

République du Niger



Fraternité – Travail – Progrès



**REPUBLIQUE DU NIGER**

**Ministère du Plan**

-----  
Programme Nigéro – Allemand de Promotion  
de l'Agriculture Productive

**PromAP**

**Composante 2**



Consultants International

# MODULE DE FORMATION :

## IRRIGATION AU GOUTTE A GOUTTE



**Version finale**

**Janvier 2019**

## Table des matières

<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>3</b>
<b>LISTE DES IMAGES.....</b>	<b>3</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
<b>I. GENERALITES SUR L'IRRIGATION .....</b>	<b>7</b>
1.1. DEFINITION .....	7
1.2. REGLE D'OR EN IRRIGATION.....	7
1.3. QUESTIONS FONDAMENTALES EN IRRIGATION .....	8
1.4. FACTEURS INFLUENÇANT LE REGIME D'IRRIGATION .....	8
1.5. CONDUITE DES IRRIGATIONS.....	8
<b>III. AVANTAGES ET LIMITES GOUTTE A GOUTTE.....</b>	<b>12</b>
3.1. AVANTAGES.....	12
3.2. LIMITES.....	14
<b>IV. DESCRIPTION DU SYSTEME GOUTTE A GOUTTE.....</b>	<b>16</b>
4.1. DESCRIPTION DES ELEMENTS DU SYSTEME GOUTTE A GOUTTE.....	17
4.2. LES ACCESSOIRES DE CONTROLE ET DE SURVEILLANCE.....	19
4.3. LES APPAREILS D'INJECTION DE PRODUITS CHIMIQUES.....	21
<b>V. TYPES, STRUCTURE, FONCTIONNEMENT ET PROPRIETES DES GOUTTEURS .....</b>	<b>22</b>
5.1. INSTALLATION DES POINTS D'EAU LE LONG DES RAMPES LATERALES.....	22
5.2. TYPES DE RAMPES LATERALES .....	23
5.3. STRUCTURE ET CARACTERISTIQUES DU CIRCUIT D'EAU .....	23
5.4. POSITION SUR LA RAMPE LATERALE .....	24
<b>VI. DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU GOUTTE A GOUTTE .....</b>	<b>26</b>
6.1. CALCUL DES BESOINS EN EAU DE LA TOMATE.....	26
6.2. PRINCIPES DE BASE DE LA PLANIFICATION D'UN RESEAU DE GOUTTE-A-GOUTTE.....	32
<b>VII. MONTAGE D'UN SYSTEME D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE A FAIBLE PRESSION .....</b>	<b>35</b>
<b>VIII. COUT D'INSTALLATION D'UN SYSTEME GOUTTE A GOUTTE A FAIBLE PRESSION.....</b>	<b>42</b>
<b>IX. GESTION ET CONTROLE DE L'IRRIGATION .....</b>	<b>43</b>
<b>X. INSTALLATION D'UN SYSTEME D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTE .....</b>	<b>45</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>51</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Avantages et inconvénients du goutte à goutte.....	15
Tableau 2 : Caractéristiques du système goutte à goutte à faible pression.....	30

## Liste des images

Image 1 : Humidification du sol par le goutteur .....	9
Image 2 : Vue d'un champ irrigué au goutte à goutte en Israël .....	10
Image 3 : Eléments de régulation, filtrage et fertigation .....	17
Image 4 : Humidification par les goutteurs par point source (gauche) et par ligne source (droite).....	22
Image 5 : Goutteur barbé laminaire interne ("Netafim") et goutteur turbulent intégré ("Drip-In") .....	23
Image 6 : Goutteurs externes (Netafim).....	24
Image 7 : Station synoptique pour la détermination de l'ETo .....	26
Image 8 : Trois types de goutteurs      Figure 12 : Performances du goutteur « rouge »	28
Image 9 : Dispositif du système goutte à goutte à faible pression.....	30
Image 10 : Caractéristiques du système goutte à goutte à faible pression.....	30
Image 11 : Réservoir d'un système d'irrigation goutte à goutte.....	41
Image 12 : Système de distribution (tuyaux d'irrigation).....	41
Image 13 : Coupe du réseau principal et réseaux secondaires.....	45
Image 14 : Perçage des lignes des goutteurs à l'intervalle de 50 cm entre le réseau secondaire.....	46
Image 15 : Raccordements des réducteurs qui relie le réseau principal au réseau secondaire.....	46
Image 16 : Pose des réducteurs avec le perceur.....	46
Image 17 : Fixation des lignes de goutteurs sur le réseau de 5,10 m avec des piquets en bois .....	47
Image 18 : Vue d'ensemble de l'emplacement des goutteurs et du réservoir .....	48
Image 19 : Dispositif de tête du réseau .....	48
Image 20 : Raccordement des tuyaux de passage d'eau dans chaque réseau principal .....	49
Image 21 : Etape finale de l'installation du réseau goutte à goutte .....	49
Image 22 : Essai du réseau goutte à goutte avec 100 litres d'eau. ....	50

## Liste des figures

Figure 1 : Bulbe humidifié par le goutteur selon le type de sol .....	10
Figure 2 : Différents types de goutteurs.....	11

Figure 3 : Type de goutteurs en fonction de la pression .....	11
Figure 4 : Système d'irrigation goutte à goutte .....	16
Figure 5 : Schéma simplifié d'irrigation au goutte-à-goutte .....	18
Figure 6 : Configuration type d'un système d'irrigation au goutte-à-goutte.....	19
Figure 7 : Dispositifs de sécurité d'un schéma d'irrigation goutte à goutte .....	20
Figure 8 : Unité de tête d'un réseau d'irrigation goutte à goutte (type Netafim).....	21
Figure 9 : Goutteur flèche pour serres et plantes en pot (type Netafim).....	25
Figure 10 : Micro goutteurs à débit ultra lent (d'après Plastro).....	25
Figure 11 : Evolution du coefficient cultural .....	27
Image 8 : Trois types de goutteurs	Figure 12 : Performances du goutteur « rouge » 28
Figure 13 : Phases de développement d'une culture maraîchère .....	31
Figure 14 : Evapotranspiration de référence journalière mensuelle à Niamey .....	32
Figure 15 : Fiche de présentation du Kit du système FDS .....	36
Figure 16 : Schéma du montage du système FDS .....	37

## Introduction

Le Niger a inscrit l'irrigation en générale et la petite irrigation en particulier parmi les stratégies résilientes les plus efficaces pour lutter contre les effets du changement climatique et pour améliorer la productivité agricole et les revenus des populations rurales. A ce titre, le Gouvernement du Niger a élaboré, avec l'appui de la Coopération Technique Internationale Allemande (GIZ), la Stratégie de la Petite Irrigation au Niger (SPIN) qui a été adoptée par le Conseil des Ministres le 10 avril 2014. L'objectif de la SPIN est de doter le pays d'un cadre d'orientation en matière de la petite irrigation en tant que vecteur important pour la sécurité alimentaire et l'adaptation de l'agriculture nigérienne au changement climatique. Pour accompagner le Niger dans la mise en œuvre de cette Stratégie, l'Allemagne et le Niger ont initié le Programme de Promotion de l'Agriculture Productive (PromAP). Ce programme, qui est à sa 2ème phase, vise à promouvoir l'exploitation agricole durable à travers une stratégie d'intervention basée sur l'appui-conseil aux producteurs et productrices évoluant dans la petite irrigation (PI). Le PromAP est constitué de trois composantes : (i) Composante 1 : Conseil à la politique sectorielle de l'agriculture de la petite irrigation ; (ii) Composante 2 : Renforcement des capacités des prestataires de services pour la petite irrigation ; (iii) Composante 3 : Appui aux producteurs/productrices de la petite irrigation.

La composante 2 : Renforcement des capacités des prestataires de services pour la petite irrigation a pour objectif d'améliorer les services rendus par les prestataires étatiques et privés dans le domaine de la petite irrigation.

Le Plan Stratégique de Renforcement des Capacités des Acteurs de la Petite Irrigation (PSRCA/PI) a été l'un des premiers documents annexes de la SPIN. Il constitue un cadre d'orientation pour l'ensemble des interventions dans le renforcement des compétences en petite irrigation. Il prévoit pour la décennie 2014-2024, l'élaboration de cent douze (112) modules de formation regroupés dans vingt-sept (27) curricula. La gestion de l'eau d'irrigation constitue l'une des thématiques prioritaires du PSRCA/PI. C'est pour répondre à cela que la composante 2 du PromAP a lancé la présente étude afin de d'élaborer un (1) module de formation sur « l'irrigation goutte à goutte ».

L'irrigation au goutte-à-goutte est, par définition, une technologie d'irrigation. Cependant, dès le démarrage de sa diffusion à travers le monde, au début des années soixante, elle s'est affirmée également comme une agro technologie globale, modifiant les techniques agronomiques et élargissant les horizons de l'agriculture moderne. La technique du goutte-à-goutte a amélioré l'efficacité de l'utilisation de l'eau en irrigation et amorcé l'introduction et le développement de la fertigation, distribution intégrée d'eau et d'engrais. Elle élève le seuil maximal d'utilisation de l'eau saumâtre en irrigation et simplifie sa coordination avec les autres activités agricoles. Le goutte-à-goutte facilite l'application de l'eau et des éléments

nutritifs aux cultures, "à la cuillère près", et son adaptation aux variations des besoins tout au long de la saison agricole. Il permet l'approvisionnement exact en eau et en engrais de la zone racinaire active avec un minimum de pertes. Appliqué aux cultures abritées, Il combine les avantages de l'hydroponie avec ceux d'un substrat hors sol solide perfectionné. Le goutte-à-goutte a favorisé l'amélioration de la surveillance, de l'automatisation et du contrôle de l'irrigation, ainsi que la diversification des technologies de filtrage. Cette technique d'irrigation a pris de l'essor au cours des deux dernières décades. Le présent module de formation vise à permettre aux agriculteurs de la petite irrigation de comprendre et d'utiliser le système d'irrigation goutte à goutte.

Ce module a été élaboré par ADAMOU Mahaman Moustapha, enseignant-chercheur au Département « Génie rural, Eaux et Forêts » de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey.

Malgré l'importance de ce système dans la gestion efficace de l'eau d'irrigation, sa vulgarisation au Niger rencontre un sérieux problème d'adaptabilité en milieu paysan. C'est ainsi, que la réunion de Comité technique de réflexion sur la petite irrigation (CTR/PI) tenu les 19 et 20 décembre 2018 dans la salle de réunion de Africa Hall a fortement recommandé **« la tenue d'un atelier national sur le système d'irrigation goutte à goutte ».**

# I. GENERALITES SUR L'IRRIGATION

## 1.1. Définition

L'irrigation connaît plusieurs définitions dont les plus utilisées sont :

1. C'est l'art d'apporter volontairement de l'eau à un sol, généralement en vue de prévenir les effets de la sécheresse.
2. Consiste à essentiellement à remettre au profit du sol, au moment opportun, l'eau consommée par la culture.
3. C'est apporter aux plantes les quantités d'eau nécessaires, en complément des apports naturels, aux moments opportuns, par l'intermédiaire d'un réseau d'irrigation.
4. C'est un ensemble de techniques culturales destinées à fournir aux végétaux par le truchement du sol toute l'eau mais seulement l'eau dont ils ont besoin pour se développer.

On distingue 2 types d'irrigations :

- L'irrigation d'appoint ;
- La culture irriguée.

En termes simples, l'irrigation consiste à :

- trouver l'eau en quantité suffisante,
- la transporter,
- la répartir sur les champs.

La distribution de l'eau dans le sol, pour être rapide et régulière doit avoir lieu en surface, de façon que l'eau n'ait plus qu'à s'infiltrer pour atteindre les racines des plantes. Les systèmes d'irrigation ont pour objet d'assurer cette répartition superficielle et un arrosage régulier humectant une hauteur aussi uniforme que possible du sol. Le mouvement de l'eau dans le sol est alors régi par le système d'irrigation.

Les modes d'administration de l'eau à la parcelle, sont choisis selon les terrains, les cultures, les capitaux et l'habileté des exploitants.

## 1.2. Règle d'or en irrigation

La règle d'or, impérative, s'exprime ainsi (FAO, 1986) :

**L'EAU DOIT PASSER PARTOUT ET NE SEJOURNER NULLE PART**

"Passer partout" : cela veut dire que l'arrosage doit atteindre chaque plante et n'humidifier que la couche de sol prospectée par les racines.

"Ne séjourner nulle part" (sauf pour le riz), pose le double problème du drainage et l'aménagement de la parcelle.

On distingue les systèmes d'irrigation suivants :

- L'irrigation par ruissellement ;
- L'irrigation dormante ou par submersion ;

- L'irrigation par aspersion ;
- L'irrigation par goutte à goutte.

### 1.3. Questions fondamentales en irrigation

Avant de commencer une activité de production agricole irriguée nécessitant un investissement humain et financier, il faudra essayer de répondre clairement à ces quatre (4) question :

1. Pourquoi irriguer ?
2. Combien irriguer ?
3. Quand irriguer ?
4. Comment irriguer ?

Les réponses précises à ces questions permettront d'optimiser les moyens investis et de tirer le maximum de profits de l'activité d'irrigation.

Ainsi, pour une utilisation rationnelle de l'eau en irrigation, il est nécessaire et impératif d'avoir des connaissances théoriques et pratiques sur :

- les relations eau – sol – plante,
- le calcul des besoins en eau des cultures,
- les systèmes et matériels d'irrigation.

### 1.4. Facteurs influençant le régime d'irrigation

Les principaux facteurs qui influent sur le régime d'irrigation (quantité d'eau, fréquence d'irrigation, système d'irrigation, etc.) sont :

- les propriétés physiques et chimiques du sol,
- le potentiel hydrique du sol,
- la période végétative de la culture,
- les conditions climatiques,
- le système d'irrigation.

La connaissance de ces facteurs permet de déterminer le régime d'irrigation adéquat à chaque culture, en vue d'obtenir des rendements optima.

### 1.5. Conduite des irrigations

Conduire des irrigations à la parcelle, c'est déterminer tout au long d'une campagne :

- **la quantité d'eau à apporter à chaque irrigation ;**
- **la date à laquelle il faut apporter cette quantité.**

Pour l'irriguant, tout le problème est de savoir **quand irriguer** (à quelle date, tous les combien de jours...) et **quel volume d'eau apporter** (quelle dose).



## II. LES PRINCIPES DE L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Le goutte-à-goutte, ainsi que l'irrigation par aspersion et les systèmes de rampes mobiles ou pivotantes font partie des techniques d'irrigation sous pression, dans lesquelles la force motrice du mouvement de l'eau provient d'une source d'énergie extérieure (ou d'un grand réservoir). L'eau est distribuée par un système de canalisations fermées. Dans les techniques d'irrigation de surface, au contraire (submersion, ruissellement, irrigation par rigole ou par bassin), le mouvement de l'eau est régi par la gravitation, et les installations qui permettent sa répartition et son application (canaux, sillons, rigoles, cuvettes et bassins) sont à ciel ouvert.

L'irrigation au goutte-à-goutte fait partie de la micro irrigation (irrigation localisée), qui inclue également les micro asperseurs et les micro jets. Le terme est généralement utilisé pour décrire des méthodes d'irrigation dans lesquelles l'eau est distribuée directement dans le sol par petites quantités à intervalles rapprochés, au moyen d'émetteurs points source distincts espacés le long d'étroits tuyaux ou tubes, de goutteurs. L'eau déposée par les micro asperseurs, les micro jets et gicleurs se répand dans le sol à travers la rhizosphère. Les termes de micro irrigation ou micro aspersion, goutte-à-goutte, arrosage de précision et irrigation localisée sont parfois utilisés de façon interchangeable dans la littérature, bien que chacun d'entre eux possède un sens légèrement différent.

L'irrigation au goutte-à-goutte se distingue entre autres par l'humidification partielle du sol. Dans les installations en surface, chaque émetteur mouille la surface du sol qui lui est adjacente. Dans les installations souterraines, la surface du sol reste sèche.



Image 1 : Humidification du sol par le goutteur



Image 2 : Vue d'un champ irrigué au goutte à goutte en Israël

Le pourcentage de la zone humectée et le volume de sol mouillé dépendent des propriétés du sol, de son degré d'humidité initiale, du volume d'eau appliqué et du débit de l'émetteur. Dans une terre franche ou argileuse, le mouvement latéral de l'eau sous la surface du sol est plus prononcé que dans les sols sableux.

Le bulbe vertical de terre humectée en sol sableux ressemble à une carotte. Dans une terre franche, les dimensions du bulbe humide sont similaires en profondeur et en diamètre. Dans les sols lourds, en revanche, la zone horizontale d'extension d'humidité est plus étendue que sa profondeur.

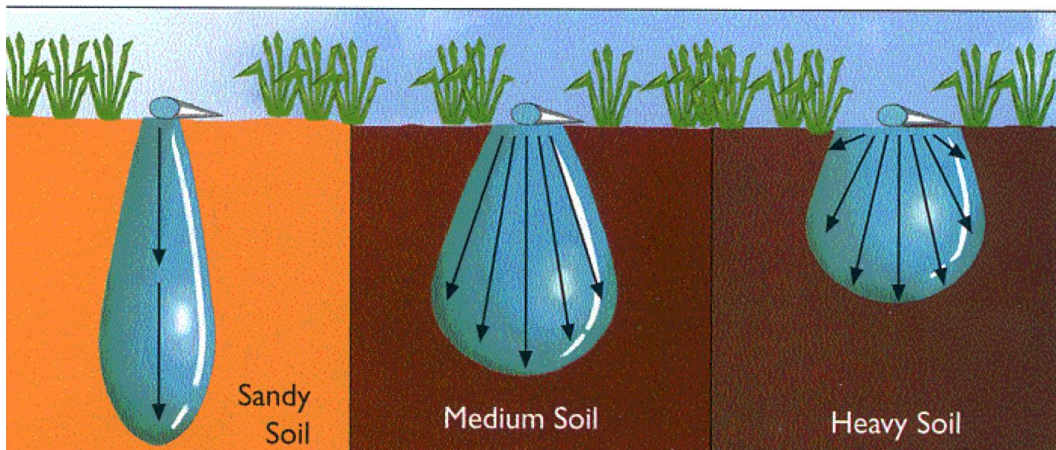


Figure 1 : Bulbe humidifié par le goutteur selon le type de sol

La zone humectée par un goutteur unique est d'approximativement 30 cm dans un sol léger, de 60 cm dans un sol franc et de 120 cm dans un sol léger.

En raison de l'humidification partielle du sol par le système de goutte-à-goutte, l'eau être appliquée à plus grande fréquence que dans les méthodes d'irrigation qui mouillent toute la zone, comme l'irrigation par l'aspersion ou par submersion.

La diffusion localisée et limitée de l'humidité qui découle de l'arrosage par micro irrigation exige l'application d'engrais par le truchement du système du goutte-à-goutte, technique qu'on appelle la fertigation.

Le grand nombre d'émetteurs d'irrigation par zone implique la réduction au minimum du débit de chaque émetteur. Le débit habituel d'un goutteur varie de 0.1 à 8 litre par heure (l/h). La faiblesse du débit de l'émetteur est obtenue par divers moyens : orifice minuscule, atténuation de la pression par frottement pendant l'écoulement de l'eau dans le long passage du goutteur, circuit turbulent ou à tourbillons.

Les étroits passages des émetteurs et leur faible débit conduisent à une accumulation et une précipitation de substances susceptibles d'obstruer totalement ou partiellement le système. Aussi un filtrage adapté est-il indispensable à la mise en œuvre de l'irrigation au goutte-à-goutte. Dans le cas d'une utilisation d'eau de basse qualité, des traitements chimiques complémentaires sont également nécessaires.



Figure 2 : Différents types de goutteurs

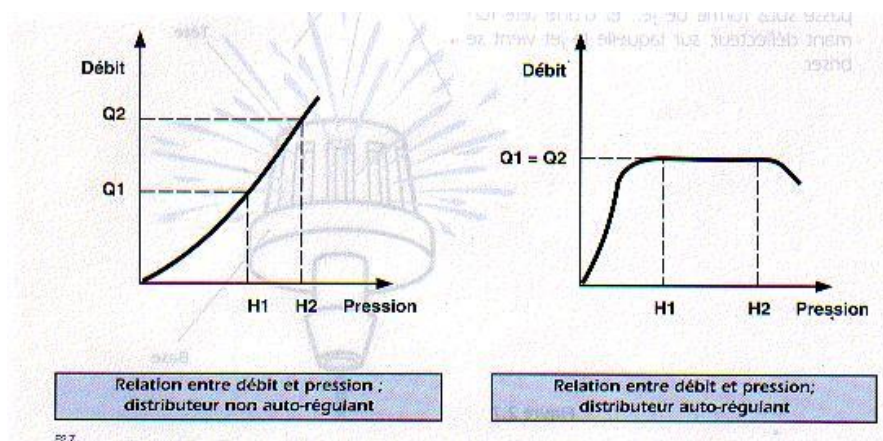


Figure 3 : Type de goutteurs en fonction de la pression

### III. AVANTAGES ET LIMITES GOUTTE A GOUTTE

Le goutte à goutte permet une économie de l'eau (50 à 70% par rapport au gravitaire et 30% par rapport à l'aspersion) et une utilisation de la fertigation. Il contribue à une augmentation des rendements, de l'ordre de 20 à 40%, et à l'amélioration de la qualité des produits maraîchers. Par rapport aux autres systèmes d'irrigation, le goutte à goutte permet une baisse de dépenses en énergie utilisée dans le pompage, une réduction du coût de la main d'œuvre impliquée dans les opérations de l'irrigation, et une baisse des quantités d'engrais utilisées.

Le caractère continu et localisé du goutte à goutte en petite irrigation, permet une réduction de l'évaporation, une diminution de la percolation de l'eau, une meilleure conservation de la structure du sol, un accès facile aux parcelles pour la réalisation des différentes opérations culturales, et une réduction des mauvaises herbes.

#### 3.1. Avantages

Avantages sur le plan technique.

Le goutte à goutte :

- Permet une économie de l'eau (50 à 70% par rapport au gravitaire et 30% par rapport à l'aspersion)
- Contribue à une augmentation des rendements, de l'ordre de 20 à 40%,
- Contribue à l'amélioration de la qualité des produits maraîchers.

Avantages sur le plan économique.

Le goutte à goutte :

- Permet une baisse de dépenses liées à l'énergie utilisée dans le pompage,
- Réduit les charges d'exploitation agricole ;
- Réduit le coût de la main d'œuvre impliquée dans les opérations de l'irrigation
- Permet de diminuer les quantités d'engrais utilisés.

La technique du goutte-à-goutte possède d'autres nombreux avantages par rapport aux autres systèmes d'irrigation :

- **Précision de l'apport en eau** : l'eau est déposée avec précision à un volume de sol restreint, correspondant à la configuration du système racinaire. Une gestion adéquate de l'eau peut réduire au minimum les pertes en eau et en éléments nutritifs au-dessous de la zone racinaire.
- **Réduction des pertes par évaporation** : la réduction de la surface extérieure humectée diminue les pertes par évaporation directe de la surface du sol.
- **Élimination du gaspillage en eau sur la périphérie de la parcelle irriguée** : grâce à la technique du goutte-à-goutte, l'eau ne se répand pas au-delà des limites des

parcelles irriguées comme c'est le cas dans l'irrigation par aspersion. Le système de goutte-à-goutte s'adapte véritablement à chaque parcelle de terrain, quel que soit sa forme, sa taille ou sa topographie.

- **Diminution des mauvaises herbes** : la réduction de la zone arrosée diminue le développement des mauvaises herbes.
- **Équilibrage du rapport air-eau** : le bulbe humecté par l'irrigation au goutte-à-goutte contient habituellement plus d'air qu'une terre arrosée par aspersion ou par submersion.
- **Application intégrée d'eau et d'éléments nutritifs** : L'apport des engrais directement au bulbe humidifié, en même temps que l'eau d'irrigation, diminue les pertes en éléments nutritifs, améliore leur rentabilité et économise le travail et/ou la mécanisation nécessaires à l'application des engrais.
- **Ajustement de l'apport en eau et en éléments nutritifs aux besoins variables des cultures au cours de la saison agricole** : La technique de fertigation conjuguée à l'application à grande fréquence d'eau et d'engrais facilite l'adaptation de cet apport aux besoins variables de la récolte pendant la saison.
- **Automatisation** : les systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte sont facilement gérables par des contrôleurs automatiques.
- **Adaptation aux conditions topographiques et aux sols difficiles** : le goutte-à-goutte fonctionne avec succès sur des terrains en pente raide, sur des sols peu profonds et compacts à faible taux d'infiltration et sur des sols sableux à faible capacité de rétention d'eau.
- **Pas d'interférence avec les autres activités agricoles** : l'humidification partielle de la surface du sol n'interfère pas avec les autres activités se déroulant dans le champ, comme les pulvérisations, la dilution des fruits et le moissonnage.
- **Insensibilité au vent** : l'irrigation au goutte-à-goutte n'est pas affectée par les vents, contrairement au système de l'aspersion. Elle peut donc se pratiquer même par fort vent.
- **Faibles besoins en énergie** : en raison de la faible pression, la consommation en énergie du goutte-à-goutte est beaucoup plus faible que celle des autres techniques d'irrigation sous pression comme l'aspersion et les systèmes d'irrigation mécanisés.
- **Diminution du fungus<sup>1</sup> des feuilles et les maladies des fruits** : le goutte-à-goutte ne mouille pas le feuillage de la plante, diminuant ainsi la fréquence des maladies des feuilles et des fruits.

---

<sup>1</sup> Le règne des Fungi, aussi appelé Mycota ou Mycètes ou fonge, constitue un taxon regroupant des organismes eucaryotes appelés plus communément champignons

- **Pas de brûlure des feuilles** : l'élimination de l'aspersion du feuillage réduit la nécrose des feuilles par le sel et les engrais contenus dans l'eau d'irrigation.
- **Utilisation possible de l'eau saumâtre pour l'irrigation** : le goutte-à-goutte permet l'utilisation d'eaux contenant une concentration relativement élevée de sels minéraux pour l'arrosage, avec un impact minimum sur le développement et le rendement de la plante. La fréquence des applications dilue la concentration de sel dans le bulbe humide situé sous l'émetteur, le drainant à ses marges.

### 3.2. Limites

En raison du volume limité du sol humidifié, du passage étroit de l'eau dans les émetteurs et de l'importance de l'équipement requis, l'irrigation au goutte-à-goutte présente cependant certains inconvénients.

- **Risques d'obstruction** : les étroits passages des émetteurs sont susceptibles d'être obstrués par des particules solides, des matériaux organiques en suspension ou la précipitation de sels chimiques contenus dans l'eau. L'obstruction peut encore être occasionnée par la succion de particules de sol et l'intrusion de racines dans le goutteur.
- **Coût initiaux élevés** : en raison du grand nombre de conduits latéraux et d'émetteurs, il est généralement difficile de déplacer le système au cours de la saison agricole. La plupart des installations sont fixes, d'où un coût d'équipement élevé par zone irriguée.
- **Accumulation de sel à la surface du sol** : le mouvement capillaire de l'eau dans la terre irriguée vers le haut et l'évaporation de la surface du sol laissent une forte concentration de sels dans la couche supérieure du sol. Les pluies même légères dissolvent les sels accumulés vers la zone racinaire active, pouvant endommager les cultures.
- **Exposition des canalisations latérales en surface et des goutteurs aux dégâts causés par les animaux** : les canalisations latérales, en particuliers les tuyaux à paroi mince et les goutteurs minuscules sont sujets aux dommages causés par les rongeurs, les rats, les taupes, les sangliers et les pivolets. Les canalisations latérales et les goutteurs souterrains peuvent également être endommagés par les rongeurs.
- **Influence négligeable sur le microclimat** : l'irrigation est parfois utilisée pour améliorer les conditions du climat local – réduction de la température pendant les vagues de chaleur et augmentation pendant la période de gel. Avec l'irrigation par aspersion ou par vaporisation, une fraction de l'eau aspergée s'évapore, dégageant de l'énergie vers l'atmosphère par temps froid ou absorbant la chaleur par temps chaud. Naturellement, cela n'est pas le cas avec l'irrigation au goutte-à-goutte.

- **Limitation du volume des racines** : l'application répétée de l'eau à un volume de sol limité conduit au développement de systèmes racinaires restreints et parfois peu profonds. Par conséquent, la récolte dépend de la fréquence des arrosages et devient plus sensible à la tension d'humidité par temps particulièrement chaud. Les grands arbres aux systèmes racinaires peu profonds sont susceptibles d'être déracinés par des vents rapides.

Les principaux inconvénients rencontrés fréquemment par les exploitants de la PI qui utilisent le goutte à goutte à faible pression sont :

- L'obstruction des goutteurs (l'eau utilisée doit être de bonne qualité physique et chimique) ;
- La détérioration rapide des gaines (tuyaux) comprenant les goutteurs. En effet, les tuyaux sont très fragiles et se détruisent rapidement sous l'effet de la chaleur ou des rongeurs ;
- Le manque d'un encadrement – conseil rapproché ;
- Le coût encore élevé du kit et l'insuffisance du matériel sur les marchés locaux.

Le tableau ci-après présentent les avantages et inconvénients du système goutte à goutte.

Tableau 1 : Avantages et inconvénients du goutte à goutte

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Précision de l'apport en eau</li> <li>- Réduction des pertes par évaporation</li> <li>- Efficacité du réseau</li> <li>- Diminution des mauvaises herbes</li> <li>- Equilibrage du rapport air – eau</li> <li>- Application intégrée d'eau et l'éléments nutritifs – fertigation</li> <li>- Autonomisation</li> <li>- Adaptation aux conditions topographiques et édaphiques difficiles</li> <li>- Pas d'interférence avec les autres activités agricoles</li> <li>- Insensibilité au vent</li> <li>- Diminution du fungus des feuilles et maladies des fruits</li> <li>- Pas de brûlure des feuilles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risques d'obstruction des émetteurs</li> <li>- Coûts initiaux élevés</li> <li>- Accumulation de sel à la surface du sol</li> <li>- Exposition des tuyaux et goutteurs aux dégâts (animaux)</li> <li>- Influence négligeable sur le microclimat</li> <li>- Limitation du volume des racines</li> <li>-</li> </ul>

#### IV. DESCRIPTION DU SYSTEME GOUTTE A GOUTTE

Bien que les goutteurs constituent le dispositif central du système d'irrigation au goutte-à-goutte, celui-ci se compose de plusieurs autres éléments. Ceux-ci doivent être compatibles entre eux et adaptés aux exigences des cultures ainsi qu'aux caractéristiques de la parcelle irriguée.

Ces éléments se répartissent en six catégories principales :

1. Une source d'eau : système de pompage à partir d'une source superficielle ou souterraine, ou en connexion à un réseau d'approvisionnement public, commercial ou coopératif ;
2. Un système de distribution : conduite principale, canalisations secondaires et collecteurs (tuyaux d'alimentation) ;
3. Des rampes latérales ;
4. Des accessoires de contrôle : valves, compteurs d'eau, régulateurs de pression et de débit, dispositifs automatiques, dispositifs anti-retour, valves anti vide, valve de vidange d'air etc. ;
5. Un système de filtrage ;
6. Un équipement d'injection de produits chimiques : éléments nutritifs pour les plantes et agents de traitement de l'eau.

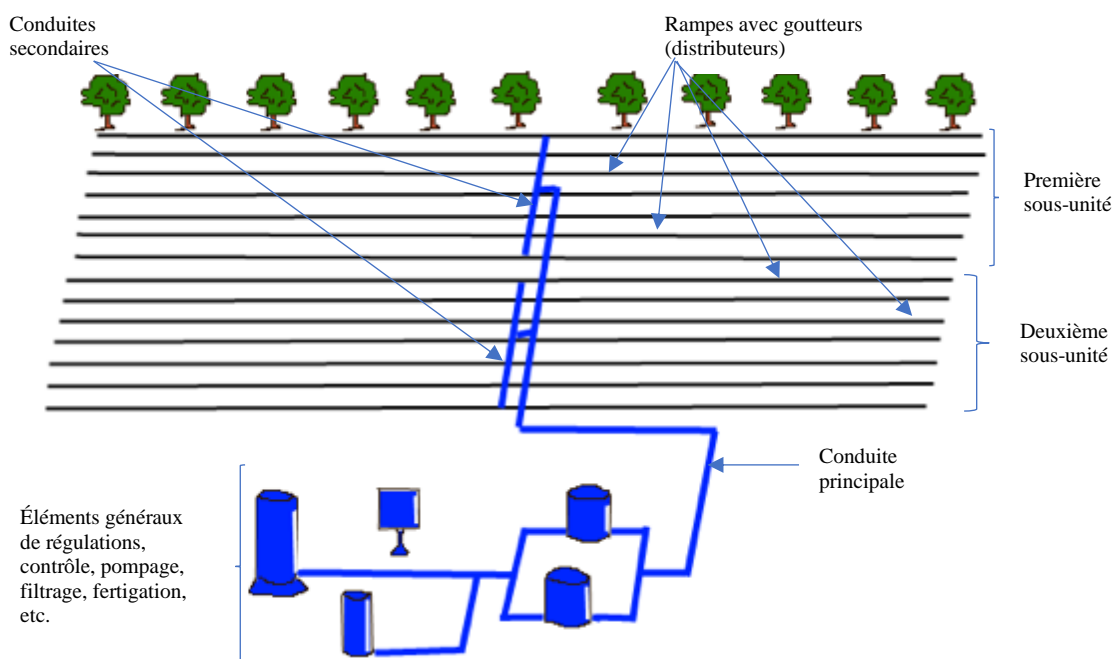


Figure 4 : Système d'irrigation goutte à goutte





Image 3 : Eléments de régulation, filtrage et fertigation

#### **4.1. Description des éléments du système goutte à goutte**

Bien que les goutteurs constituent le dispositif central du système d'irrigation au goutte-à-goutte, celui-ci se compose de plusieurs autres éléments. Ceux-ci doivent être compatibles entre eux et adaptés aux exigences des cultures ainsi qu'aux caractéristiques de la parcelle irriguée.

Ces éléments se répartissent en six catégories principales :

1. une source d'eau : système de pompage à partir d'une source superficielle ou souterraine, ou en connexion à un réseau d'approvisionnement public, commercial ou coopératif.
2. un système de distribution : conduite principale, canalisations secondaires et collecteurs (tuyaux d'alimentation)
3. des rampes latérales
4. des accessoires de contrôle : valves, compteurs d'eau, régulateurs de pression et de débit, dispositifs automatiques, dispositifs anti-retour, valves antivide, valve de vidange d'air etc.
5. un système de filtrage
6. un équipement d'injection de produits chimiques : éléments nutritifs pour les plantes et agents de traitement de l'eau.

### 🚧 La station de pompage / L'unité de tête

Il existe deux sources d'approvisionnement en eau possible : un pompage indépendant à partir d'une source superficielle (rivière, cours d'eau, mare ou retenue) ou souterraine (puits), ou bien une connexion à un réseau d'approvisionnement commercial, public ou coopératif. Dans le cas du pompage indépendant, la pompe est choisie en fonction des conditions de décharge et de pression dans la zone irriguée. Dans le cas de la connexion à un réseau d'approvisionnement, le diamètre de connexion, la valve principale et la conduite de distribution d'eau doivent correspondre au débit programmé et à la pression de service requise, avec un minimum de perte de pression par friction.

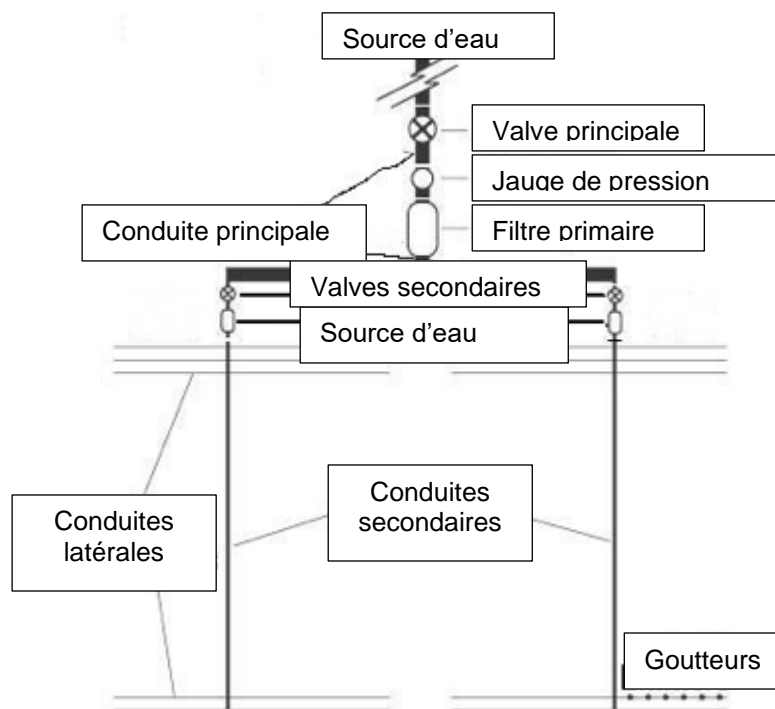


Figure 5 : Schéma simplifié d'irrigation au goutte-à-goutte

### 🚧 Le système de distribution

**Les conduites maitresses de distribution et de répartition :** les conduites sont fabriquées en PVC ou en polyéthylène (PE). Les tuyaux en PVC sont installés en sous-sol, car ils ne disposent généralement pas de protection anti-UV. Les tuyaux PE sont posés sur le sol ou légèrement recouverts, car ils contiennent du carbone noir, fournissant une protection contre les UV. La PN (pression de service nominale) des tuyaux doit être supérieure de celle des canalisations latérales, surtout si le système doit résister à la pression valves fermées. La PN la plus courante est de 6 à 8 bar (60 à 80 m hauteur de pression).

**Les collecteurs :** Dans certaines circonstances, lorsque les rangées de culture sont trop longues ou les conditions topographiques trop difficiles, la subdivision de la parcelle par les conduites secondaires est insuffisante et un niveau de ramification de l'irrigation supplémentaire est installé sous forme de collecteurs.

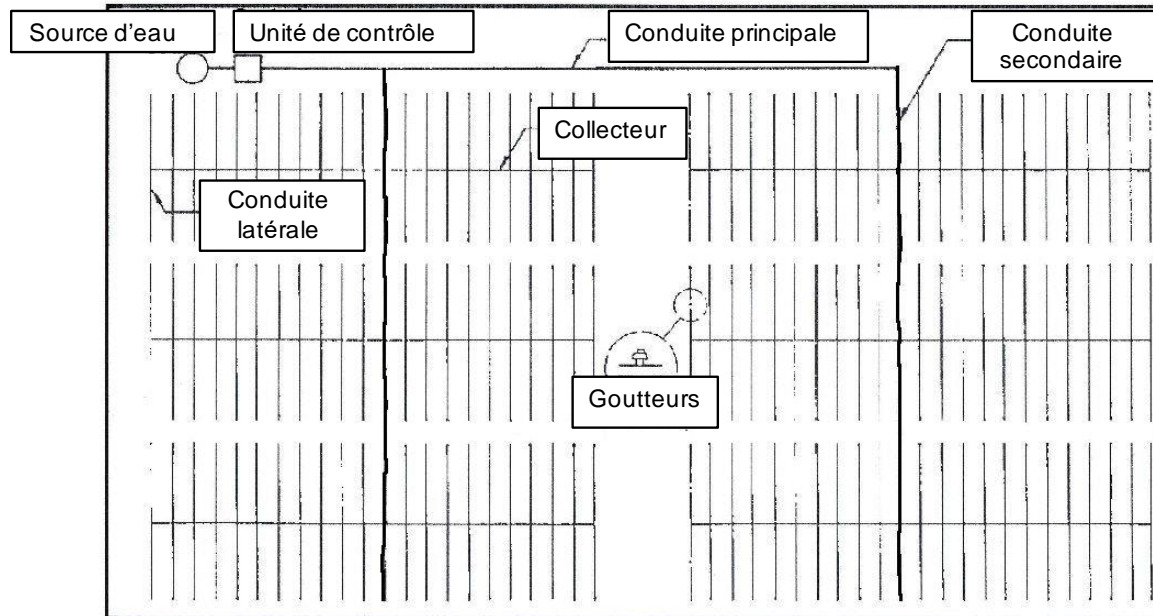


Figure 6 : Configuration type d'un système d'irrigation au goutte-à-goutte

**Les rampes latérales :** Les rampes latérales sont reliées à la conduite secondaire ou aux collecteurs. Ils sont fabriqués en PELD (polyéthylène de faible densité). Il existe différents types de connexion entre les conduites secondaires, les collecteurs, et les rampes latérales. Les connecteurs doivent être capable de résister à la fois la pression de service normale, aux pics de pression et aux coups de béliers. Les rampes latérales peuvent être soit posées sur le sol soit souterraines (SDI). Dans le cas des légumes cultivés sous paillage de plastique, elles sont fréquemment enterrées superficiellement, à 5/10 cm sous la surface du sol.

Il existe deux types de rampes latérales de base : les latéraux aux parois épaisses munis de goutteurs internes ou externes, et les lignes de goutte-à-goutte à paroi fine avec un circuit à flux turbulent intégré : incorporés à l'intérieur de la gaine pendant le processus d'extrusion.

#### 4.2. Les accessoires de contrôle et de surveillance

##### ✚ Valves et jauges

L'irrigation de plusieurs parcelles, dont chacune présente des besoins en eau différents, à partir d'une même source d'eau, nécessite une subdivision de la surface irriguée en secteurs, contrôlés chacun par une valve. Celles-ci peuvent être actionnées manuellement

ou automatiquement. Les compteurs d'eau ainsi que les valves volumétriques sont utilisés pour mesurer et contrôler l'approvisionnement en eau des divers secteurs.

Les régulateurs de pression sont utilisés pour empêcher la surpression.

La mise en place d'un clapet anti-retour/ anti-siphon est nécessaire si l'eau provient d'un puits ou d'une source d'eau municipale servant également à l'approvisionnement en eau potable, lorsque les engrais ou les autres produits chimiques sont injectés dans le système d'irrigation.

Des valves de vidange d'air doivent être installées aux points culminants du système pour éviter l'ingérence de l'air dans le flux de l'eau, le frottement trop fort des parois du tuyau ou l'éclatement de celui-ci par surpression.

Les dispositifs anti-vide sont utilisés pour éviter l'affaissement des tuyaux dans les pentes raides.

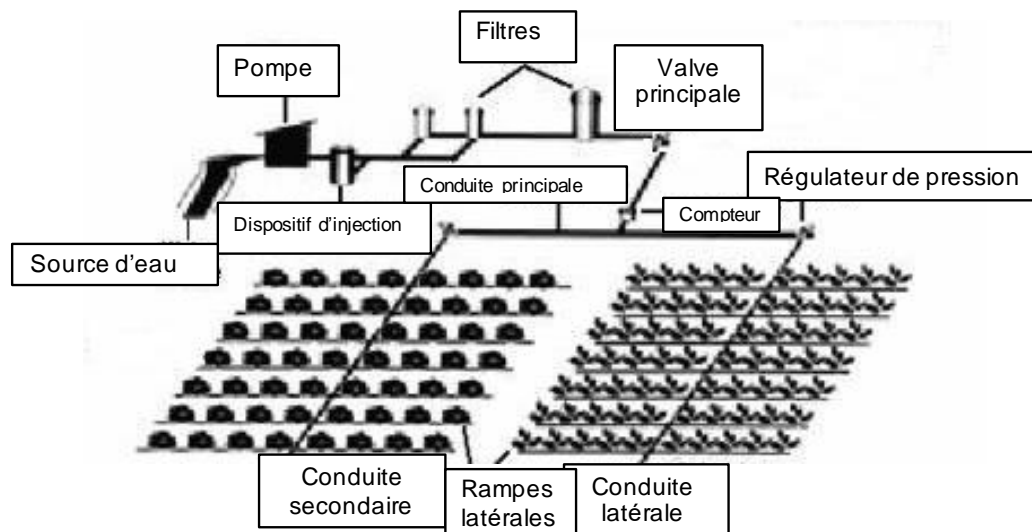


Figure 7 : Dispositifs de sécurité d'un schéma d'irrigation goutte à goutte

#### 🌈 La filtration

Les étroits passages des émetteurs sont susceptibles d'être obstrués par des matières en suspension et des précipités chimiques contenus dans l'eau d'irrigation.

Trois dispositions différentes peuvent être prises en vue de prévenir cette obstruction :

- Une séparation préliminaire des particules solides en suspension par tank de séparation par gravité ou filtres à sable.
- La filtration de l'eau d'irrigation
- Les traitements chimiques de décomposition des matières organiques en suspension, entravant le développement de mucosités par des microorganismes et le dépôt de précipités chimiques.

Les filtres sont généralement installés dans l'unité de contrôle. Lorsque l'eau d'irrigation est fortement contaminée, un système de filtration principal est installé dans l'unité centrale et un système secondaire dans l'unité de contrôle sectorielle.

Les filtres doivent être lavés à grande eau et nettoyés quotidiennement. Le nettoyage peut être manuel ou automatique. Le back-flushing automatique des filtres media (nettoyage par procédé d'osmose inverse) est réalisé avec de l'eau filtré, désormais les filtres sont installés par paire et se nettoient mutuellement alternativement.

### 4.3. Les appareils d'injection de produits chimiques

Trois types de produits chimiques sont injectés par les systèmes de goutte-à-goutte : les engrais, les pesticides et les agents anti-obstruants. Les engrais sont les produits chimiques les plus couramment injectés : la possibilité de nourrir la plante "à la cuillère" contribue à l'augmentation des rendements obtenus par le goutte-à-goutte.

Les pesticides systémiques sont injectés par les systèmes de goutte-à-goutte pour traiter les insectes et protéger les plantes de certaines maladies.

Des produits chimiques pour nettoyer les goutteurs ou empêcher les phénomènes d'obstruction sont également injectés.

Le chlore est employé pour empêcher la formation d'algues et autres microorganismes et pour dissoudre les matières organiques, les acides étant utilisés pour modifier le pH de l'eau et dissoudre les précipités chimiques.

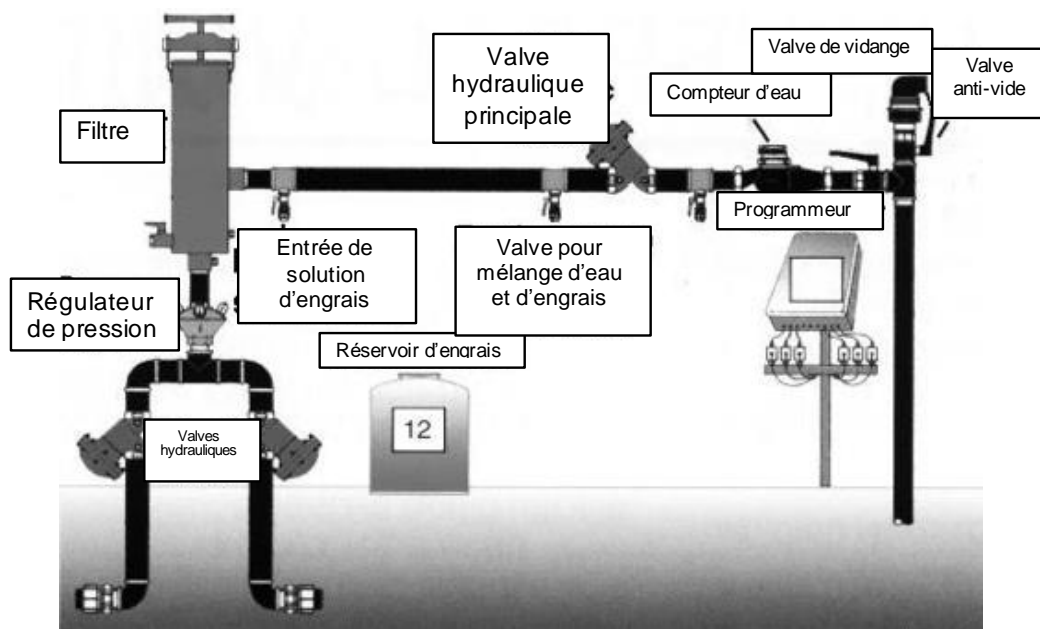


Figure 8 : Unité de tête d'un réseau d'irrigation goutte à goutte (type Netafim)

## V. TYPES, STRUCTURE, FONCTIONNEMENT ET PROPRIETES DES GOUTTEURS

Le goutteur est le dispositif central du système d'irrigation au goutte-à-goutte. Les goutteurs sont de petits émetteurs en matière plastique. La conception et la production d'un goutteur de haute qualité est un processus délicat et compliqué. Pour fabriquer les goutteurs les plus efficaces possible, il est nécessaire de faire des compromis prenant en compte des exigences diverse et contradictoires.

La caractéristique fondamentale d'un goutteur est son faible débit, allant de 0.1 à 8 litres par heure (l/h). Ce faible débit peut être obtenu par divers moyens. Le débit est déterminé par le modèle et les dimensions du circuit d'eau, ainsi que par la pression et par l'orifice du goutteur. Plus la coupe transversale du circuit est étroite, plus le débit du goutteur à une pression donnée sera faible. Néanmoins, plus le passage d'eau est étroit, plus le risque d'obstruction du goutteur par des particules solides en suspension et par des précipités de produits chimiques est élevé.

Dans la mesure où la pression de l'eau à la sortie du goutteur est un facteur clé dans la détermination du débit, une réduction de cette pression est susceptible d'en abaisser le taux, même si l'ouverture du goutteur est relativement large. La baisse de pression peut être obtenue de diverses façons.

### 5.1. Installation des points d'eau le long des rampes latérales

On distingue deux types de disposition des goutteurs sur les rampes latérales qui affectent le modèle de répartition de l'eau dans le sol.

#### ***Les sources en points localisés***

Les goutteurs sont disposés le long des rampes latérales selon un espacement déterminant un volume de sol humidifié par chaque émetteur distinct, sans chevauchement provoqué par la proximité des goutteurs adjacents. Cette disposition est privilégiée pour l'irrigation des vergers et des cultures annuelles sur des grands espaces, réalisée par des rampes latérales aux parois fines.

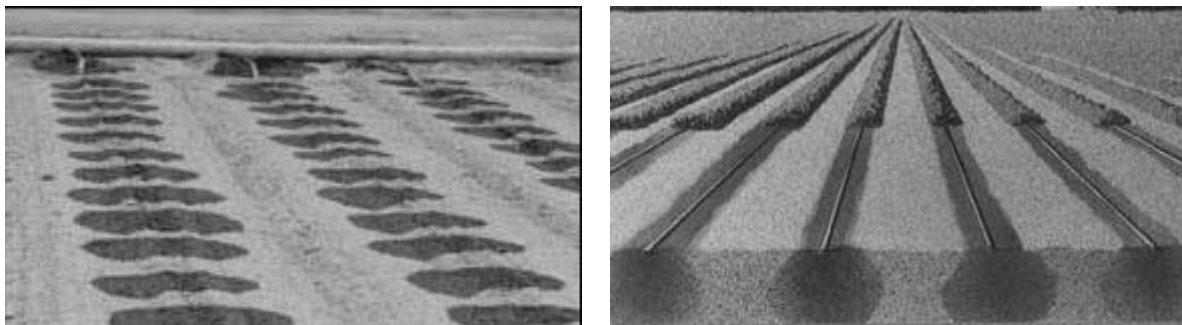


Image 4 : Humidification par les goutteurs par point source (gauche) et par ligne source (droite)

### **Les sources en ligne continue**

Dans la seconde disposition, les goutteurs sont installés à proximité les uns des autres le long de la rampe latérale, créant un chevauchement des bulbes humidifiés par les goutteurs adjacents. Cette structure est adoptée dans le cas des cultures annuelles denses, irriguées par tuyaux.

#### **5.2. Types de rampes latérales**

##### **Les canalisations latérales aux parois épaisses**

Les canalisations latérales aux parois épaisses sont des tuyaux de polyéthylène à faible densité (LDPE) de 12 à 25 mm de diamètre externe et de 1 à 2 mm d'épaisseur. Les goutteurs, externes ou internes, sont espacés de 10 à 100 cm les uns des autres. La pression ordinaire de l'eau (PN) est de 1 à 4 bar (10 à 40 m).

##### **Les canalisations latérales aux parois fines**

Les canalisations latérales aux parois minces sont fabriquées en LDPE, néanmoins leurs parois n'ont que 0.1 à 0.5 mm d'épaisseur et leur PN de 0.1 à 1 bar (1 à 10 m).

Les rampes latérales peuvent être munies de goutteurs moulés ou insérés dans le tuyau. Il existe aussi des conduites équipées de circuits contigus intégrés de dissipation de pression.

#### **5.3. Structure et caractéristiques du circuit d'eau**

Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, les différents modèles des goutteurs ont pour principaux objectifs la dissipation de la pression réduisant le débit, la diminution des risques de colmatage et la baisse du coût de l'émetteur. Ces objectifs peuvent être atteints de différentes manières, comme indiqué ci-dessous.

##### **Parcours long**

L'eau s'écoule à travers un long et étroit micro tube. Celui-ci peut être étiré (spaghetti) ou prendre la forme d'une spirale intégrée au goutteur. Le flux de l'eau est laminaire et la dissipation de la pression est provoquée par le frottement avec les parois du tube et la friction interne entre les molécules d'eau. La décharge (débit) des goutteurs au flux laminaire est nettement plus sensible aux changements de pression.



Image 5 : Goutteur barbé laminaire interne ("Netafim") et goutteur turbulent intégré ("Drip-In")

#### 5.4. Position sur la rampe latérale

Les goutteurs peuvent être enfilés de façon externe sur la conduite d'amenée, ou fixés à l'intérieur.



Image 6 : Goutteurs externes (Netafim)

#### Goutteurs internes

Les goutteurs internes permettent de conserver à la conduite latérale un aspect lisse. Ils existent en deux versions :

- **Les goutteurs internes intégrés** sont amalgamés dans la conduite latérale pendant le processus d'extrusion.
- **Les goutteurs internes barbés** sont installés en fendant la canalisation latérale et en insérant les barbes dans les extrémités sectionnées.



Goutteur bouton à filetage



Goutteur bouton à barbe

#### Goutteurs équipés d'orifices filtrants

Les goutteurs munis d'orifices filtrants empêchent la succion de petites particules de sol en fin de cycle d'irrigation ainsi que l'intrusion de racines dans les rampes latérales installées à la surface du sol.



#### Goutteurs "flèches"

Les goutteurs flèches sont utilisés pour l'irrigation des plantes en pot. Ce goutteur en forme de bâton est inséré à l'intérieur du pot. Grâce à un filtré intégré de haute performance et à un circuit turbulent dentelé efficace, ce minuscule goutteur reste propre et fiable même après une longue utilisation.



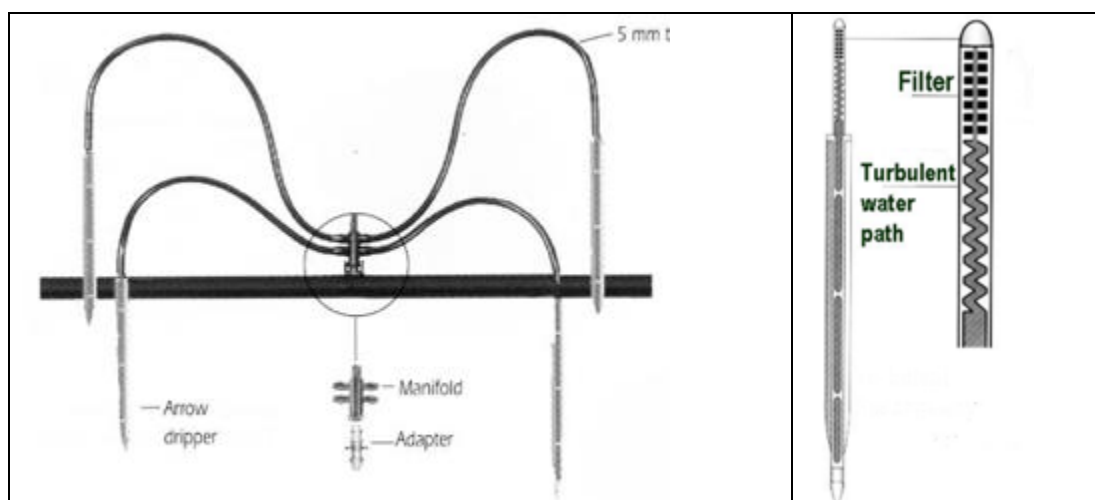


Figure 9 : Goutteur flèche pour serres et plantes en pot (type Netafim)

### **Goutteurs multi orifices**

Chaque goutteur possède de 2 à 12 orifices sur lesquels sont connectés des micro-tubes de diamètre réduit. Ils sont utilisés surtout en architecture de paysage et pour l'irrigation de plantes en pots.



### **Les goutteurs à volume ultra faible**

Ils sont caractérisés par un taux d'application d'eau extrêmement bas, s'étendant entre 0.1 à 0.3 l/h par goutteur, changeant le modèle de distribution de l'eau dans le sol et le ratio eau/air dans le bulbe humidifié. Le mouvement horizontal est plus prononcé que dans le cas des goutteurs à débit conventionnel. Par conséquent, ces goutteurs permettent l'irrigation de systèmes racinaires superficiels avec un minimum d'écoulement au-dessous de la zone racinaire.

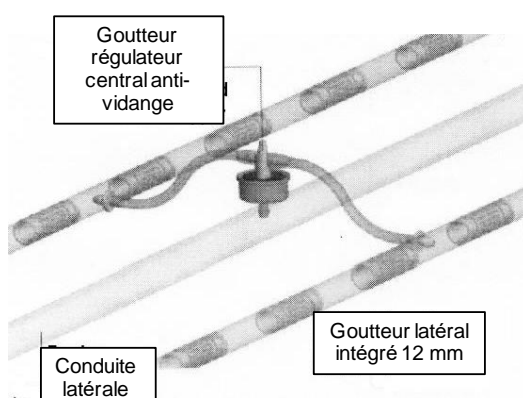


Figure 1010 : Micro goutteurs à débit ultra lent (d'après Plastro)

En raison de la décharge de pression extrêmement faible des émetteurs, il reste davantage d'air dans le bulbe humidifié que dans le cas des goutteurs à débit conventionnel.

## VI. DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU GOUTTE A GOUTTE

Le présent exemple de calcul est appliqué à la culture de la tomate. Il peut facilement être reproduit pour les autres cultures maraîchères. Les paramètres nécessaires pour les cultures maraîchères sont joints en annexe.

Pour assurer une bonne fonctionnalité des gouteurs et obtenir le rendement optimum, il est important d'avoir accès à :

- une eau de qualité qui répond au besoin de l'irrigation goutte à goutte ;
- une eau en quantité suffisante.

### 6.1. Calcul des besoins en eau de la tomate

#### **L'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>)**

L'évapotranspiration de référence est définie à partir des paramètres climatiques (température, humidité de l'air, vitesse du vent, pression de l'air, radiation, durée d'insolation).

L'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>) est calculée par la méthode de Penman-Montheith et est exprimée en mm/jour.



#### La formule de Penman-Montheith

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

L'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>) représente l'évapotranspiration standard définie par Penman (1956) comme étant la quantité d'eau transpirée par unité de temps par une végétation courte et verdoyante, recouvrant complètement le sol, de hauteur uniforme et qui ne manque jamais d'eau.



Image 7 : Station synoptique pour la détermination de l'ET<sub>0</sub>

Au Niger, l'évapotranspiration de référence est calculée par la Direction de la météorologie Nationale (DMN) qui dispose d'une base de données sur les stations synoptiques du pays (11 au total). L'ET<sub>0</sub> est disponible en pas de temps journalier, décadaire et mensuel.

#### **Le coefficient cultural (K<sub>c</sub>) ou coefficient de rationnement (K<sub>r</sub>)**

Le calcul de l'ET<sub>0</sub> est destiné à être appliqué à un végétal déterminé à un stade de végétation précis et non à une représentation figée du végétal. Or les formules de l'ETP fournissent des valeurs indépendantes du végétal, il faut donc adapter les résultats aux conditions particulières.

En effet le végétal a des besoins en eau différents au semis, à la floraison ou à la fructification.

Le développement de la plante peut être divisé grossièrement en 5 périodes :

- la plantation ou le semis
- l'installation du système racinaire
- la phase de croissance active
- la phase de migration des réserves
- la maturation et la dessiccation.

La période critique se situant généralement à la floraison, c'est à cette période que le végétal doit avoir à sa disposition toute l'eau et les matières nutritives dont il a besoin.

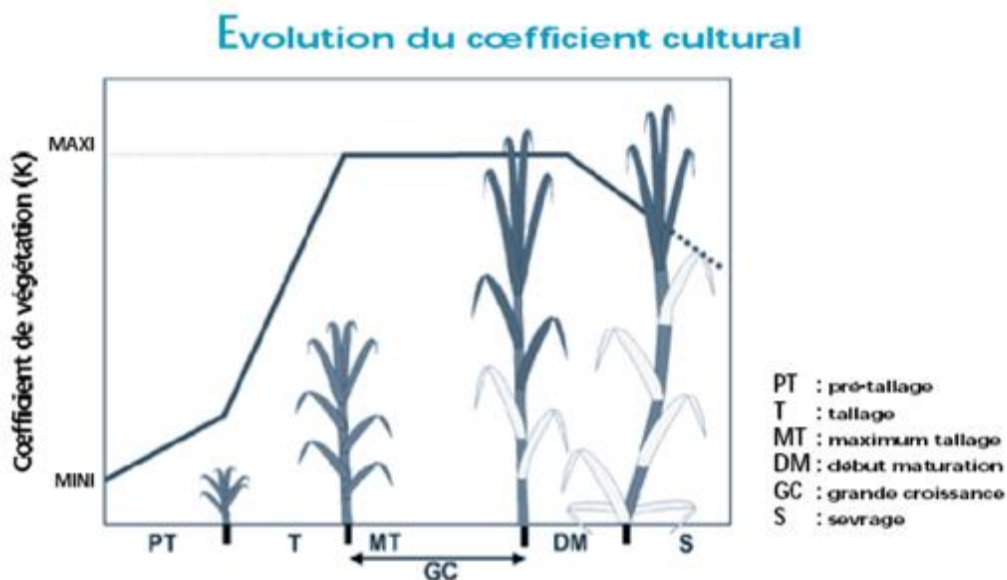


Figure 11 : Evolution du coefficient cultural

### **Choix des goutteurs**

#### Goutteurs à haute pression

Le choix du goutteur doit être :

- ✚ Fait selon les principales caractéristiques des goutteurs :
  - Débit (1.2 1.5 2 4 8 l/h)
  - Gaine (12 16 20 mm)
  - Espacement des goutteurs (0.25 0.4 0.5 1 m)
  - Nombre de gaines sur chaque lit (1 2 3 4)
- ✚ Et dépendre :
  - du type de sol ;
  - de la profondeur du système racinaire ;

- de la densité des plantes ;
- des besoins en eau de la culture ;
- des conditions agro-climatiques ;
- des limites techniques du réseau principal ;
- des possibilités d'investissement et justification économique (rentabilité au m<sup>2</sup> au m<sup>3</sup>).

En effet, les firmes qui fabriquent les systèmes d'irrigation goutte à goutte proposent un large éventail de goutteurs qui répondent à toutes les cultures et adaptés à tous les types de terrains et technologies.

Aujourd'hui, il existe des goutteurs débitant 10 litres par heure sous une pression de 3 Atmosphère (atm) ou 30 mètres d'eau. Les tuyaux de goutteurs peuvent avoir jusqu'à 2 cm de diamètres. Ainsi, selon les caractéristiques des goutteurs (débit, pression de service, diamètre du tuyaux) on distingue des goutteurs de couleurs noire, brune et rouge. Le tableau et figures suivantes présentent les caractéristiques des différents types de goutteurs.

8



Image 8 : Trois types de goutteurs

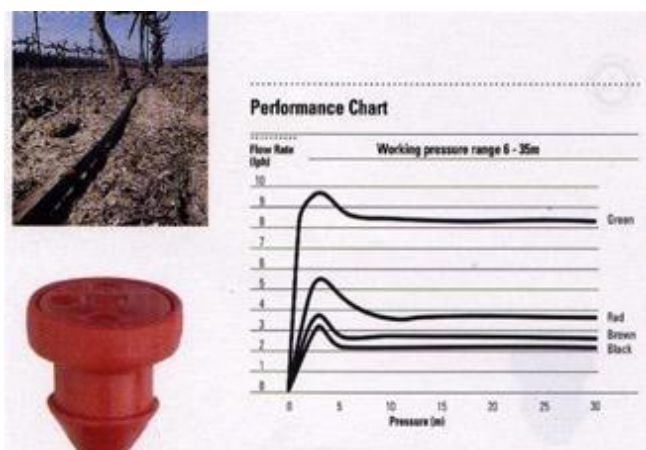


Figure 12 : Performances du goutteur « rouge »

### Système goutte à goutte à faible pression destiné à la petite irrigation

Les types de goutteurs proposés nécessite une pression d'au moins 1 Atm, soit 10 m d'eau, pour qu'ils fonctionnent correctement. Ce qui demande une élévation importante du réservoir (d'au moins 10 m) ou une consommation d'énergie qui augmentera les charges d'exploitation. Ces équipements ne sont rentables que pour une grande superficie irriguée et à but commercial.

Dans les pays en voie de développement, l'irrigation est pratiquée à une grande échelle pour la culture des fruits et légumes dans les exploitations familiales, dont certaines ne dépassent pas 20 à 500 m<sup>2</sup>. Ces terrains sont la plupart du temps irrigués par sillons, avec de l'eau tirée de puits peu profonds, de rivières, de lacs et de réservoirs, transportée soit par des bêtes de somme, soit au moyen de petites pompes à moteur. Sur un plan expérimental, la

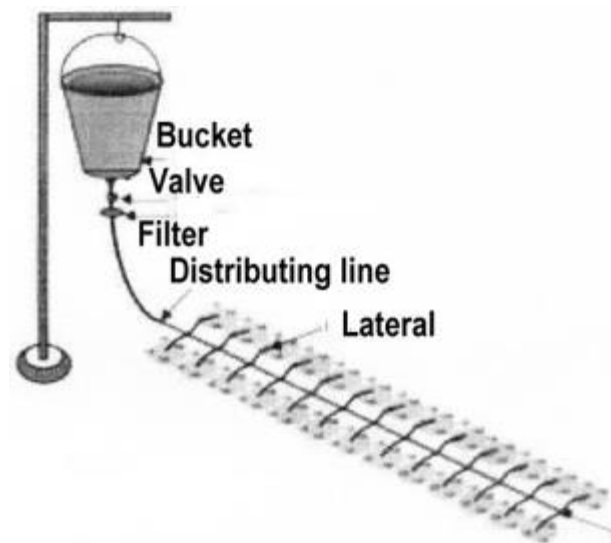
productivité a pu être améliorée de façon impressionnante en remplaçant l'irrigation au sillon par le goutte-à-goutte.

Cependant, les techniques conventionnelles de goutte-à-goutte ne sont pas adaptées à ces petites exploitations. Elles sont trop coûteuses et hors de portée des petits producteurs.

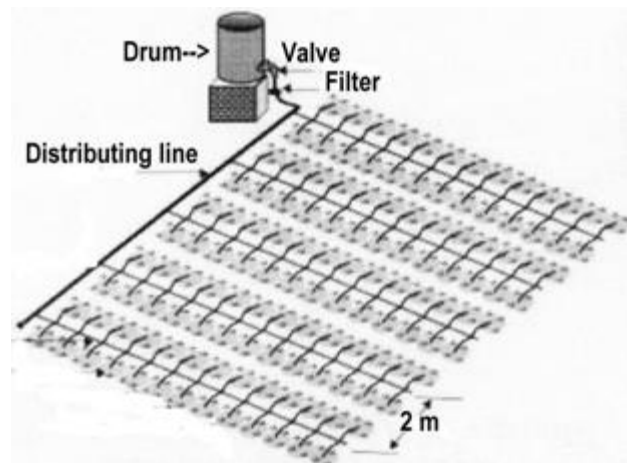
Pour ces petits exploitants, des systèmes de goutte-à-goutte de basse pression ont été développés par M. Chapin, de la société "Watermatics" aux USA, par M. Rosenberg ("Ein Tal") et par "Netafim – Israël.

M. Chapin est l'inventeur du kit seau, composé d'un seau ordinaire, d'un filtre, de tuyaux de distribution et de deux conduites latérales de 15 m. de long.

Le seau est suspendu à un mètre au-dessus du sol, et les deux canalisations latérales dispensent l'eau au potager par gravité. Deux seaux de 40 litres suffisent à la consommation journalière d'une exploitation familiale. Les kits seau coûtent six dollars pièce pour les organisations à but non lucratif. Ils sont distribués par les ONGs dans plus de 100 pays.



Par la suite, un kit seau de plus grande capacité a été mis au point. Ce "super kit seau" permet à l'irrigation au goutte-à-goutte de 10 rangées de cultures de 10 mètres de long chacune, soit une superficie de 100 m<sup>2</sup>. Celle-ci est arrosée à partir d'un réservoir de 250 litres rempli une fois par jour.



Les équipements d'irrigation goutte à goutte à basse pression de la firme Netafim sont les plus répandus et les mieux appréciés.

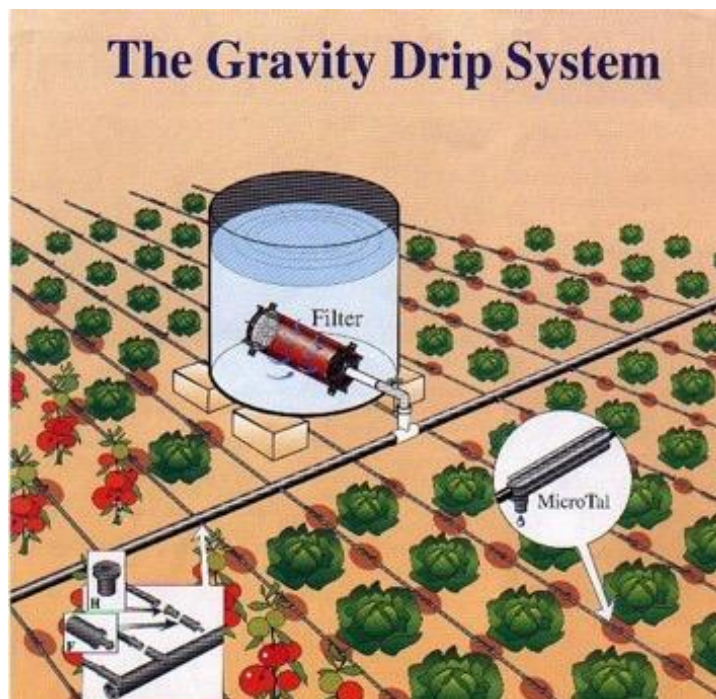


Image 9 : Dispositif du système goutte à goutte à faible pression



Image 10 : Caractéristiques du système goutte à goutte à faible pression

Tableau 2 : Caractéristiques du système goutte à goutte à faible pression

Diamètre extérieur	Épaisseur du tuyau	Débit	Espacement	Longueur
8 mm	0,8 mm	2,00 L/H	0,30 m	250 m

Pour le présent exercice, nous choisissons les équipements du système goutte à goutte à faible pression décrit ci-haut.

### Calcul de la durée d'irrigation

Pour calculer la durée de l'irrigation afin de combler les besoins bruts journaliers de 1.334 litres de la tomate cultivée sur une parcelle de 250 m<sup>2</sup>, et avec une ligne de tubulure par rangée de tomates, la formule est la suivante :

$$\text{Durée de l'irrigation (Heures)} = \frac{\text{Besoins bruts par plant de tomate (L/plant)}}{\text{Débit d'un goutteur (L/H)}}$$

Ainsi, la durée d'une irrigation journalière est de 1,5 heures (2,7 litres /plant / 2,00 litres/h).

### Important !!!

Il faut noter que les besoins en eau d'une culture dépendent :

- Du stade de développement de la culture, donc de l'évolution du coefficient cultural (Kc) ;
- De la valeur de l'évapotranspiration journalière.

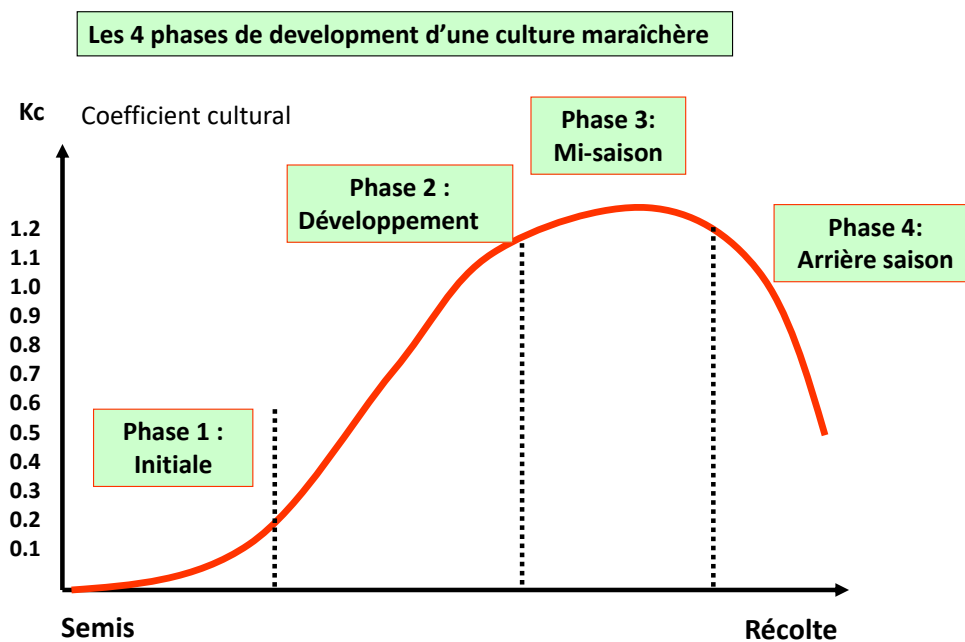


Figure 13 : Phases de développement d'une culture maraichère

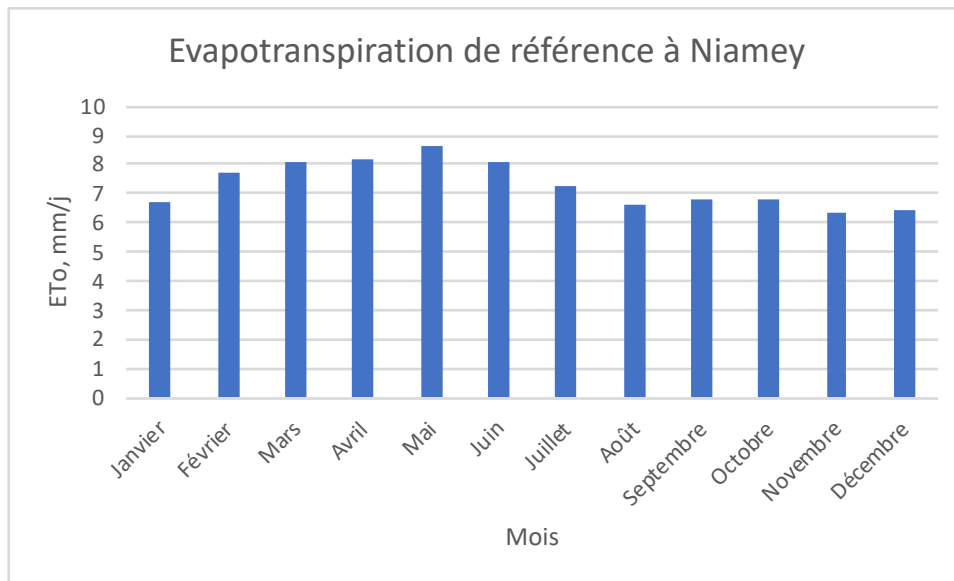


Figure 14 : Evapotranspiration de référence journalière mensuelle à Niamey

## 6.2. Principes de base de la planification d'un réseau de goutte-à-goutte

Lors de la conception d'un nouveau système d'irrigation au goutte-à-goutte, un certain nombre de paramètres doit être pris en compte de façon à le rendre durable et à le rentabiliser de manière optimale.

La première étape doit consister dans la comparaison entre les besoins en eau des cultures et la capacité d'approvisionnement hydraulique annuelle disponible. La capacité de débit du système doit être comparée aux besoins en pleine saison.

Les données de base peuvent être divisées en un certain nombre de catégories : climat, techniques agricoles, propriétés du sol, topographie, capacité et qualité de l'approvisionnement en eau, équipement disponible.

### Données climatiques et agricoles

1. Evapotranspiration journalière de référence maximale durant la période de production (mm/j) disponible auprès des services météorologiques et d'agriculture.
2. Besoin journalier net en eau des cultures (mm/j) = évaporation journalière X coefficient propre à chaque culture ou coefficient cultural – mm (multiplié par 10 = besoin en eau journalier net de la culture spécifique en m<sup>3</sup>/ha/j).
3. Besoin en eau journalier brut (mm/j) = besoin en eau journalier net de la culture, divisé par l'efficacité d'irrigation ou efficacité du réseau (exprimée en pourcentage ou par une fraction décimale).
4. Besoin journalier net en eau par zone irriguée (mm/j ou m<sup>3</sup>/j) = besoin net journalier X superficie de la zone irriguée (ha).



5. Besoin horaire brut en eau = besoin journalier brut divisé par le nombre d'heures d'approvisionnement en eau. Celles-ci n'excèdent jamais 20 heures par jour. Les heures supplémentaires sont mises de côté pour l'entretien.

**Exemple :**

Evapotranspiration de référence journalière pendant la saison d'irrigation : 8 mm

Coefficient cultural : 0.7

Superficie journalière irriguée : 30 ha.

Efficacité d'irrigation : 80%

Heures d'approvisionnement en eau disponibles par jour : 14h

Besoin en eau journalier net de la culture :  $8 \text{ mm/j} \times 0.7 = 5.6 \text{ mm/j}$  ( $56 \text{ m}^3/\text{ha/j}$ )

Besoin en eau journalier brut de la culture :  $56 \text{ m}^3/\text{ha/j} / 80\% = 70 \text{ m}^3/\text{ha/j}$ .

Besoin journalier brut en eau par zone irriguée :  $70 \text{ m}^3/\text{ha/j} \times 30 \text{ ha} = 2100 \text{ m}^3/\text{j}$

Besoin en eau horaire :  $2100 \text{ m}^3/\text{j} / 14 \text{ h/j} = 150 \text{ m}^3/\text{h}$

**Données spécifiques à la culture**

Données de rotation de la culture

Durée de la saison de croissance

Espacement entre les rangées et entre les plants sur la même ligne

Profondeur de la zone radiculaire

Courbes de consommation en eau et en éléments nutritifs (nécessaires pour la planification du système de fertigation)

**Propriétés du sol**

Profondeur du sol

Texture et structure du sol

Gravité spécifique

Densité de la masse volumique

Pourcentage de saturation, capacité au champ, point de flétrissement

Présence de couches stratifiées

Taux d'infiltration et de conductivité hydraulique, si disponible

Salinité du sol

**Topographie : cartes topographiques**

**Capacité d'approvisionnement en eau**

Propriétés de la source d'eau (rivière, lac de retenue, réservoir, puits, approvisionnement public/commercial)

Heures d'approvisionnement (s'il s'agit d'un fournisseur externe ou plafonds de l'approvisionnement en électricité)

Débit horaire maximum (décharge)

Pression au point de connexion avec le système d'approvisionnement (s'il s'agit d'un fournisseur externe)

Qualité de l'eau (contamination physique, salinité)

Équipement existant

Existence d'un équipement de pompage, canaux de distribution et de répartition, accessoires etc.

### **Considérations préliminaires**

Les considérations préliminaires comprennent le choix du type de goutteur, du débit et de la pression de fonctionnement recommandée. Ces paramètres doivent prendre en compte l'espacement des cultures et les propriétés du sol.

La forme du mouillage du sol par le goutteur constitue un facteur important à cet égard.

## **VII. MONTAGE D'UN SYSTEME D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE A FAIBLE PRESSION**

Le montage du système d'irrigation goutte à goutte type FDS Netafim (pour 500 m<sup>2</sup>) se fait sur le champ et nécessite outre l'achat du kit, l'acquisition d'autres matériels. Ainsi, les différents éléments indispensables sont :

- Le kit de FDS comprenant (Figure 22) :
  - o Deux (2) rouleaux de tuyaux avec goutteurs intégrés de diamètre 8 mm (longueur totale : 500 m) ;
  - o Un rouleau de tuyau de diamètre 25 mm (longueur totale : 25 m) ;
  - o Une vanne ;
  - o Un filtre ;
  - o Des coudes et Té ;
  - o Une pince ;
  - o Des accessoires.
- Un réservoir (en béton ou en plastique) d'une capacité d'au moins 200 litres ;
- Une élévation fixe ou mobile en matériaux définitif ;
- Une source d'eau permanente ou provisoire ;
- Un dispositif de refoulement de l'eau pour le remplissage du réservoir.

# Family Drip System

## 500 M<sup>2</sup>

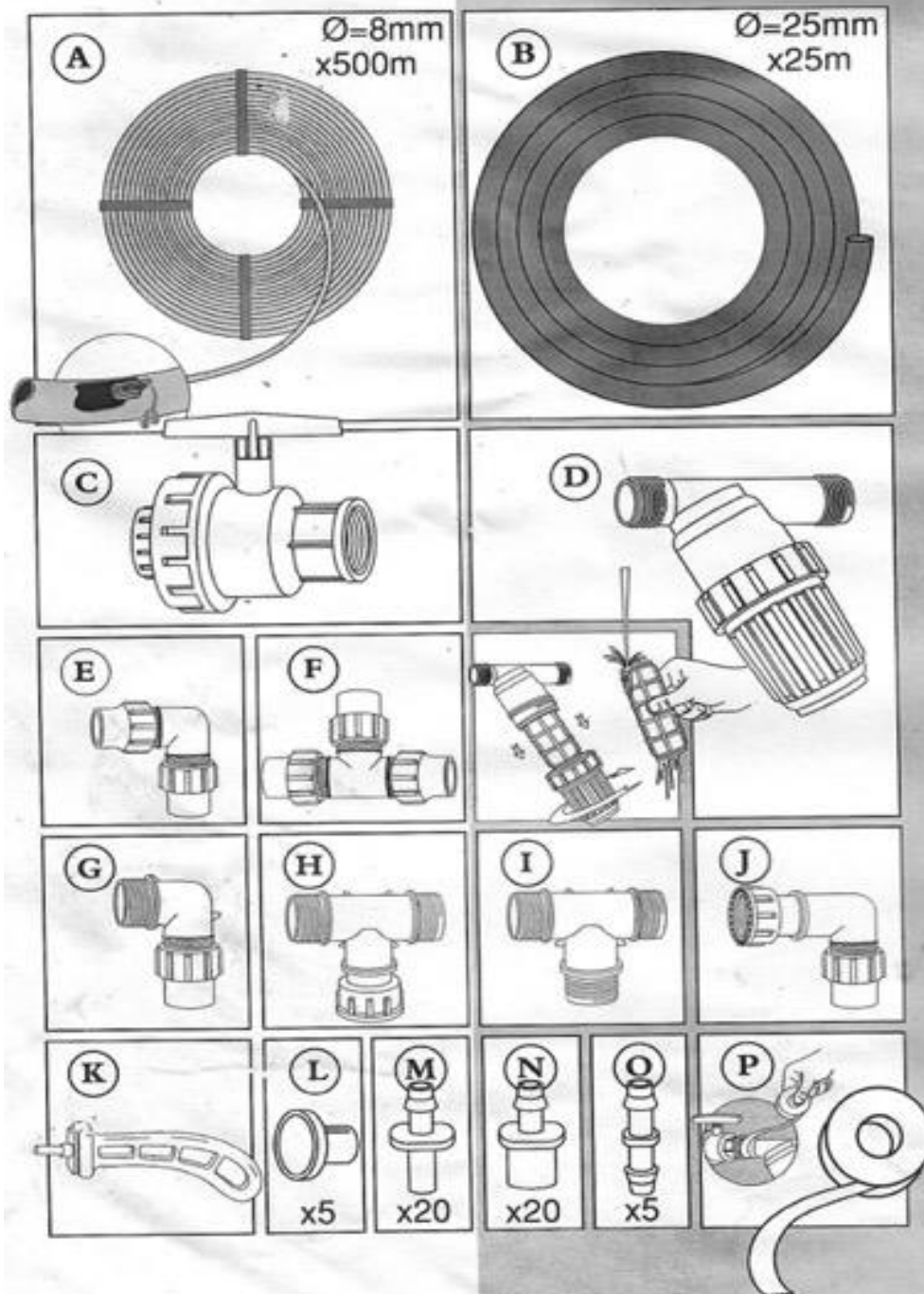


Figure 15 : Fiche de présentation du Kit du système FDS

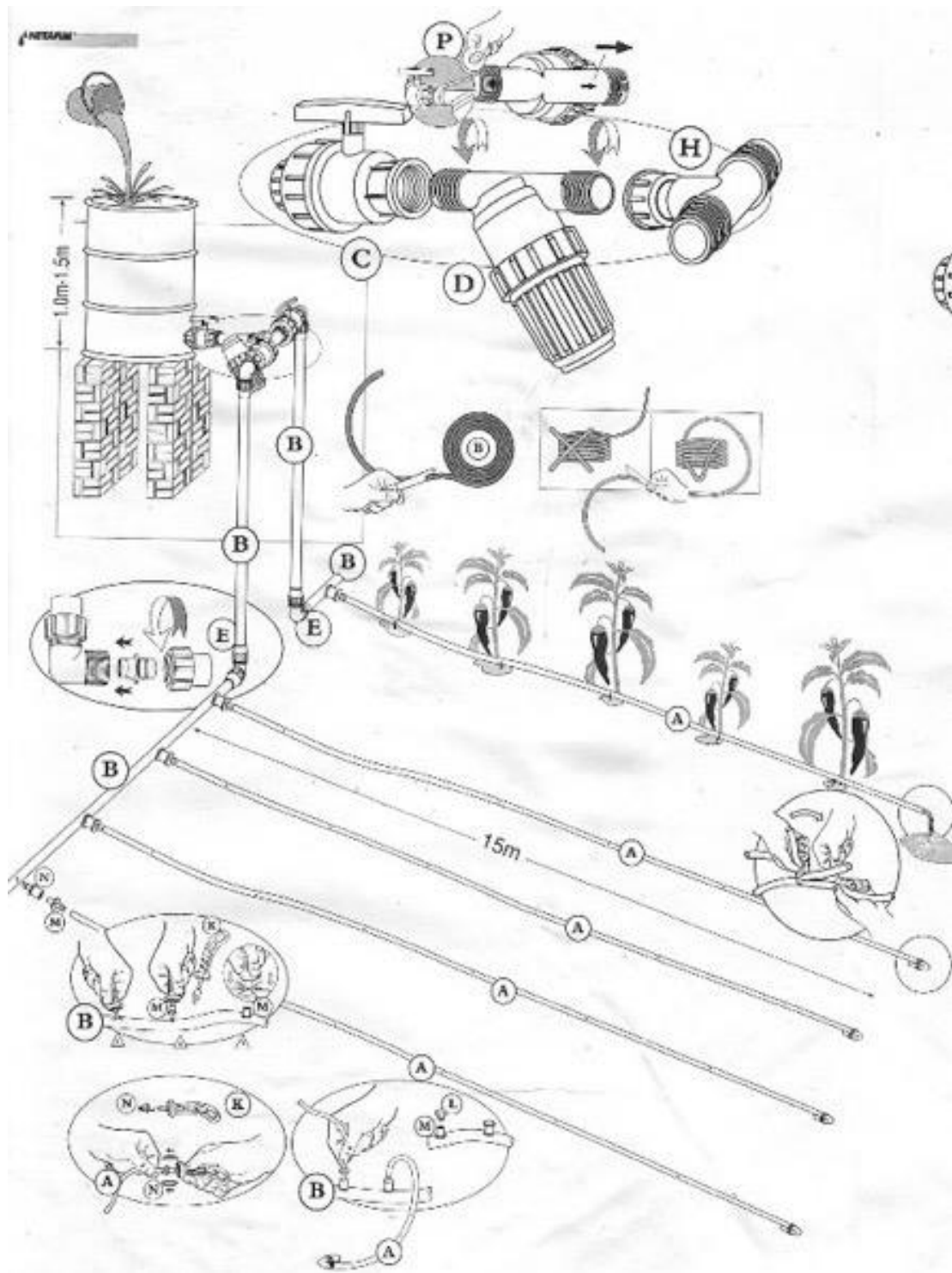


Figure 16 : Schéma du montage du système FDS

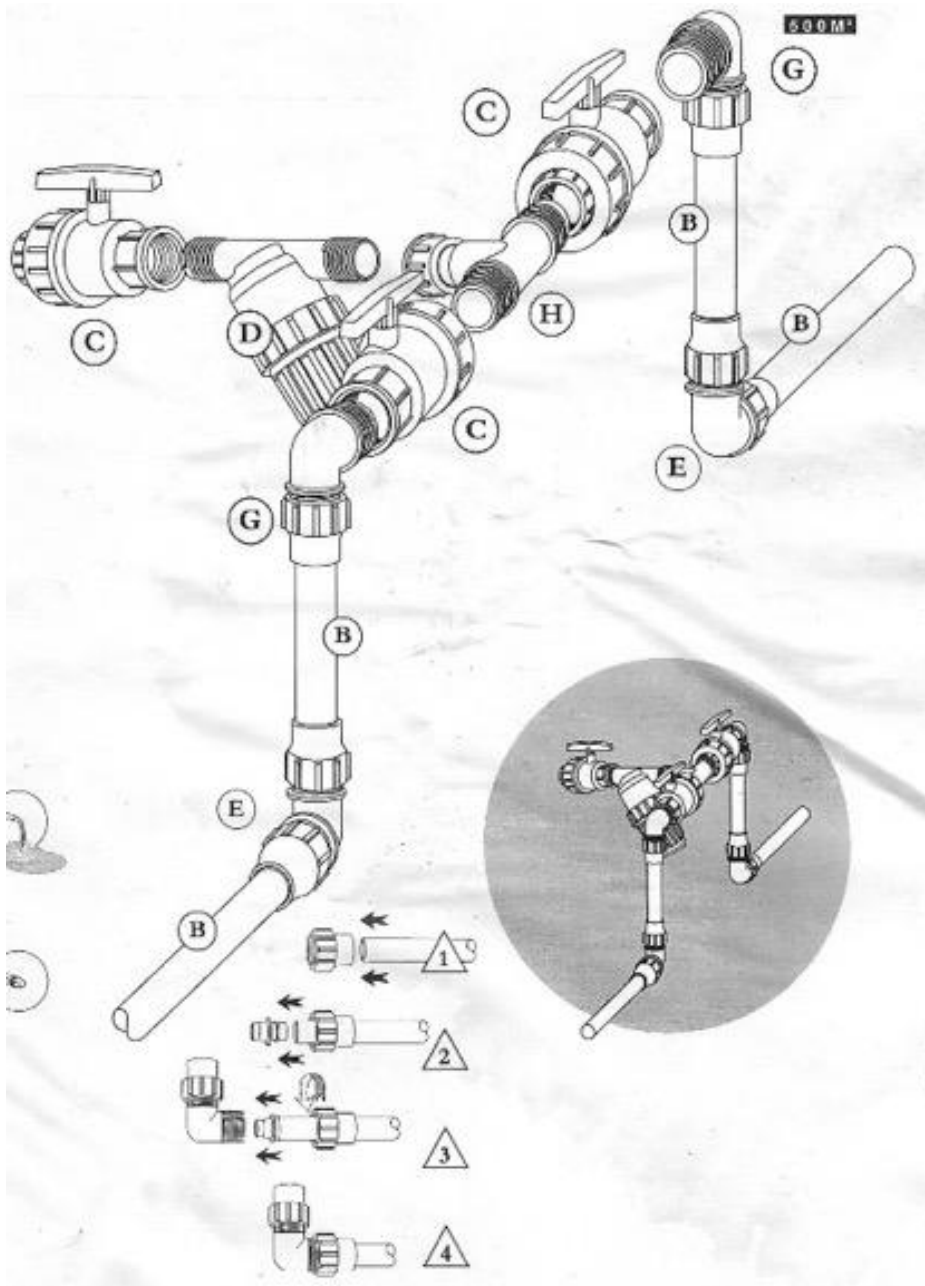


Figure17 : Schéma du montage de la tête du dispositif

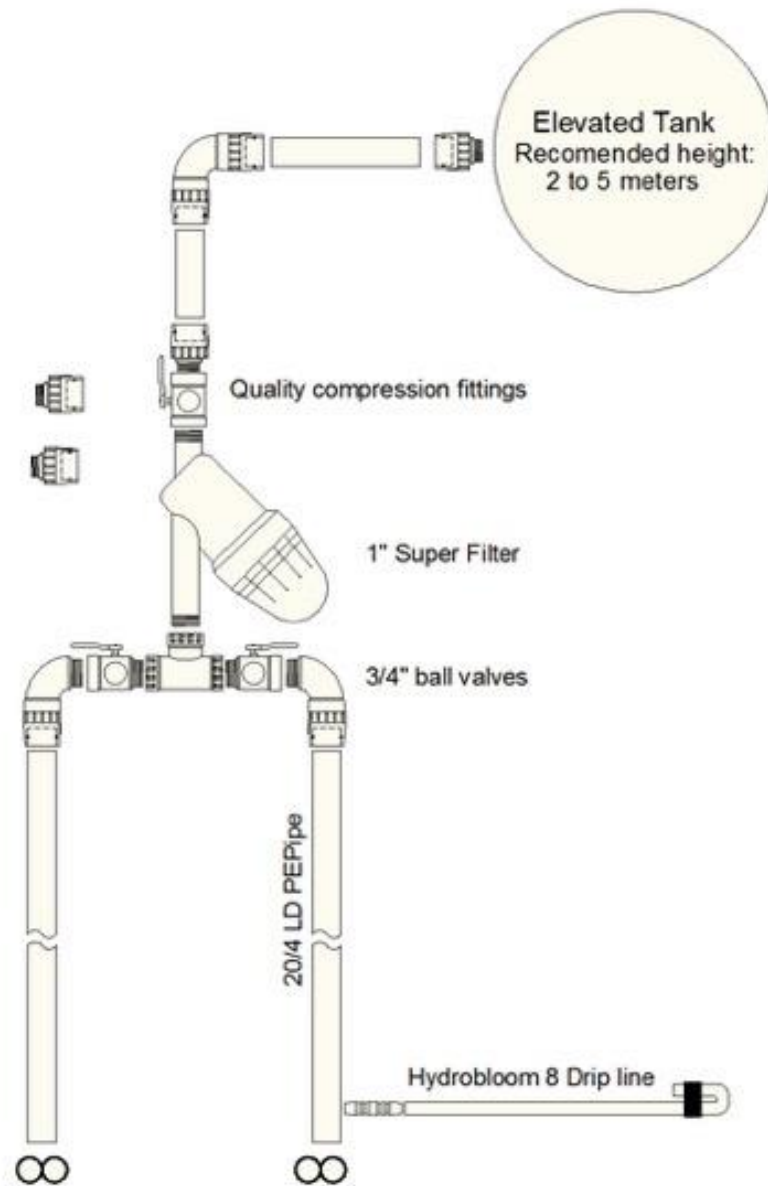


Figure 18: Séparation de la tête d'amenée

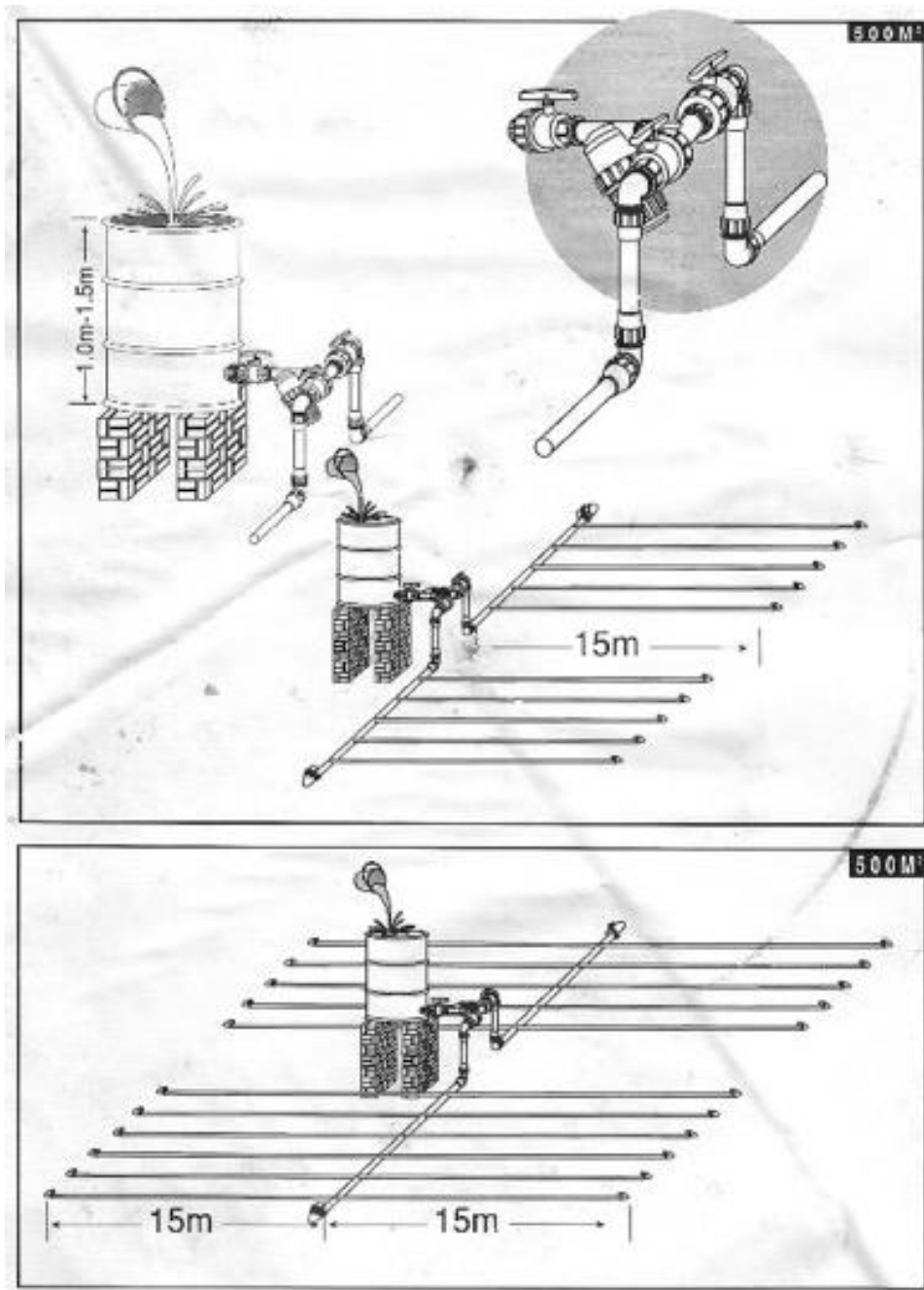


Figure 19: Exemple de disposition de la conduite principale et des lignes des goutteurs





Image 11 : Réservoir d'un système d'irrigation goutte à goutte

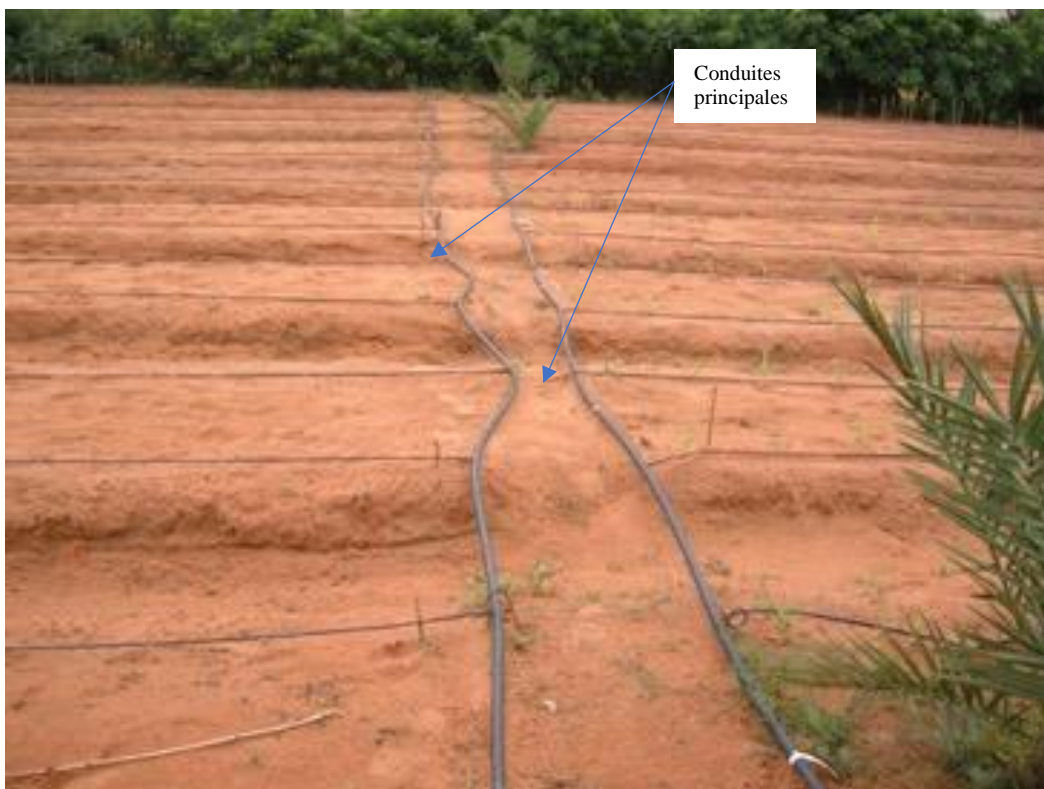


Image 12 : Système de distribution (tuyaux d'irrigation)

## VIII. COUT D'INSTALLATION D'UN SYSTEME GOUTTE A GOUTTE A FAIBLE PRESSION

Le présent devis est une estimation pour la mise en place d'un dispositif de goutte à goutte à faible pression sur un jardin de 500 m<sup>2</sup>. Ce devis en prend pas en compte la source d'eau et le moyen d'exhaure.

Tableau 3 : Devis estimatif pour un système goutte à goutte pour 500 m<sup>2</sup> (FCFA)\*

Sites	Tahoua	Agadez	Tillabéri
Kit de 500 m <sup>2</sup>			
- 500 ml des lignes d'eau (GAG.1)	145 000	150 000	221 000
Coût de réservoir 1000 litre	115 000	140 000	135 000
Réservoir de Fertirrigation (GAG.1)	-	-	83 500
Support en fer (GAG.1)	85 000	110 000	72 000
Support en agglos (GAG.2)	40 000	40 000	40 000

Source : PromAP, 2018

\* : Les coûts indiqués dans le tableau sont variables en fonction des vendeurs.

## IX. GESTION ET CONTROLE DE L'IRRIGATION

Il existe différents niveaux de gestion et de contrôle de l'application de l'eau et des engrais par les systèmes d'irrigation.

La méthode la plus simple, consiste à prendre des décisions en se fondant non sur de véritables calculs, mais sur l'expérience personnelle, l'intuition et la formulation d'hypothèses. A un deuxième niveau, on peut adopter une gestion plus perfectionnée basée sur l'examen du sol par la méthode "voir et sentir"

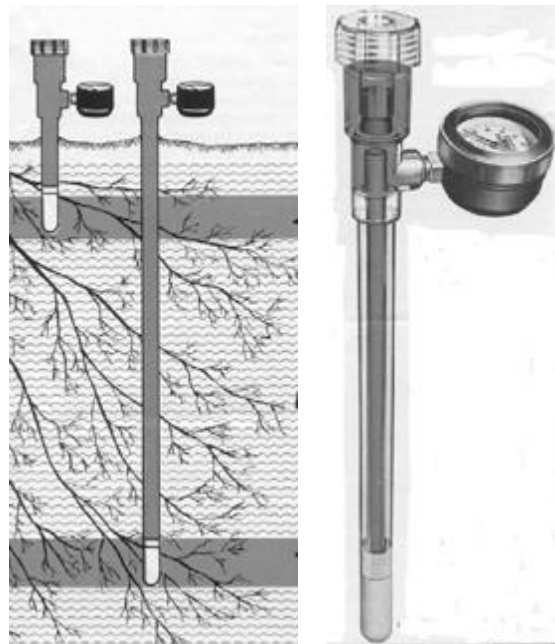
A un troisième degré, l'irrigation et la fertilisation peuvent être basées sur une pratique globale, et des recommandations établies d'après un programme prévu à l'avance pour la saison d'irrigation.

A un quatrième niveau, l'humidification du sol et l'application des engrais sont contrôlés, et l'eau de même que les éléments nutritifs, réapprovisionnés jusqu'au seuil désiré.

Le tensiomètre est le moyen le plus simple et le plus efficace pour contrôler le fonctionnement des systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte. Dans les systèmes en surface, deux (2) unités de tensiomètres sont installées à chaque point de contrôle.

L'embout de céramique du 1<sup>er</sup> tensiomètre est planté dans la couche supérieure du sol, à 15-30 cm de profondeur, dans la zone racinaire effective aérée. Ce tensiomètre est utilisé pour les décisions concernant le déclenchement de l'irrigation.

Le second tensiomètre est enfoncé jusqu'à la limite inférieure de la zone racinaire effective, ou jusqu'à la profondeur désirée du bulbe humidifié. Il indique, 12 à 24 heures après l'application de l'eau, si la quantité fournie a suffi au réapprovisionnement de la totalité de la zone racinaire.



La composition chimique du sol peut également être contrôlée par un extracteur d'humidité - tensiomètre modifié. La solution du sol est extraite par succion à l'aide d'une seringue.

Il existe une technique plus récente de contrôle de l'humidité du sol, basée sur la mesure de sa capacité entre des électrodes.

Dans les serres, l'eau d'écoulement est collectée des lits ou bacs et analysée dans le but de comparer sa composition avec celle de l'eau d'irrigation contenant les éléments nutritifs

injectés. La différence entre les deux solutions indiquera si l'alimentation en engrais est adaptée ou non.

A un cinquième degré, les opérations ci-dessus peuvent être suivies au moyen de la surveillance de l'état nutritionnel du produit cultivé (analyse des tissus) et de celui de l'eau (contenue dans la feuille en milieu de journée ou tension d'eau contenue de la plante). La répartition de l'eau dépend de l'humidité du sol, de l'état de l'eau dans la plante et du climat.

## X. INSTALLATION D'UN SYSTEME D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTE

L'étalement du réseau goutte à goutte s'effectue en fonction du matériel disponible : le kit en vente au Niger permet d'aménager une superficie de 20 m<sup>2</sup> à 500 m<sup>2</sup>.

Le kit utilisé dans la cadre de cette formation permet la couverture d'une parcelle de 500 m<sup>2</sup>.

### Etape 1 : Préalable

Il est nécessaire avant de commencer l'installation du système, de s'assurer que :

- La parcelle est prête (labour et autres travaux de préparation de sol sont effectués) ;
- L'eau d'irrigation n'a pas une concentration en sel ou en matières en suspension élevée ;
- Le réservoir et le support sont installés.

### Etape 2 : Préparation de la tuyauterie

En fonction des dimensions de la parcelle et des cultures qui seront emblavées, on dessine un schéma du dispositif indiquant l'emplacement du réseau principal et l'espacement des lignes de goutteurs.

Pour notre cas, le tuyau du réseau principal a été étalé sur 10,20 m, puis sectionné pour avoir deux longueurs de 5,10 m chacune. La marge de 10 cm servira de coudage puis attaché avec de fil. Les images suivantes montrent les différentes phases d'installation de la tuyauterie.



Image 13 : Coupe du réseau principal et réseaux secondaires



Image 14 : Perçage des lignes des goutteurs à l'intervalle de 50 cm entre le réseau secondaire



Image 15 : Raccordements des réducteurs qui relient le réseau principal au réseau secondaire



Image 16 : Pose des réducteurs avec le perceur



Image 17 :Fixation des lignes de goutteurs sur le réseau de 5,10 m avec des piquets en bois

### **Etape 3 : Connexion du système au réservoir**

Après l'installation des lignes de goutteurs, on procède à la connexion du système au réservoir d'eau. Celui-ci doit de préférence être placé au milieu de la conduite principale et en bordure de la parcelle.

Le réservoir est muni à la sortie d'un dispositif de commande (vanne) et de filtration (filtre) de l'eau.



Image 18 :Vue d'ensemble de l'emplacement des goutteurs et du réservoir

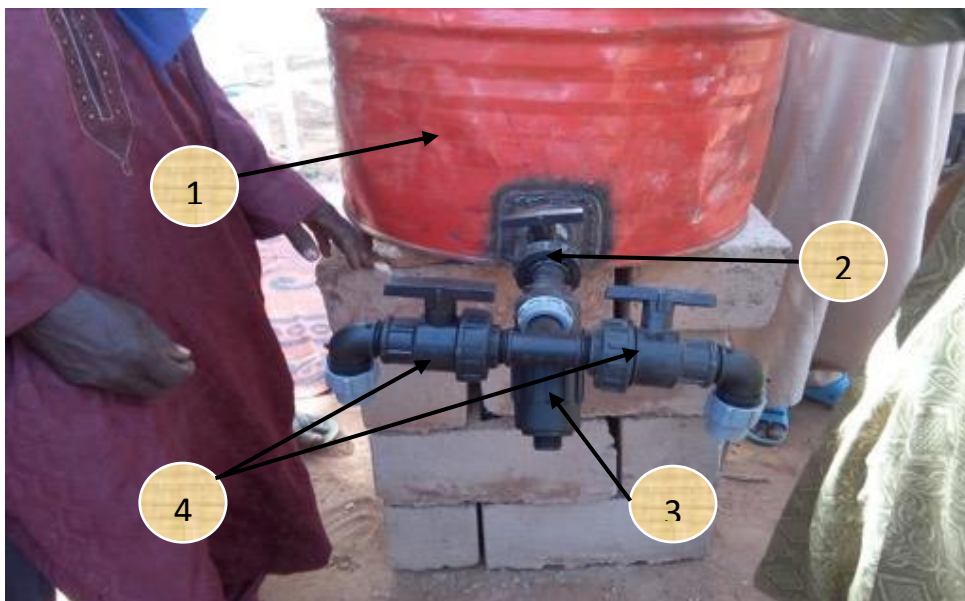


Image 19 : Dispositif de tête du réseau

Le dispositif de tête comporte 4 éléments essentiels :

- 1- Un réservoir en tonneau de 100 litres ;
- 2- Une vanne d'arrêt qui commande le passage d'eau ;
- 3- Un filtre pour limiter le passage des matières en suspension dans le réseau ;
- 4- Deux vannes qui commandent le passage d'eau dans chaque réseau principal.





Image 20 :Raccordement des tuyaux de passage d'eau dans chaque réseau principal



Image 21 :Etape finale de l'installation du réseau goutte à goutte

#### **Etape 4 : Essai du dispositif**

Après avoir connecter le dispositif au réservoir d'eau, on ouvre toutes les vannes et on vérifie si tous les goutteurs fonctionnent normalement.



Image 22 : Essai du réseau goutte à goutte avec 100 litres d'eau.

Le temps mis pour vider un tonneau de 100 litres est de 28 minutes pour 20 lignes de goutteurs de 10 m.

## Bibliographie

Centre de données – Netafim (<http://www.netafim.fr/university>)

btt\_goutte\_4.qxd - 124.pdf (<http://www.agrimaroc.net/124.pdf>)

Manuel\_Irrigation\_goutte\_a\_goutte\_DRDAZinder\_SOS\_SAHEL\_2008.pdf ([http://www.reca-niger.org/IMG/pdf/Manuel\\_Irrigation\\_goutte\\_a\\_goutte\\_DRDAZinder\\_SOS\\_SAHEL\\_2008.pdf](http://www.reca-niger.org/IMG/pdf/Manuel_Irrigation_goutte_a_goutte_DRDAZinder_SOS_SAHEL_2008.pdf))

Irrigation goutte a goutte - a-az836f.pdf (<http://www.fao.org/3/a-az836f.pdf>)

Fiche technique : Système d'irrigation goutte à goutte par gravité ([http://www.formagri.nc/users\\_private/nouveau-telechargement/Fiche-technique-systeme-d-irrigation-goutte-a-goutte-par-gravite-francais.pdf](http://www.formagri.nc/users_private/nouveau-telechargement/Fiche-technique-systeme-d-irrigation-goutte-a-goutte-par-gravite-francais.pdf))

Goutteur en ligne série XF : Guide de conception, d'utilisation et de maintenance ([https://www.rainbird.fr/sites/default/files/documents/d40024a\\_-\\_xf\\_series\\_dripline\\_-\\_design\\_installation\\_and\\_maintenance\\_guide\\_fr\\_fre.pdf](https://www.rainbird.fr/sites/default/files/documents/d40024a_-_xf_series_dripline_-_design_installation_and_maintenance_guide_fr_fre.pdf))

**[Irrigation goutte a goutte - FAO \( www.fao.org/3/a-az836f.pdf\)](http://www.fao.org/3/a-az836f.pdf)**

**[Fiche technique Système d'irrigation goutte à goutte par gravité](#)**

**[Guide de conception, installation et maintenance - Rain Bird \( https://www.rainbird.fr/.../d40024a\\_-\\_xf\\_series\\_dripline\\_-\\_design\\_installation\\_and\\_...\)](https://www.rainbird.fr/.../d40024a_-_xf_series_dripline_-_design_installation_and_...)**

**[MANUEL TECHNIQUE POUR LA CREATION DE FERMES IRRIGUEES](#)**

[open\\_jicareport.jica.go.jp/pdf/12183521\\_02.pdf](open_jicareport.jica.go.jp/pdf/12183521_02.pdf)

**[Manuel d'irrigation Goutte à Goutte - RECA Niger](#)**

[www.reca-niger.org/.../Manuel\\_Irrigation\\_goutte\\_a\\_goutte\\_DRDAZinder\\_SOS\\_SAH...](http://www.reca-niger.org/.../Manuel_Irrigation_goutte_a_goutte_DRDAZinder_SOS_SAH...)  
2.0 Irrigation Goutte à Goutte dans la Région de Zinder . .... schéma).

**[Mode d'emploi du code de calcul des reseaux d'irrigation en goutte a ...](#)**

<https://www.ensh.dz/files/recherche/LOGICIEL.../FR-Logiciel%20IRRI-TECH.pdf>

D'IRRIGATION EN GOUTTE A GOUTTE IRRI-TECH ... utiliser pour le dimensionnement de n'importe quel type de réseau en dehors du goutte à goutte.

**[Irrigation Localisée](#)**

[www.lowcostbooks.es/Manuel%20CECIL.pdf](http://www.lowcostbooks.es/Manuel%20CECIL.pdf)

d'Infrastructures d'Irrigation. Localisée) .... Entrée des données pour le dimensionnement .  
..... pour le dimensionnement du reste du système goutte- à- goutte.

**[Conception d'un projet d'irrigation - I . N . S . I . D](#)**

[insid.dz/realisation/did/D5.pdf](http://insid.dz/realisation/did/D5.pdf)

utiliser, entre :Le goutte à goutte, l'aspersion classique, ou le gravitaire. 5/ dimensionnement du réseau d'irrigation adopté ;.

**[Irrigation, irrigation, irrigation](#)**

[https://www.agrireseau.net/.../10h00\\_Irrigation\\_irrigation\\_irrigation\(D\\_Bergeron\).pdf](https://www.agrireseau.net/.../10h00_Irrigation_irrigation_irrigation(D_Bergeron).pdf)

5 déc. 2012 - EN CONCLUSION. Grands tunnels = gestion de l'*irrigation* ... besoin de l'*irrigation goutte à goutte* ... *Calcul* des besoins en eau en champ avec.

**[NOTE DE CALCUL Liste des tableaux - Documentation 2IE](#)**

*documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac\_css/doc\_num.php?explnum\_id=1965*

NOTE DE *CALCUL* ... Dimensionnement du réseau d'*irrigation* . ..... Le système d'*irrigation* mis en place, le *goutte à goutte*