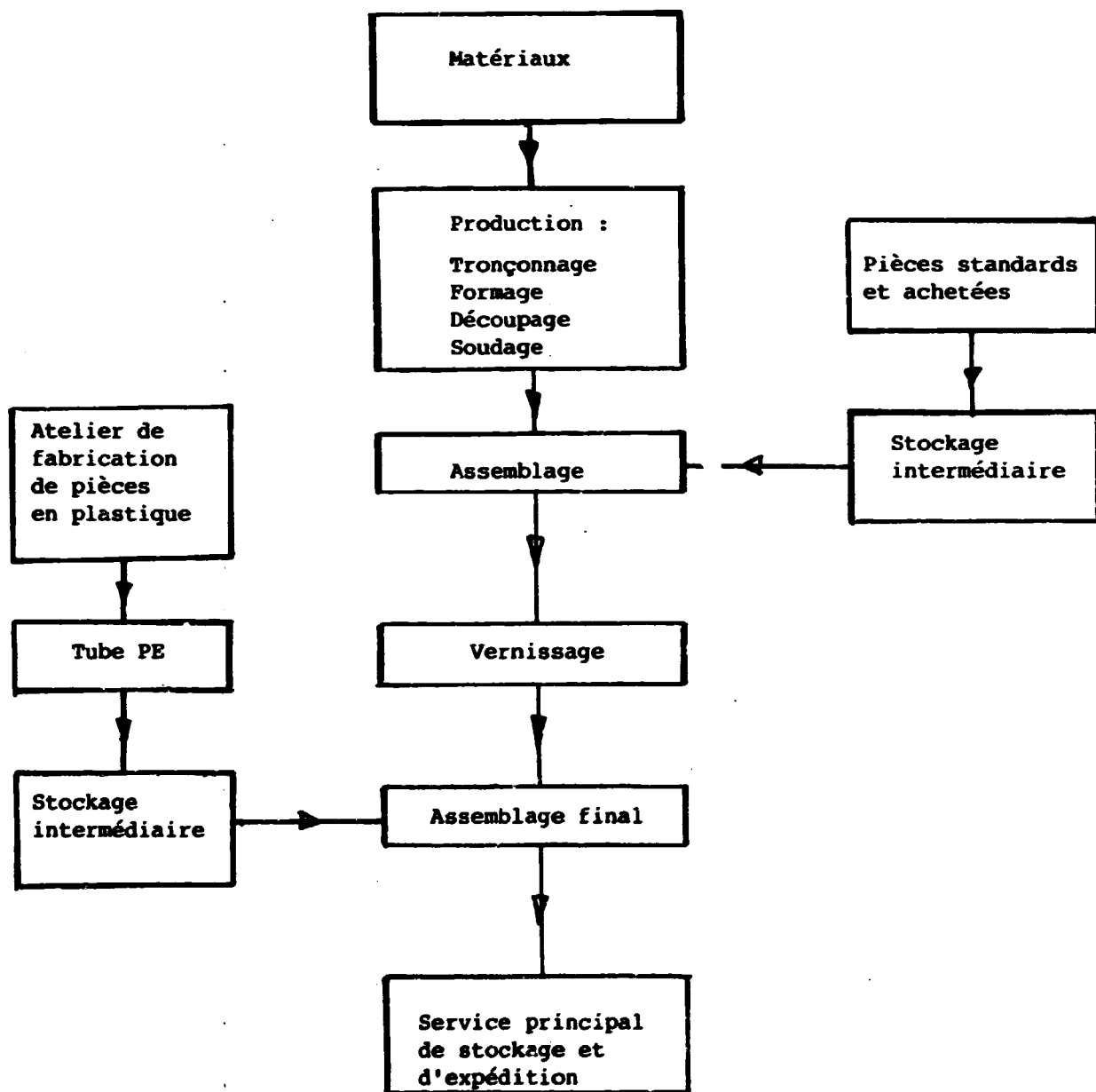


Figure 17.

Fabrication du pivot central

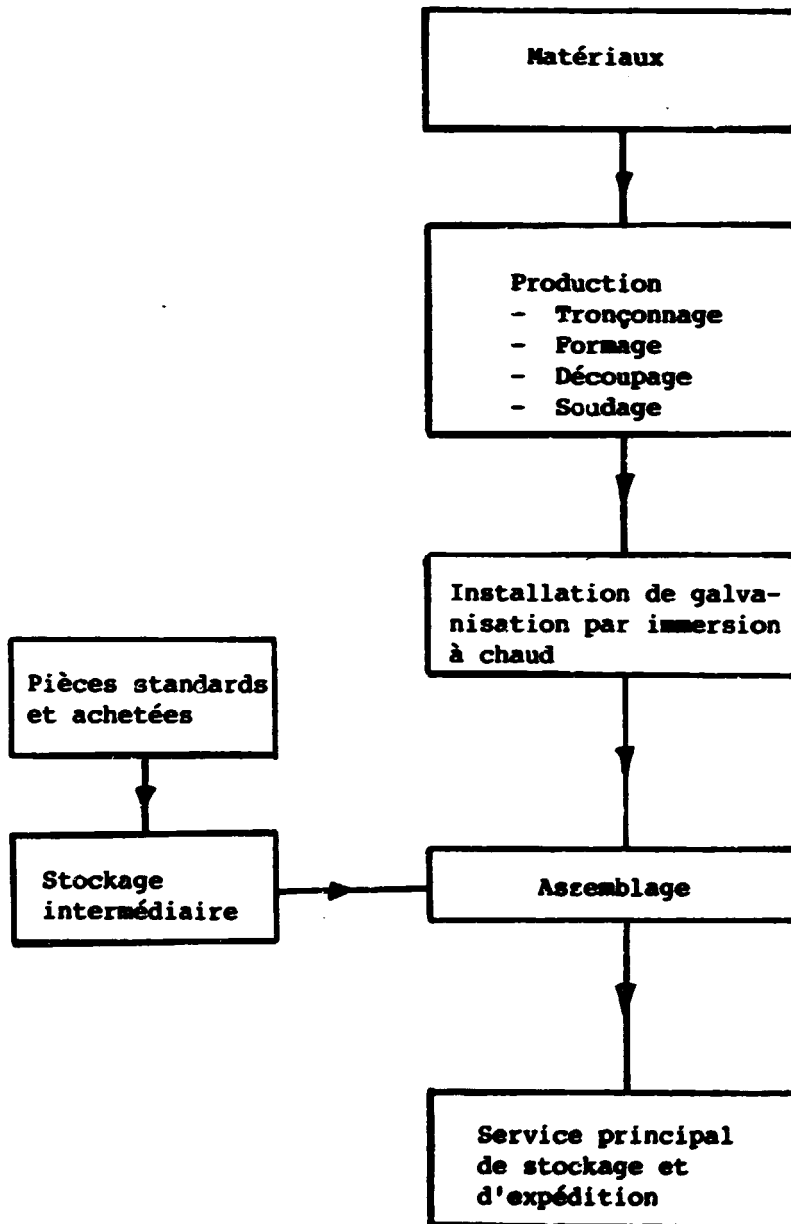
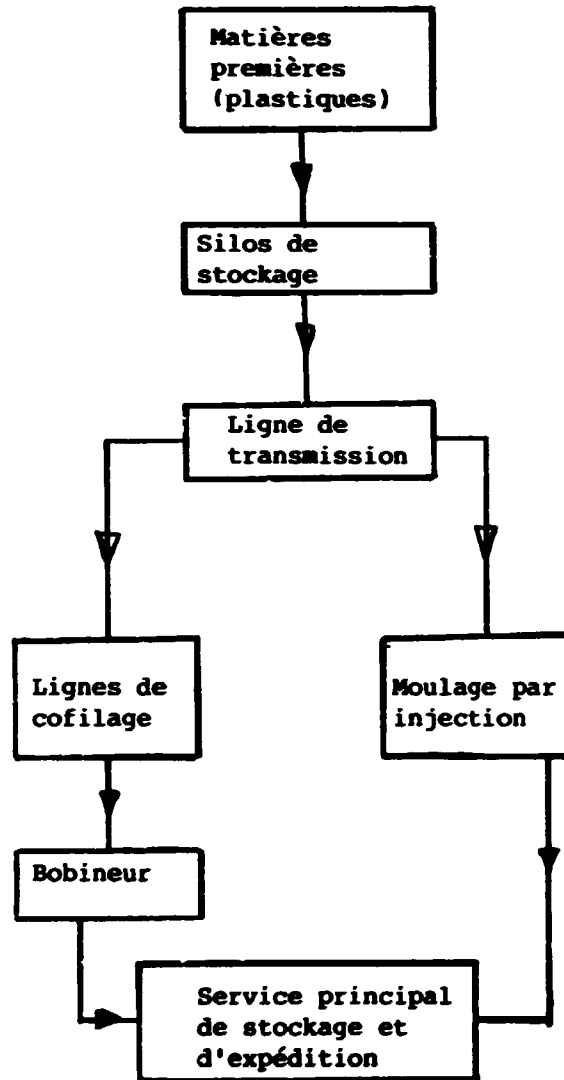


Figure 18.

Fabrication de pièces pour l'irrigation par percolation et de pièces en plastique



présence d'industries métallurgiques, telles que les aciéries et les usines d'aluminium, dans le pays hôte.

178. Les composants ci-dessus mentionnés, destinés à l'irrigation, sont les pièces principales des rampes d'irrigation des systèmes d'aspersion à tubes.

179. Si l'on dispose de ces composants, on peut procéder à l'irrigation moderne de terrains très divers dans les pays en développement, ce qui pourrait jouer un rôle de premier plan pour accroître la production agricole, donc pour garantir l'alimentation des populations.

180. La fabrication des tuyaux à raccord rapide et d'asperseurs, évoqués plus haut, permet l'installation de systèmes d'irrigation, depuis les appareils portatifs les plus simples d'irrigation à la main jusqu'aux ensembles compacts pleinement mécanisés.

181. Comme il a été dit au chapitre précédent à propos de la fabrication de tuyaux à raccord rapide, il faut pour la production de raccords et de garnitures un atelier de laminage de tubes et d'autres ateliers. Pour la production d'asperseurs, on doit prévoir une installation de coulée, assortie de machines-outils pour le finissage des pièces (v. fig. 14 et 15).

182. On trouve facilement, dans la plupart des pays en développement, de bons techniciens capables d'exécuter les opérations d'atelier ci-dessus mentionnées; quant à la compétence spécialisée pour la production de tuyaux à raccord rapide et d'asperseurs, elle est nécessaire, mais peut s'acquérir facilement auprès des fournisseurs internationaux de marques et de modèles réputés.

Stratégie de la maintenance

183. La maintenance préventive et la bonne réputation des machines ont une importance capitale. Dans les pays en développement, on ne se préoccupe souvent pas assez de la maintenance, ce qui cause des pannes fréquentes et des arrêts de longue durée de la production. Chaque entreprise se doit donc de choisir dès le début une politique bien programmée et une procédure appropriée en matière de maintenance.

184. La stratégie de la maintenance doit être adaptée aux conditions locales de la région dans laquelle l'entreprise est implantée. Si celle-ci se trouve dans une région bien pourvue d'ingénieurs compétents, on devrait pouvoir établir un équilibre raisonnable entre les travaux de maintenance et de réparation à exécuter par des spécialistes de l'extérieur, engagés à ces fins, et les travaux d'entretien régulier à effectuer par le personnel propre de l'entreprise. Un tel équilibre permettra de réduire au minimum le coût des travaux de maintenance, sans compromettre pour autant le bon fonctionnement de l'entreprise. Toutefois, une proportion accrue des travaux sous contrat, exécutés par un personnel du dehors, tend à diminuer le taux de disponibilité des chaînes de production. En effet, chaque fois qu'une panne des chaînes de production ne peut pas être éliminée par le personnel de la maison, il faut prévoir des arrêts d'assez longue durée (travaux de réparations, temps d'attente, etc.), ce qui risque de compromettre les objectifs de production. Aussi faut-il, compte tenu de tous les aspects du problème, choisir pour la maintenance une stratégie appropriée et bien équilibrée. On dispose des éléments nécessaires pour opérer ce choix, si l'on connaît à fond les ressources locales d'ingénierie.

Infrastructure et liaison avec les autres secteurs de l'économie

185. L'infrastructure économique et technique est une condition préalable essentielle pour le développement de toute industrie de biens d'investissement. Des moyens de transport efficaces et économiques, notamment pour acheminer sur le marché les produits finis volumineux, les communications, l'alimentation en eau et en énergie, l'infrastructure sociale, etc., constituent autant de facteurs importants.

186. Les services techniques de base, tels que la coulée, la galvanisation de l'acier par immersion à chaud, la fabrication de gabarits et de mandrins, etc., constituent l'infrastructure technique qui facilite le bon développement de la fabrication du matériel d'irrigation.

187. Les ressources en matières premières et en demi-produits peuvent, elles aussi, jouer un rôle important. Ce qui compte surtout, ce sont les produits en fer et en acier. Dans le cas des tuyaux de pompes et même d'autres composants importants des appareils d'irrigation, l'acier

et le fer représentent la plus grande partie du poids et un élément important du prix de revient.

188. La production des principaux composants de l'appareillage d'irrigation rentre dans la catégorie des procédés de fabrication d'objets dont le volume est faible et dont la teneur en composants est élevée. Elle peut donc fort bien s'intégrer dans une économie locale, afin d'en accroître le taux d'utilisation, donc la proportion des produits locaux, ce qui améliore le bilan économique de la région; ainsi, l'existence d'une industrie d'ingénierie ou de coulage influence-t-elle favorablement les possibilités d'implanter une installation de fabrication de pompes.

189. D'autre part, la création d'installations de production de pompes ou de tuyaux peut fortement contribuer au développement d'autres secteurs de l'économie, tels que les réseaux urbains d'alimentation en eau et de distribution des eaux, etc. Dans cette optique, on peut dire que l'implantation d'installations qui fabriquent des composants pour l'irrigation a des incidences doubles sur l'économie et l'infrastructure locales; en effet, la fabrication du matériel d'irrigation peut s'intégrer dans une économie locale existante, en même temps que les liens éventuels avec d'autres secteurs de l'industrie aideraient à améliorer l'économie générale de la région.

Rôle des installations polyvalentes pour assurer la liaison entre la fabrication de matériel d'irrigation, le machinisme agricole et les biens d'investissement à usage public dans le secteur hydraulique

190. Le degré de complexité technique des composants de l'irrigation est extrêmement varié; on se rappellera que ce degré de complexité dépend du degré d'intégration adopté, ainsi que de la filière technique retenue; en d'autres termes, on peut réduire le degré de complexité technique en diminuant le taux d'intégration, la production sur les lieux, ou en simplifiant la conception du produit et/ou les procédés de fabrication; par contre, on peut accroître la complexité en compliquant tous ces paramètres.

191. D'après ce qui vient d'être exposé, il devient évident que la fabrication de la plupart des composants destinés à l'irrigation

exige des installations très spécialisées, à cause de la mise en oeuvre fréquente de technologies diverses, dont le degré de complexité diffère. Il importe aussi de noter qu'on n'envisagera des installations polyvalentes que s'il n'y a aucune demande de création d'installations spécialisées. En revanche, on devrait prévoir et réaliser une production polyvalente, pour ouvrir l'accès au secteur de la fabrication de composants destinés à l'irrigation. L'entreprise polyvalente doit être considérée comme pôle du développement, d'où la fabrication des produits sera transmise, le moment venu, à de nouveaux établissements spécialisés. La croissance de la demande sur le marché et la maîtrise des techniques dans le cadre de l'entreprise polyvalente forment la base de ces possibilités.

192. Pour mettre sur pied les établissements polyvalents, il faudra souvent recourir à l'appui du gouvernement, afin de protéger l'industrie contre les fournisseurs internationaux travaillant à une très grande échelle et entièrement automatisés, qui ont rationalisé leur prix de revient et qui peuvent offrir le produit à meilleur compte sur le marché.

193. Notons aussi qu'il faut planifier les installations polyvalentes en tenant compte du fait que les divers produits manufacturés doivent posséder certaines caractéristiques dominantes communes; à cet égard, la nature du matériel de production n'est pas le seul facteur pertinent.

194. Dans ces conditions, on suggérera les types suivants d'installations polyvalentes :

- Installations de production de tuyaux et de garnitures, pour servir à plusieurs usages, tels que l'irrigation, l'alimentation en eau et la distribution de l'eau, etc.
- Installations polyvalentes pour la production de pompes, de clapets et d'un matériel agricole léger, tel que machines à décortiquer le riz, déshydrateurs, batteuses, motobèches, etc. Dans ces installations, on pourra aussi planifier la production de systèmes d'irrigation mécanisés.

195. Les deux installations ci-dessus, qui font appel à des techniques de production complètement différentes, peuvent aussi être intégrées pour former une entreprise polyvalente unique, dotée évidemment d'ateliers différents.

196. D'autre part, on pourrait adapter à la production de composants d'irrigation toute installation polyvalente destinée, dans un pays en développement, à la fabrication de biens d'investissement. Cette possibilité mérite, elle aussi, d'être envisagée; pour ce faire, il faudra planifier et exécuter dans le détail les mesures nécessaires d'adaptation de l'entreprise et acquérir les connaissances techniques nécessaires pour la production. Mentionnons ici, à titre d'exemples typiques, l'adaptation de la production de tubes en acier pour fabriquer des tuyaux à raccord rapide (tuyaux d'irrigation), ainsi que l'addition de la production de pompes aux ateliers de fabrication de machines agricoles légères, ainsi que l'achat de toutes les pièces coulées nécessaires.

Rôle des petites et moyennes entreprises dans le transfert des techniques, la formation et le financement

197. Comparées aux grandes entreprises, les petites et moyennes entreprises présentent les avantages suivants :

- Elles peuvent réagir avec plus de souplesse aux possibilités du marché
- Elles sont plus hardies et plus novatrices sur le plan technique et
- Elles tendent à s'en remettre moins aux opérations propres et davantage aux contrats de sous-traitance, ce qui facilite une meilleure intégration dans l'économie locale.

198. Aussi les petites et moyennes entreprises pourraient-elles jouer un rôle de premier plan sous tous les aspects :

- du transfert des techniques
- de la formation et
- du financement.

199. Transfert des techniques. Toutes les formes de transfert des techniques, depuis les coentreprises jusqu'à l'achat pur et simple de techniques et de procédés de fabrication ("know-how") pourront être mises en oeuvre par ces entreprises. Cela est dû au fait qu'elles sont plus souples pour négocier, que les décisions peuvent être prises plus rapidement dans chaque cas, sans trop de règlements ni de contraintes internes, ce qui s'applique de part et d'autre, c'est-à-dire aux pourvoyeurs comme aux acheteurs de techniques.

200. Formation. Par les temps qui courent, la formation est considérée comme élément essentiel de la survie. Pour se familiariser avec la technique, il faut du temps, une bonne planification, ainsi que d'inévitables et longues périodes de formation. Même dans les pays occidentaux, où l'industrialisation est devenue très sophistiquée, les processus d'apprentissage ont été fortement sous-estimés par les utilisateurs et la formation est souvent considérée comme "une chose qui vient après coup". Le transfert international des techniques de fabrication est en plein essor. Ayant à faire face à leurs propres problèmes de populations rurales denses et de maigres ressources en personnel hautement qualifié, les nouveaux-venus parmi les pays en développement doivent donner à la formation l'importance qui lui revient. Des programmes élargis de formation s'imposent aux pays qui en sont encore aux premiers stades du développement.

201. Afin de mettre sur pied certaines industries particulières (p. ex. la fabrication de matériel d'irrigation), il faut des compétences au niveau des individus. La formation de ce personnel va bien plus loin qu'une éducation livresque : il y entre une forte part de formation pratique, tant pour les ingénieurs que pour les ouvriers spécialisés. Les compétences ainsi acquises et transmises " sur le tas", ou par formation spéciale en atelier, constituent une partie importante de la technique à maîtriser par l'entreprise manufacturière. C'est pourquoi il est recommandé d'acquérir les connaissances pratiques (le "know-how"), la technique et la formation spécialisée auprès d'un pourvoyeur unique.

202. A ce propos, il existe un grand nombre de moyennes entreprises, dont certaines sont spécialisées en formation et qui peuvent jouer un

rôle important pour offrir des programmes de cette nature dans chaque domaine spécialisé, à l'intention des pays en développement.

203. En même temps, les petites et moyennes entreprises des pays en développement, désireuses de s'engager dans la production de composants pour l'irrigation, devraient reconnaître dans la formation un élément capital pour la survie, et en acquérir la maîtrise dans le cadre de leurs investissements.

204. Financement. Dans les pays du tiers monde, les contraintes financières forment un obstacle majeur au développement des secteurs industriels en général et de la fabrication de matériel d'irrigation en particulier. Cependant, si l'on tenait compte des priorités et de la corrélation qui existe entre la production du matériel d'irrigation et son rôle pour garantir l'alimentation, on pourrait surmonter les contraintes financières dans la plupart des pays en développement, et choisir une politique et une stratégie appropriées pour la répartition des ressources disponibles.

205. Venant s'ajouter aux ressources financières nationales, presque toutes les institutions internationales de financement, comme la Banque mondiale, la Banque asiatique de développement, etc., voient dans le financement des projets d'irrigation des initiatives hautement prioritaires pour les pays du tiers monde. A cet égard, on pourrait engager des négociations avec ces institutions, en vue d'étendre leur aide financière aux projets de fabrication de matériel destiné à l'irrigation.

206. Parmi les autres possibilités qui s'offrent pour financer l'implantation de la fabrication de matériel d'irrigation dans les pays en développement, on citera :

- a) Le financement à l'exportation, assuré par le pays du fournisseur des machines;
- b) Le financement par des transactions de compensation

La tâche est difficile, mais il existe une foule d'exemples de cette nature pour financer des projets industriels; on pourrait donc exploiter aussi cette possibilité en vue de

financer les projets de fabrication de matériel d'irrigation;

- c) La fourniture des machines et l'achat des produits pour les revendre sur d'autres marchés peuvent également être envisagés entre les fournisseurs qui ont une part aux marchés internationaux, et les fournisseurs des pays en développement, si ces entreprises présentent un avantage manifeste sur le plan de la fabrication. Cette méthode sera toujours appliquée dans le cadre de coentreprises; elle ne se prête qu'à un nombre limité de produits et de pays;
- d) Les transactions "BOT" ("build, operate and transfer", c'est-à-dire "construire, exploiter et transférer"). La méthode s'applique d'habitude aux projets de faible risque et de haute viabilité, tels que les services publics de distribution. Pour faire appel à cette possibilité, il faut que soient garantis pendant une période de durée limitée la demande sur le marché, les impôts et les droits de douane pour l'importation de matériaux et autres facteurs de production, ainsi que l'orientation des prix de vente face aux prix internationaux. Ces conditions doivent être remplies pour rendre de telles transactions intéressantes aux yeux de fournisseurs de machines ou pour les holdings ou sociétés financières qui s'engagent d'habitude dans ce genre de transactions.

207. Le choix d'une des méthodes de financement esquissées ci-dessus ou d'autres méthodes pertinentes se fera, dans chaque cas d'espèce, en évaluant toutes les possibilités de trouver la solution optimale.

VII. OBSTACLES ET BARRIERES QUI ENTRAVENT L'ETABLISSEMENT ET
LE DEVELOPPEMENT DES PROJETS D'IRRIGATION ET/OU DES
INSTALLATIONS DE FABRICATION DU
MATERIEL D'IRRIGATION

Problèmes liés à l'agriculture par irrigation

208. Il est manifeste que les possibilités d'accroître la productivité grâce à l'agriculture par irrigation sont grandes dans les pays en développement, mais les résultats qu'ont obtenus certains systèmes d'irrigation furent profondément décevants. Une irrigation défectueuse a eu des effets négatifs graves, y compris des inondations, des terrains détrempés, des sols à salinité excessive, avec destruction de leur productivité, ainsi que la diffusion de maladies d'origine hydrique et ayant rapport à l'eau. Les agriculteurs dont les terrains sont situés à l'extrémité des canaux d'irrigation reçoivent trop souvent des quantités d'eau insuffisantes, au mauvais moment et à un rythme irrégulier, ce qui les décourage d'adopter des pratiques de culture plus productives. Le rendement des cultures reste faible. L'efficacité de l'irrigation, que définit le pourcentage de l'eau fournie qui parvient aux zones radiculaires, ne dépasse pas en général 30 p. 100, alors que les systèmes d'irrigation bien gérés présentent des efficacités de 60 p. 100 et au-dessus. Il reste encore de grandes possibilités d'accroître la production et de perfectionner l'efficacité du rendement de l'eau.

209. Plusieurs déficiences dans la gestion de l'irrigation sont dues à une planification insuffisante (objectifs trop restreints, manque de réalisme et omission des aspects étrangers à l'irrigation), à des défauts de conception (oubli de la nécessité d'une exploitation souple et d'une formation du personnel sur le tas, ainsi que du drainage), et spécialement à des erreurs d'exploitation et de maintenance. De nombreuses insuffisances qui affectent actuellement la gestion de l'irrigation sont liées à la méthodologie et à des problèmes institutionnels. La bonne gestion de l'irrigation exige une approche et des méthodes multidisciplinaires, mais la spécialisation éloigne de ce but. En particulier, la formation aux travaux

de génie civil et celle des ingénieurs diplômés attachent trop de prestige aux activités de construction, mais négligent et sous-estiment les activités, pourtant capitales, d'exploitation et de maintenance.

210. Les changements institutionnels relèvent de la politique et de la responsabilité nationales, mais un appui venant de l'extérieur peut agir en catalyseur et encourager le changement. Des initiatives sont en cours dans la plupart des pays pour remédier aux insuffisances, mais une souplesse multidisciplinaire est difficile à obtenir dans le cadre des institutions spécialisées existantes.

Obstacles auxquels se heurtent les installations qui fabriquent du matériel d'irrigation

211. Dans la plupart des pays en développement, il existe un ensemble de barrières qui entravent le développement du secteur des biens d'investissement en général et la fabrication du matériel d'irrigation en particulier. La nature de ces obstacles varie d'un pays à l'autre, mais certains d'entre eux sont toujours typiques et exercent un effet négatif sur le développement des installations de fabrication. On tâchera donc de mettre en lumière certains de ces obstacles.

- a) Les dimensions du marché, que l'on évoque d'habitude dans le contexte des économies d'échelle, peuvent être considérées comme obstacle majeur à l'essor de la fabrication du matériel d'irrigation dans les pays en développement. Les marchés régionaux ou communs entre certains pays en développement sont autant de contre-mesures à cet égard;
- b) Les fluctuations de la demande sur les marchés intérieurs, que l'on observe spécialement sur ceux du machinisme agricole en général et du matériel d'irrigation en particulier, sont probablement aussi importantes que les dimensions moyennes du marché même. Aucune industrie ne saurait subsister dans un milieu de hauts et de bas extrêmes. Afin de réduire la probabilité de fluctuations, il peut être utile de planifier avec soin et d'envisager l'idée d'une fabrication polyvalente ou flexible, mais cela n'est pas toujours facile à réaliser, ni à exécuter;

- c) Autre contrainte importante : le manque de capitaux;
- d) Comparés à tous les autres secteurs de l'industrie, les besoins en main-d'oeuvre spécialisée sont les plus importants pour l'industrie des biens d'investissement en général et pour la fabrication du matériel d'irrigation en particulier. La formation d'une main-d'oeuvre spécialisée et semi-spécialisée est une entreprise de longue haleine. Les solutions à court terme ne peuvent pas toujours être réalisées, même si l'on dispose des ressources financières nécessaires;
- e) L'absence d'une infrastructure sociale et technique peut constituer un gros obstacle à la mise sur pied d'installations qui fabriquent du matériel d'irrigation. L'absence de services techniques de base tels que la coulée, le forgeage, le traitement thermique, etc., exige la création de certaines des infrastructures techniques requises pour la fabrication du matériel d'irrigation et d'autres machines agricoles;
- f) La pénurie de matières premières (fer et acier) et d'autres métaux (aluminium), ainsi que l'absence d'industries d'amont (moteurs électriques, production d'engrenages, etc.) risque d'aggraver les goulots d'étranglement, en raison du manque de devises étrangères pour l'importation ou des difficultés que cause l'obtention de permis d'importation.

212. Pour des explications plus détaillées des contraintes qui entravent l'industrialisation dans les pays en développement, nous renvoyons le lecteur aux documents publiés par l'ONU et par d'autres institutions de la famille des Nations Unies. 14/

VIII. STRATEGIES ET POLITIQUES
(ROLE DE LA COOPERATION INTERNATIONALE)

213. L'irrigation n'a pas cessé de gagner en importance dans la civilisation de l'humanité. La plupart des spécialistes de l'irrigation sont convaincus de sa perpétuité, tant qu'elle sera pratiquée intelligemment. La durée des peuples civilisés dépend sans doute de nombreux facteurs, parmi lesquels une agriculture constamment profitable occupe une place de tout premier plan.

214. L'importance de l'irrigation dans le monde actuel a été fort bien décrite par M. N.D. Gulhati (Inde) :

"Dans nombre de pays, l'irrigation est un art ancien, aussi ancien que la civilisation, mais pour le monde entier, elle est une science moderne, la science de la survie".

215. La pression qu'exerce la volonté de survivre et la nécessité de ressources supplémentaires en aliments exigent une expansion rapide de l'irrigation partout de par le monde. Certes, l'irrigation revêt une importance primordiale dans les régions arides de la Terre, mais elle acquiert une signification croissante dans les régions humides.

216. L'expérience acquise pendant ces dernières décennies aux Etats-Unis d'Amérique, ainsi que par les plus grands producteurs de biens économiques agricoles, a montré que l'irrigation des terrains de culture est une mesure efficace pour garantir que les besoins alimentaires du monde continuent à être satisfaits.

217. Environ 250 millions d'hectares de terrains de culture sont irrigués dans le monde entier, spécialement dans les régions arides, lesquelles représentent environ 15 p. 100 du total des terres cultivées. Sur cette fraction relativement restreinte des terrains de culture, on produit approximativement de 30 à 40 p. 100 du total mondial des "nourritures terrestres".

218. Une irrigation efficace et appropriée exige des machines et des matériels très variés. Dans la plupart des pays en développement, l'absence de matériel d'irrigation sur le marché ou son prix très

élevé constituent les principales contraintes qui entravent, pour la plupart des cultivateurs, une bonne application des systèmes d'irrigation. C'est pourquoi il y a lieu, conjointement à d'autres mesures telles que

- l'accès à la terre et aux ressources naturelles,
- l'accès aux moyens de production et aux services,
- l'accès aux canaux de distribution, à la commercialisation, aux primes et aux stimulants du progrès,
- l'accès aux institutions,
- l'accès à l'éducation et à la formation,
- etc.,

de créer les installations nécessaires à la production économique du machinisme agricole essentiel en général et du matériel d'irrigation en particulier.

219. En tant que composants essentiels de l'irrigation moderne, on recommande la production de tuyaux à raccord rapide, en acier galvanisé ou en aluminium.

220. Les tuyaux à raccord rapide et les asperseurs sont les éléments essentiels des systèmes d'irrigation munis d'asperseurs à tuyaux. Ces systèmes fonctionnent sur des terrains très divers; les systèmes à fort coefficient de main-d'oeuvre (portatifs et à la main), de même que les systèmes pleinement mécanisés, tels que l'ensemble compact, sont réalisables, si l'on dispose de tuyaux à raccord rapide et d'asperseurs. Les systèmes d'aspersion à tuyaux se prêtent aux programmes d'irrigation à petite échelle; ils sont donc extrêmement précieux pour un grand nombre de pays en développement.

221. Les tuyaux à raccord rapide sont fabriqués dans des ateliers de tuyauterie; les tubes en acier sont produits par E.R.W. (soudure à résistance électrique) et les tubes en aluminium par des procédés de soudure non ferreux. Le diamètre des tuyaux (50 à 220 mm) et l'épaisseur requise de la paroi, ainsi que sa résistance à l'eau pressurisée, exigent des ateliers de tuyauterie de conception spéciale.

222. Pour la fabrication de raccords et d'autres garnitures nécessaires, il faut des opérations d'atelier normalisées telles que le coupage, le

pressage, l'usinage, la soudure, l'assemblage, etc., qui pourraient être exécutées dans des installations polyvalentes de manufacture de biens d'investissement. Pour fabriquer des asperseurs, il faut des installations de coulée en coquille de métaux non ferreux.

223. Dans la plupart des pays en développement, on trouve facilement un personnel qualifié et expérimenté pour les travaux d'atelier mentionnés ci-dessus. Les ouvriers spécialisés ne doivent acquérir que les détails de la conception et de la fabrication de ces systèmes.

224. On peut recommander à un grand nombre de pays en développement la production de composants de systèmes d'irrigation par percolation. Le procédé de fabrication est assez simple et il suffit de peu de temps pour en acquérir la maîtrise.

Politique et stratégie au niveau des gouvernements

225. Pour réaliser des installations de fabrication de matériel destiné à l'irrigation dans les pays en développement, on envisagera les mesures politiques et stratégiques ci-après, au niveau des gouvernements :

- a) Donner son appui à une étude systématique des terrains agricoles et des possibilités d'appliquer les divers systèmes d'irrigation;
- b) Sur la base desdites études, solidement étayées et détaillées, procéder à l'estimation du marché potentiel et du marché réel des composants et du matériel destinés à l'irrigation, ainsi qu'à des prédictions à court et à long terme dans ce domaine;
- c) Donner son appui à l'élaboration d'études de faisabilité détaillées, concernant la fabrication des composants de l'irrigation déterminés au cours de l'étude de marché mentionnée sous b). Grâce à ces études de faisabilité, on pourra étudier et comparer les diverses techniques de production, ainsi que la réalisation d'installations polyvalentes, et choisir ensuite la meilleure solution.

226. Une importance particulière reviendra à l'élaboration d'une stratégie et de politiques gouvernementales visant à promouvoir les projets de fabrication du matériel d'irrigation. Ces politiques de promotion devront comporter les stimulants nécessaires pour que le secteur privé investisse dans la fabrication du matériel d'irrigation. Parmi ces mesures de promotion, on relèvera :

- L'exonération d'impôts et la franchise de droits pour l'importation de machines et d'installations manufacturières;
- L'exonération d'impôts et la franchise de droits pour l'importation de matières premières et de moyens de production;
- L'exonération fiscale temporaire d'impôt sur le revenu (pendant 5 ans au moins);
- Des mesures protectionnistes gouvernementales, telles que le prélèvement de droits de douane et d'autres droits à l'importation pour les composants destinés à l'irrigation déjà fabriqués dans le pays, etc.;
- Des prêts assortis de conditions libérales pour la réalisation de projets de fabrication du matériel d'irrigation;
- etc.

227. Appui donné à la recherche et au développement en matière d'irrigation en général, ainsi que de matériel et de systèmes d'irrigation adaptés aux conditions locales en particulier. Pour la réalisation d'un projet quel qu'il soit, participation de bureaux d'études techniques et d'ingénieurs - conseils locaux et coopération avec ces groupes, depuis la phase initiale jusqu'après le parachèvement du projet.

228. Choix d'une méthode appropriée de réalisation du projet, ce qui signifie confier à une équipe de gestion et d'ingénierie du projet l'ensemble des travaux d'ingénierie de base et de détail. Toutes les pièces du matériel et toutes les disciplines relevant du contrat feront l'objet d'un appel d'offres. En d'autres termes, on évitera la méthode d'exécution du projet clefs en main. La méthode que nous proposons

pour l'exécution du projet est certes plus difficile que la méthode clefs en main, et elle exige des compétences plus poussées pour la mettre en oeuvre, mais d'autre part, elle est la seule méthode concevable qui permette aux ingénieurs locaux d'apprendre en cours d'emploi comment concevoir, effectuer et surveiller l'exécution du projet. Ce système garantit en outre que le client garde le contrôle des divers aspects de son installation; il assure aussi l'acquisition de l'offre la plus concurrentielle pour chaque élément du projet, sans aucune majoration de prix de la part d'un quelconque adjudicataire. Le système évite le principal inconvénient des contrats clefs en mains : la perte du contrôle des aspects intéressants de la conception et de l'aménagement, pour quiconque n'entend pas se soumettre à des modifications de prix non réglementées par la discipline des appels d'offres.

Politique et stratégie au plan international

229. La notion du "monde qui est un" ("one world") n'a rien de nouveau. "La Terre vaisseau spatial" est une métaphore acceptée au sein de la famille des Nations Unies. En 1980, la communauté des nations a adopté une stratégie internationale du développement qui reflète la prise de conscience de l'interdépendance essentielle et universelle entre les peuples du monde. Dans cet esprit, l'appel aux ressources de la coopération internationale, en vue d'assurer une réalisation couronnée de succès de la fabrication de composants pour l'irrigation, constituera un des nombreux bons exemples de la coopération internationale. Voici les principaux domaines de cette coopération :

- a) Assistance en capitaux et assistance technique. Ce type d'assistance aux pays en développement, sur les plans multilatéral et bilatéral, forme désormais une partie intégrante du cadre international dans lequel évolue l'agriculture, et elle jouera un rôle déterminant pour la modernisation de l'agriculture dans le tiers monde. Sur ce plan, il est possible et avantageux pour les pays en développement de faire appel à une certaine aide étrangère afin de mettre sur pied la fabrication de matériel agricole en général et de matériel servant à l'irrigation en particulier;

- b) Recherche en matière de techniques et transfert de celles-ci. En vue d'assurer à long terme la croissance voulue de la productivité agricole, croissance qui dépend de l'irrigation et de la mise en oeuvre du matériel prévu à ces fins, on doit recourir, entre autres, aux innovations techniques. En matière d'irrigation, la recherche et la mise au point des techniques qui en découlent dépendent dans une large mesure des particularités régionales et se feront donc dans le pays concerné, souvent en fonction des particularités régionales, mais elles doivent être intégrées et faire l'objet d'une fécondation croisée sur le plan international;
- c) Les coentreprises pour la production de matériel d'irrigation constituent un bon moyen de promotion de pareils projets;
- d) La coopération à l'échelle régionale entre un certain nombre de pays en développement est une excellente contre-mesure permettant de parer à l'absence d'une demande suffisante pour faire démarrer une production rentable du matériel d'irrigation dans certaines zones;
- e) Les transactions de compensation ("barter deals") pour assurer le financement des projets relatifs au matériel d'irrigation.

Notes

1/ Milos Hojy, Bewässerungswirtschaft, 14 Jahrgang, 1. Heft, avril 1979.

2/ Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), "La qualité de l'eau en agriculture" (Bulletin FAO d'irrigation et de drainage, n° 29), Rome 1976.

3/ G. Garbrecht, Bewässerungswirtschaft, 14 Jahrgang, I. Heft, avril 1979.

4/ Bewässerungswirtschaft, page 110, 14. Jahrgang, I. Heft, avril 1979.

5/ Eaton et Harding, 1959.

6/ Hagan, Haise et Edminster, "Irrigation of agricultural land", Agronomy n° II, 1967, Madison, Wisconsin, Etats-Unis.

7/ FAO, "Les besoins en eau des cultures" (Document FAO n° 24).

8/ Beckett et Robinson, "Irrigation of agricultural land", Agronomy n° II, 1967, Madison, Wisconsin, Etats-Unis.

9/ "Irrigation of agricultural land", Agronomy n° II, 1967, Madison, Wisconsin, Etats-Unis.

10/ Carter et Hartwig, 1962; ibid.

11/ Whit et Van Bavel, 1955; Herpich, 1963; ibid.

12/ Marr et Hemphill, 1928; Eric, 1963; ibid.

13/ Harris et Hawkins, 1942; Beckett et Dunstee, 1932; ibid.

14/ Centre des Nations Unies pour la science et la technique au service du développement, "Statistical survey of endogenous capacities in science and technology for development", mai 1983.

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI), "Production de biens d'équipement électrique dans les pays en voie de développement. Analyse de onze monographies de pays". Documents de travail sectoriels n° 25 (UNIDO/IS. 507 et UNIDO/IS.597/Add.1) et n° 26 (UNIDO/IS.509), 1985.

"Methodology for analysis of obstacles and their remedies in technology transfer in the Arab region" (E/ECWA/NR/SEM.3/BO.5), 1981.