

BIBLIOTHÈQUE DE L'INSTITUT DE TOPOMÉTRIE  
DU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

. . 66 / 30091

# IRRIGATION

3 JUIL. 1987 les réseaux d'irrigation  
théorie, technique  
et économie des arrosages

par

**Charles OLLIER**

*Ancien élève de l'École  
Polytechnique  
Ingénieur en Chef du Génie rural  
des Eaux et des Forêts  
Directeur Départemental  
de l'Agriculture*

et

**Maurice POIRÉE**

*Ingénieur Agronome  
Inspecteur général des Eaux  
et du Génie Rural*

5<sup>e</sup> ÉDITION

mise à jour et augmentée



**EYROLLES**

61, Boulevard Saint-Germain - 75005 PARIS

1981

F 75 213

## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION .....	7
CHAPITRE PRÉLIMINAIRE. — L'irrigation, facteur de prospérité	
I. Définition de l'irrigation .....	19
1. La vie et l'eau. — 2. L'irrigation.	
II. Les irrigations dans l'Histoire .....	21
1. L'antiquité : a) La Chine ; b) L'Inde ; c) L'Assyrie et la Perse ; d) L'Égypte ; e) Les pays arabes. — 2. Les temps modernes. — 3. L'époque contemporaine : a) L'Inde et l'Égypte ; b) L'Espagne et l'Italie ; c) La France. — 4. La situation actuelle. — 5. L'expérience de l'histoire et l'avenir de l'irrigation.	
III. Les différents problèmes posés par l'irrigation .....	25
1. Objectif et rôle du présent ouvrage. — 2. Le plan de l'ouvrage.	
ANNEXE : Développement de l'irrigation dans le monde .....	27

### PREMIÈRE PARTIE

#### LES RESEAUX D'IRRIGATION

##### CHAPITRE PREMIER. — Origine des eaux d'irrigation

I. Notions fondamentales .....	31
1. Les eaux d'irrigation : a) Quantité d'eau nécessaire ; b) Qualités des eaux. — 2. Les diverses origines de l'eau.	
II. Prises d'eau en rivière .....	33
1. Notions générales : a) Définition ; b) Classification. — 2. Prises directes : a) Conditions d'établissement ; b) Réalisation. — 3. Prises d'eau avec barrages : a) Notions générales ; b) Instructions officielles régissant les prises d'eau avec barrages ; c) Prises intermittentes. — 4. Autorisation administrative pour l'installation d'une prise d'eau.	
III. Eaux souterraines .....	45
1. Généralités. — 2. Captage des nappes des vallées fluviales : a) L'écoulement souterrain des vallées fluviales ; b) Captage des nappes sous-fluviales. — 3. Captage des nappes phréa-	

<i>tiques</i> : a) Caractéristiques de ces nappes ; b) Captage par galeries filtrantes ; c) Captage par puits. — 4. <i>Captage des nappes profondes</i> . — 5. <i>Captage des sources</i> : a) Généralités ; b) Sources de déversement ou d'affleurement ; c) Sources d'émergence ; d) Moyens d'accroître et de régulariser le débit des sources.	
IV. <i>Les eaux ruisselantes</i> .....	60
1. <i>Intérêt et principe de la mobilisation des eaux ruisselantes</i> . — 2. <i>Quantité d'eau disponible pour l'irrigation</i> .	
V. <i>Un exemple complexe</i> .....	62
1. <i>Les coteaux de Gascogne</i> . — 2. <i>Les ressources en eau de la France</i> .	
CHAPITRE II. — Conception générale des réseaux d'irrigation	
I. <i>Généralités</i> .....	65
1. <i>Les divers aspects de l'irrigation</i> . — 2. <i>Périmètre dominé, irrigable, irrigué</i> . — 3. <i>Rôle et fonctions d'un réseau d'irrigation</i> .	
II. <i>Schéma d'un réseau d'irrigation</i> .....	68
1. <i>L'amenée des eaux ; la « tête morte »</i> : a) Position du problème ; b) Les diverses conceptions. — 2. <i>La répartition — Conduites de divers ordres</i> : a) Nature du réseau de répartition ; b) Les réseaux classiques ; c) Les réseaux modernes sous pression ; d) Les réseaux miniatures des lacs collinaires. — 3. <i>La colature</i> .	
III. <i>Les éléments des réseaux</i> .....	75
1. <i>Les canaux</i> : a) Caractéristiques techniques générales des canaux d'irrigation ; b) Pertes d'eau dans les canaux — Revêtements. — 2. <i>Les canalisations sous pression</i> : a) Caractères généraux ; b) Différentes natures de tuyaux ; c) Les réservoirs d'équilibre. — 3. <i>Les stations élévatoires</i> : a) Machines anciennes ; b) Eléments d'une station de pompage ; c) Disposition générale d'une station de pompage. — 4. <i>Le calcul des réseaux</i> .	
IV. <i>Analyse succincte de quelques réseaux</i> .....	99
1. <i>Deux réseaux anciens</i> : a) Le canal principal de Pierrelatte ; b) Le canal principal de Carpentras. — 2. <i>Un projet moderne : l'aménagement hydraulique de la région du Bas-Rhône et du Languedoc</i> : a) Caractères généraux ; b) Caractéristiques de la zone est ; c) Caractéristiques de la zone ouest ; d) Le réseau de distribution. — 3. <i>Un projet moderne : le réseau du Sefid-Roud en Iran</i> . — 4. <i>Conclusion</i> .	
CHAPITRE III. — Ouvrages d'art et appareils des réseaux d'irrigation	
I. <i>Généralités</i> .....	113
II. <i>Ouvrages d'art sur le canal principal et les canaux secondaires et tertiaires</i> .....	113
1. <i>Ouvrages accessoires de l'ouvrage principal de prise</i> : a) Vannes de prise ; b) Déversoir de superficie ; c) Dessa-	

bleurs ; d) Appareils de jauge. — 2. *Souterrains*. — 3. *Ponts-canaux ou ponts-bâches*. — 4. *Siphons inversés*. — 5. *Ouvrages divers de franchissement*. — 6. *Evacuation des eaux de ruissellement*.

III. *Partiteurs* ..... 126  
 1. *Rôle et principe* : a) Rôle ; b) Principe. — 2. *Différents types de partiteurs* : a) Partiteur fixe ; b) Partiteurs mobiles ; c) Partiteurs à déversoir ; d) Vannes fonctionnant comme partiteurs.

IV. *Prises et ouvrages annexes* ..... 129  
 1. *Généralités* : a) Rôle de la prise ; b) Disposition générale. — 2. *Prises proprement dites*. — 3. *Dispositifs régulateurs*. — 4. *Modules* : a) Généralités ; b) Types anciens : modules italiens et modules espagnols ; c) Modules à masque. — 5. *Les bornes d'irrigation*.

V. *Ouvrages divers sur les canaux* ..... 143  
 1. *Ouvrages de décharge et de vidange*. — 2. *Chutes et rapides*.

VI. *Réservoirs d'irrigation* ..... 146  
 1. *Les grands réservoirs de régulation saisonnière*. — 2. *Les lacs collinaires* : a) Généralités ; b) Etudes préliminaires à l'aménagement ; c) Etablissement du projet de la digue ; d) Construction de la digue. — 3. *Petits réservoirs d'irrigation* : a) Généralités ; b) Différents types de petits réservoirs.

DEUXIEME PARTIE

LA THEORIE DES ARROSAGES

CHAPITRE IV. — Nécessité et effets des irrigations

I. *Les besoins en eau des plantes cultivées* ..... 157  
 1. *Les phénomènes vitaux chez les plantes* : a) Phénomènes essentiels ; b) Echanges aériens ; c) Echanges avec le sol. — 2. *L'eau dans la plante* : a) Eau de constitution ; b) Eau de végétation. — 3. *Expression de la consommation en eau* : a) Consommation absolue ; b) Variation de la consommation ; c) Consommation globale ; d) Répartition de la consommation en eau au cours des mois. — 4. *Evaluation des besoins en eau ; l'évapo-transpiration* : a) Tendances des observations et mesures actuelles ; b) Définitions ; c) Les facteurs de l'évapo-transpiration ; d) Evapo-transpiration et besoin des cultures ; le coefficient cultural ; e) Calcul de l'évapo-transpiration potentielle.

II. *Nécessité des irrigations* ..... 181  
 1. *Les disponibilités en eau du sol comparées aux besoins des plantes, étude empirique, étude expérimentale* : a) Le rôle régulateur du sol en eau et ses disponibilités ; b) Comparaison avec les besoins des plantes. — 2. *Etude rationnelle du déficit en eau* : a) Le déficit pluviométrique ; b) La réserve utilisable ; le déficit agricole ; c) L'analyse fréquentielle des besoins en eaux d'appoint ; d) Méthode graphique d'analyse

fréquentielle. — 3. *Moyens de remédier à l'insuffisance des précipitations* : a) Façons culturales ; b) Fumures organiques ; c) Récupération locale des eaux de ruissellement ; d) Dry-farming ; e) Pluie artificielle ; f) L'irrigation.

III. *Effets secondaires et classification des irrigations* ..... 199

1. *Effets secondaires* : a) Aération ou action oxydante des eaux et épuration du sol ; b) Apport de matières fertilisantes ; c) Action calorifique des eaux d'irrigation. — 2. *Classification générale des irrigations* : a) Irrigations humectantes ou de fraîcheur ; b) Irrigations fertilisantes.

CHAPITRE V. — Les rapports du sol et de l'eau

I. *Généralités* ..... 207

II. *Analyse mécanique d'un sol* ..... 208

1. *Constitution d'une terre*. — 2. *Classification des particules*. — 3. *Méthodes d'analyse mécanique des sols*. — 4. *Résultats de l'analyse mécanique* : a) Résultats numériques pour quelques sols ; b) Interprétation graphique.

III. *Porosité* ..... 213

1. *L'architecture d'un sol ; définition de la porosité*. — 2. *Détermination expérimentale de la porosité* : a) Principe ; b) Méthodes expérimentales ; c) Valeur de la porosité pour quelques sols. — 3. *L'atmosphère et l'eau du sol*.

IV. *Rétention de l'eau par le sol* ..... 217

1. *L'humidité d'un sol* : a) Mesure au laboratoire ; b) Mesure sur le sol en place ; c) Expression des résultats. — 2. *Analyse expérimentale de la rétention de l'eau* : a) Faits expérimentaux ; b) Valeurs remarquables de l'humidité du sol ; c) L'humidité équivalente. — 3. *Les divers modes de rétention de l'eau par le sol* : a) Les forces qui agissent sur l'eau ; b) L'eau d'hygroscopicité ; c) L'eau de capillarité ; d) L'eau de saturation (ou de gravitation).

V. *Circulation de l'eau dans le sol* ..... 231

1. *Les déplacements de l'eau dans le sol. Les différents cas*. — 2. *Circulation de l'eau de gravitation* : a) Notion de perméabilité. Loi de Darcy ; b) Détermination de la vitesse de filtration ; c) Résultats des mesures de perméabilité. — 3. *Diffusion capillaire* : a) Notions générales ; b) Processus de dessèchement du sol.

CHAPITRE VI. — Les principes fondamentaux de l'irrigation.  
Facteurs naturels et éléments pratiques des arrosages

I. *Éléments de base pour l'étude d'un projet d'irrigation* ..... 250

II. *Le débit caractéristique d'arrosage* ..... 251

1. *Notion de débit caractéristique* : a) Variation des besoins journaliers ; b) Définition du débit caractéristique ; c) Recherche du débit caractéristique optimal. — 2. *Valeurs pratiques du débit caractéristique*.

<p>III. <i>La dose d'arrosage</i> .....</p> <p style="padding-left: 20px;">A. <i>Le sol, réservoir d'irrigation</i> : 1° Le sol, réservoir naturel ; 2° L'eau disponible pour les plantes. — B. <i>Détermination de la dose d'arrosage</i> : 1° La dose maximale d'arrosage ; 2° Intérêt et valeur de la dose maximale ; 3° La dose pratique ; la dose, réelle.</p> <p>IV. <i>Les caractéristiques pratiques de l'arrosage</i> .....</p> <p style="padding-left: 20px;">A. <i>Les données de la nature et les facteurs pratiques</i> : 1. La limitation du choix des conditions de l'arrosage ; 2. Les modes usuels de déversement de l'eau sur le sol ; 3. Notations. — B. <i>Etude des facteurs pratiques</i> : 1° L'espacement des arrosages ; 2° Débit pratique d'arrosage : module ou main d'eau ; 3° L'unité parcellaire d'arrosage ; 4° La durée théorique de l'arrosage. — C. <i>Les relations fondamentales</i> : 1° Tableau général ; 2° Exemple pratique d'application.</p>	<p>256</p> <p>262</p>
<p>CHAPITRE VII. — La distribution des eaux d'irrigation. Les bases du calcul des réseaux</p>	
<p>I. <i>Généralités</i> .....</p> <p>II. <i>Le débit de la tête morte (débit de dérivation)</i> .....</p> <p style="padding-left: 20px;">1. <i>Importance du débit de dérivation</i>. — 2. <i>Débit de dérivation constant</i>. — 3. <i>Détermination empirique du débit de dérivation</i>. — 4. <i>Détermination rationnelle du débit de dérivation</i> : a) Données de base ; b) Pays de monoculture. Différence de phase ; c) Pays de polyculture ; d) Régions arides. Le « block system ».</p> <p>III. <i>La distribution</i> .....</p> <p style="padding-left: 20px;">1. <i>Les diverses méthodes</i>. — 2. <i>La distribution continue</i> : a) Principe ; b) Avantages ; c) Arrosage pratique des parcelles. — 3. <i>La distribution par rotation</i> : a) Principe ; b) Rotation sur la rigole de distribution ; c) Rotation sur le canal tertiaire ; d) Rotation sur le canal principal ; e) Un exemple : l'Égypte ; f) Inconvénients et critique du « tour d'arrosage ». — 4. <i>La distribution à la demande</i>.</p> <p>IV. <i>Débit des conduites de distribution</i> .....</p> <p style="padding-left: 20px;">1. <i>Distribution par rotation</i>. — 2. <i>Distribution à la demande</i> : a) Méthode générale de calcul ; b) Bases du calcul ; c) Formule pratique ; d) Valeurs normales des paramètres ; e) Augmentation relative du débit ; f) Généralisation de la méthode de M. Clément. — 3. <i>Exemples de calcul comparatif d'un réseau</i> : a) Données générales ; b) 1<sup>er</sup> cas : distribution par rotation ininterrompue ; c) 2<sup>e</sup> cas : distribution à la demande ; d) Conclusion.</p> <p>V. <i>La régulation des canaux</i> .....</p> <p style="padding-left: 20px;">1. <i>Les deux modes de régulation</i>. — 2. <i>La technique de la régulation par l'aval</i>. — 3. <i>Les tendances actuelles</i>. — 4. <i>Une méthode d'avenir</i> : « La régulation globale dynamique ».</p>	<p>279</p> <p>280</p> <p>286</p> <p>297</p> <p>307</p>

TROISIEME PARTIE

LA TECHNIQUE DES ARROSAGES

CHAPITRE VIII. — Classement des techniques d'arrosage

I. Généralités .....	317
II. Systèmes et sous-systèmes d'arrosage .....	317
1. Les cinq classes de systèmes d'arrosage : a) L'irrigation par ruissellement ; b) L'irrigation par submersion ; c) L'irrigation par infiltration ; d) L'irrigation par aspersion. —	
2. Sous-systèmes d'arrosage : a) Irrigation par ruissellement (ou déversement) ; b) Irrigation par submersion ; c) Irrigation par infiltration ; d) Irrigation par aspersion. —	
3. Les systèmes naturels et les systèmes artificiels. e) Micro-irrigation	

CHAPITRE IX. — Irrigation par ruissellement ou par déversement

I. Notions générales .....	321
1. Définition. — 2. La planche de ruissellement.	
II. Etude théorique du ruissellement .....	323
1. Les facteurs principaux : 1° Vitesse de ruissellement ; 2° Débit unitaire de ruissellement. — 2. Les relations fondamentales : a) Forme de la nappe ruisselante ; b) Vitesse en un point déterminé de la nappe ; c) Temps de ruissellement. — 3. Les conditions de l'arrosage par ruissellement : a) Position du problème ; b) Détermination de la longueur de la planche, d'après M. CREVAT ; c) Discussion de la théorie de M. CREVAT ; d) Méthode pratique.	
III. Généralités sur les diverses méthodes d'arrosage par ruissellement .....	339
IV. Méthodes naturelles .....	339
A. Arrosage par planches et par calants : 1° Arrosage à la planche ; 2° Arrosage par calants provençaux. — B. Arrosage par rigoles de niveau : 1° Principe ; 2° Etablissement d'un réseau d'arrosage ; 3° Distribution de l'eau ; 4° Avantages et inconvénients de l'arrosage par rigoles de niveau. — C. Arrosage par rases : 1° Principes ; 2° Disposition des rigoles d'arrosage et de colature ; 3° Distribution de l'eau.	
V. Méthodes artificielles .....	348
A. Irrigation par plans inclinés : 1° Plans inclinés ordinaires ; 2° Plans inclinés en étages ; 3° Plans inclinés en étages naturels. — B. Système d'arrosage par ados : 1° Ados ordinaires artificiels ; 2° Ados naturels ; 3° Inconvénients des ados.	

CHAPITRE X. — Irrigation par submersion

I. Principe et théorie .....	357
1. Définition. — 2. Principes d'aménagement du terrain. —	
3. Dimensions des bassins de submersion. — 4. Submersion avec écoulement continu.	
II. Les systèmes d'arrosage par submersion .....	361
1. Submersion naturelle. — 2. Submersion artificielle simple. —	
3. Submersion artificielle avec écoulement continu.	
III. Aspects pratiques de l'arrosage par submersion .....	364
1. Aménagement des bassins. — 2. Avantages et inconvénients de l'irrigation par submersion. — 3. Aperçu sur la submersion pratiquée dans les vallées de quelques grands fleuves.	

CHAPITRE XI. — Irrigation par infiltration

I. Généralités .....	369
1. Notions préliminaires. — 2. Règles pratiques générales :	
a) Durée de l'arrosage ; b) L'espacement des rigoles ; c) Influence de la nature du sol ; d) Profil en travers des rigoles. —	
3. Avantages et inconvénients du système.	
II. Les différents systèmes d'irrigation par infiltration .....	373
A. Irrigation par rigoles ouvertes superficielles. 1° Caractères généraux de cette méthode ; 2° Etude des différentes dispositions ; 3° Alimentation des rigoles par conduites souterraines (méthode californienne) ; 4° Analyse des pertes d'eau ; méthode des deux débits. — B. Méthodes d'irrigation	
3° Irrigation par drains. — C. L'irrigation localisée (ou micro-irrigation).	

CHAPITRE XII. — Irrigation par aspersion

I. Caractéristiques générales .....	380
1. Définition. — 2. Avantages de l'aspersion : a) Elle ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer ; b) Elle peut être employée quelle que soit la nature du sol arrosé ; c) Elle provoque une forte oxygénation de l'eau ; d) Elle réalise une importante économie d'eau. — 3. Inconvénients de l'aspersion : a) Inconvénient majeur ; b) Elle favoriserait l'évaporation ; c) Elle provoquerait le développement des mauvaises herbes ; d) Choix judicieux des époques d'irrigation ; e) L'aspersion tasserait le sol.	
II. Etude technique de l'irrigation par aspersion .....	393
A. Installations fixes et installations mobiles : 1° L'appareil de pompage ; 2° Les conduites sous pression ; 3° Les appareils qui projettent et répartissent. — B. Les données théoriques de l'aspersion : Rappel des données fondamentales. —	

C. *Etude des éléments d'une installation* : 1° Pompes ;  
2° Canalisations ; 3° Appareils d'aspersion.

<b>III. Organisation d'une irrigation par aspersion</b> .....	411
1. <i>Principes généraux d'une organisation au jet</i> : a) Dispositions d'ensemble ; b) Répartition de l'eau ; c) Lutte contre le gel, par aspersion ; d) Arrosages fertilisants et purinages.	
— 2. <i>Etude sommaire de quelques projets</i> : A) Exemple n° 1 ; B) Exemples n° 2 ; C) Exemple n° 3. — 3. <i>Machines à irriguer pour grande culture</i> : a) Les canons automoteurs ; b) Les rampes à translation ; c) Les tourniquets géants ; d) Les machines tournantes pivotant autour d'une extrémité.	
<b>CHAPITRE XIII. — Micro-irrigation (ou irrigation localisée)</b>	
<b>I. Généralités</b> .....	438
1. <i>Définition - Principe - Origine.</i> — 2. <i>Dispositions générales.</i> — 3. <i>Avantages et inconvénients.</i> — 4. <i>Schéma-type d'un réseau.</i> — 5. <i>Nécessité d'une filtration - Les filtres.</i>	
<b>II. Systèmes de distribution de l'eau : rampes, gaines, goutteurs</b> ..	450
1. <i>Les différents systèmes.</i> — 2. <i>Caractéristiques et qualités des goutteurs.</i>	
<b>III. Caractéristiques techniques. — Les paramètres de la micro-irrigation</b> .....	459
1. <i>Fraction de sol P à humidifier.</i> — 2. <i>Dose d'arrosage.</i> — 3. <i>Besoins quotidiens en eau.</i> — 4. <i>Fréquence des arrosages.</i> — 5. <i>Durée d'un arrosage.</i> — 6. <i>Calcul d'un projet.</i>	
<b>IV. Conduite de l'arrosage. — Automatisation</b> .....	469
1. <i>Etablissement d'un programme d'arrosage.</i> — 2. <i>Automatisation.</i>	

## QUATRIEME PARTIE

### L'ECONOMIE DES ARROSAGES

CHAPITRE XIV. — *Etude économique-financière des irrigations*

<b>I. Examen général du problème</b> .....	475
1. <i>La meilleure utilisation de l'eau.</i> — 2. <i>Les deux conceptions possibles d'un projet d'irrigation</i> : a) L'irrigation, amélioration foncière agricole ; b) L'irrigation, équipement indispensable à la mise en valeur d'un pays neuf.	
<b>II. Principes généraux d'étude financière d'une irrigation</b> .....	483
1. <i>Généralités.</i> — 2. <i>Schéma d'étude financière d'un projet d'irrigation</i> : a) Dépenses de premier établissement ; b) Charges annuelles collectives ; c) Compte annuel d'une entreprise d'irrigation ; d) Mode de vente de l'eau ; e) Dépense annuelle réelle pour un irrigant ; f) Un exemple.	
<b>III. Conclusion</b> .....	492
<b>BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE</b> .....	497
<b>INDEX ALPHABÉTIQUE</b> .....	499