



(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication :
MA 33390 B1

(51) Cl. internationale :
**E02B 13/00; A01G 00/00;
B05B 00/00**

(43) Date de publication :
03.07.2012

(21) N° Dépôt :
33410

(22) Date de Dépôt :
10.12.2010

(71) Demandeur(s) :
**UNIVERSITE CADI AYYAD, BOULEVARD PRINCE MOULAY ABDELLAH, B.P. 511
MARRAKECH 40000 (MA)**

(72) Inventeur(s) :
ALAIN LANTREIBECQ ; M'BAREK BENCHANAA

(74) Mandataire :
BENCHANAA M'BAREK

(54) Titre : **UN SYSTEME D'IRRIGATION PAR INJECTION D'EAU: L'EXSUDEUR**

(57) Abrégé : CETTE INVENTION PORTE SUR UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE D'IRRIGATION LOCALISÉE SOUTERRAINE QUI APPLIQUE L'EAU DE MANIÈRE CONTINUE AU MOYEN D'UN TUBE POREUX "L'EXSUDEUR" (FIGURE 1), QUI EXSUDE DE L'EAU DANS TOUTE SA LONGUEUR ET DANS LA TOTALITÉ DE SA SURFACE. L'EAU EXSUDÉE TRAVERSE LES PETITS PORES DE LA PAROI DU TUBE POREUX PRODUIT UNE HUMIDITÉ CONTINUE, LARGE ET UNIFORME DANS TOUTE LA LONGUEUR DES LIGNES D'IRRIGATION. CE SYSTÈME EST RELIÉ (FIGURE 2), GRÂCE À DES TUYAUTERIES (1) À DEUX RÉSERVOIRS D'EAU (2) ET D'ENGRAIS (3). L'ENSEMBLE EST PILOTÉ PAR QUATRE VANNES DE RÉGLAGES (4) PERMETTANT D'IMPOSER UN DÉBIT OPTIMISÉ D'EAU POUR L'IRRIGATION. L'ORIGINALITÉ DE CE SYSTÈME EST QUE LE CIRCULATEUR D'EAU DANS LA TUYAUTERIE RELIANT L'EXSUDEUR (5) ET LE MÉLANGEUR (6) DU RÉSERVOIR D'ENGRAIS UTILISENT POUR LEUR FONCTIONNEMENT DE L'ÉNERGIE SOLAIRE.

03 JUL 2012

UN SYSTEME D'IRRIGATION PAR INJECTION D'EAU : L'EXSUDEUR**RESUME DE L'INVENTION**

Cette invention porte sur une nouvelle technologie d'irrigation localisée souterraine qui applique l'eau de manière continue au moyen d'un tube poreux "l'exsudeur" (Figure 1), qui exsude de l'eau dans toute sa longueur et dans la totalité de sa surface. L'eau exsudée traverse les petits pores de la paroi du tube poreux produit une humidité continue, large et uniforme dans toute la longueur des lignes d'irrigation. Ce système est relié (Figure 2), grâce à des tuyauteries (1) à deux réservoirs d'eau (2) et d'engrais (3). L'ensemble est piloté par quatre vannes de réglages (4) permettant d'imposer un débit optimisé d'eau pour l'irrigation. L'originalité de ce système est que le circulateur d'eau dans la tuyauterie reliant l'exsudeur (5) et le mélangeur (6) du réservoir d'engrais utilisent pour leur fonctionnement de l'énergie solaire.

Ce système conduit à une optimisation de l'irrigation et une économie d'eau et d'énergie car il se base sur l'évaluation du bilan hydrique en utilisant aussi bien la programmation de l'irrigation que l'analyse de la gestion de l'eau au niveau de zone d'irrigation. Le sol est considéré comme un récipient d'eau qui se remplit grâce aux précipitations, aux contributions de la nappe et à l'irrigation et qui se vide sous l'action du drainage et de l'évapotranspiration effective. Lorsque ce dernier est déterminé on applique un modèle «agronomique» capable, pour différentes combinaisons «culture-terrain-climat», d'estimer au niveau des entreprises agricoles:

- le calendrier d'irrigation sans limitations hydriques;
- les phénophases où se vérifient les stress hydriques en cas de régimes d'irrigation limités;
- la réduction du rendement dans le cas où les exigences de la culture ne soient pas complètement satisfaites;
- les volumes d'irrigation corrigés selon la qualité des eaux.

Ce nouveau système permet, d'une part, d'aider les paysans à faire des économies d'eau et à augmenter la production, et d'autre part, d'évaluer le risque en termes techniques qui dérivent de la diminution de la disponibilité d'eau pour l'irrigation.

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

Aujourd'hui, l'eau représente une limite fondamentale pour la santé et le bien-être de la population de la terre, et dans le futur sa demande tendra à augmenter. Dans le secteur agricole la demande en eau deviendra de plus en plus importante à cause de l'augmentation du niveau de la productivité agricole, des effets de réchauffement de l'air causés par "l'effet de serre" et de l'altération de la qualité des eaux. La menace de la sécheresse et de la désertification dans la zone de la Méditerranée doit être affrontée à temps, en étudiant la gestion correcte de l'eau.

L'efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation augmente en distribuant l'eau au moment qui convient le plus pour la plante, en choisissant des pratiques convenables pour les cultures et en évitant les excès. En effet, la recherche agronomique a acquis des techniques pour mesurer les consommations d'eau des plantes cultivées et simuler les processus productifs à travers les modèles de culture. Avec ces méthodologies on obtient les indications sur l'impact de la désertification ou d'autres scénarios climatiques possibles sur la productivité agricole du territoire.

La présente invention fait partie des techniques d'irrigation souterraines modernes. Aujourd'hui, le développement de ces techniques doit avoir pour objectif d'utiliser au mieux l'eau, en même temps que les terres, les ressources humaines et les autres intrants essentiels (énergie, machines, engrais et lutte phytosanitaire) de façon à renforcer durablement la production agricole. La sélection d'une technologie d'irrigation appropriée à une combinaison de conditions physiques et socioéconomiques, quelle qu'elle soit, dépend de facteurs complexes et parfois opposés. Là où le manque d'eau est aigu, l'impératif dominant est à l'évidence d'augmenter l'efficacité de l'utilisation de l'eau. Là où les capitaux sont insuffisants, la principale exigence pourrait être de trouver une méthode d'irrigation nécessitant un minimum d'apports en capital ou d'équipements coûteux. Dans d'autres cas, le facteur déterminant peut être la consommation d'énergie, la disponibilité de main-d'œuvre ou les coûts d'entretien.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEUR

De nombreuses techniques d'irrigation classiques et modernes ont été développés afin d'économiser l'eau lors des arrosages. Les facteurs physiques qui entrent généralement en jeu dans la sélection des systèmes utilisés sont les sols, les cultures, le climat, la topographie, la qualité et les disponibilités d'eau, le drainage, les dimensions du champ et le rendement général du système. Les facteurs humains sont la main-d'œuvre et la gestion, la formation et les compétences. Les facteurs économiques sont les coûts de la main d'œuvre, du capital et de l'énergie par rapport à la rentabilité escomptée. Comme il est impossible de définir ou de pondérer quantitativement tous les facteurs pertinents dans chaque cas, le choix du système se fonde souvent sur des préférences subjectives plutôt que sur une analyse explicite. Dans l'ensemble, il n'y a pas de «système idéal» pour les différents types de cultures, de sols et de tailles d'exploitation. L'objectif ne doit pas être de trouver le système idéal, mais un éventail d'options pouvant être appropriées aux circonstances locales. La recherche de méthodes appropriées est nécessairement guidée et limitée par les connaissances disponibles ainsi que par des expériences empiriques sur le terrain.

Pour choisir une ou plusieurs méthodes d'irrigation modernes et les adapter aux besoins et aux situations spécifiques des pays en développement, le premier critère est de réduire les apports en capital associés à l'installation de tels systèmes. Dans les pays industrialisés, les systèmes vendus dans le commerce sont conçus pour réduire au minimum les besoins de main-d'œuvre : ils se caractérisent par leur consommation élevée en énergie, leur fonctionnement automatisé et leur grande taille, qui permettent de réaliser des économies d'échelle. Dans de nombreuses nations en développement, l'équation économique est inverse : la main-d'œuvre est plus facilement accessible que le capital et le combustible est plus rare. Les travaux agricoles sont normalement exécutés par des paysans individuels ou par des familles qui n'ont généralement pas les moyens d'investir des sommes importantes dans l'achat de machines, surtout si ces machines doivent être importées de pays lointains. Les systèmes d'irrigation pouvant convenir à ces agriculteurs devraient, dans la mesure du possible, garantir leur autonomie - c'est-à-dire être basés sur l'utilisation de matériaux et de main-d'œuvre locaux. Le

processus d'adaptation passe aussi par la reproduction du système à une plus petite échelle, mieux adaptée à la taille d'une exploitation familiale, généralement comprise entre moins d'un hectare et quelques hectares.

Généralement, quatre types de systèmes d'irrigation peuvent être utilisés et ont fait l'objet de nombreux brevets :

- 1. Irrigation superficielle:** Laisser couler l'eau à la surface, ou inonder le sol et le laisser saturer jusqu'à une certaine profondeur.
- 2. Irrigation par aspersion:** Pulvériser de l'eau dans l'air et la laisser retomber en pluie sur les plantes et sur le sol.
- 3. Irrigation au goutte-à-goutte:** Arroser goutte à goutte une fraction de la surface du sol de façon à ce qu'elle s'infilte dans la rhizosphère.
- 4. Irrigation souterraine:** Elever la nappe d'eau par en dessous (dans les endroits où la nappe d'eau souterraine est peu profonde et contrôlable) de façon à ce que la rhizosphère soit humidifiée par capillarité.

Aujourd'hui, ces systèmes d'irrigation se perfectionneront progressivement et intègrent d'autres systèmes tels que ceux basés sur l'"Exsudation" souterraine : il s'agit d'une introduction d'eau directement dans la rhizosphère au moyen de réceptacles ou de tubes poreux. Les méthodes rentrant dans cette catégorie consistent à déverser l'eau directement dans la rhizosphère par l'intermédiaire de réceptacles poreux ou de tubes textile perforés qui sont enfouis dans le sol à une certaine profondeur (de 15 à 50 cm), et dont les ouvertures affleurent à la surface. Ces réceptacles, que l'on remplit périodiquement d'eau ou qui restent pleins en permanence, rejettent de l'eau à travers leurs parois perméables dans le sol environnant. L'humidité qui s'en dégage nourrit les racines de la plante. Lorsqu'ils sont disposés en grille, ces applicateurs enterrés permettent d'optimiser la distribution de l'eau par rapport à l'espacement et aux habitudes d'enracinement de la plante.

En théorie, ce type d'irrigation permet une distribution régulière de l'eau, à condition que les réceptacles contiennent de l'eau. La fréquence à laquelle ils doivent être remplis dépend de leur capacité (le volume d'eau qu'ils peuvent retenir) et de la vitesse à laquelle l'eau s'écoule dans le sol. Cette dernière est fonction de la perméabilité des parois des réceptacles et de la vitesse à laquelle le système racinaire environnant absorbe l'humidité du sol. Si l'eau déversée contient

des matières en particules (sédiments en suspension, de nature minérale ou organique), ils peuvent finir par boucher les pores des réceptacles. Ceux-ci peuvent aussi être obstrués par des algues ou des bactéries. Pour remédier à ce problème, les réceptacles doivent être régulièrement nettoyés avec une solution acide ou fongicide et remplacés au bout d'un certain temps.

Pour résoudre tous les problèmes, nous proposons dans le cadre de cette invention un nouveau système d'irrigation capable de :

- réaliser une irrigation optimisée et d'économiser de l'eau;
- conduire, en fonction des propriétés du sol arrosé, à des distributions d'humidité convenables à l'intérieur de la rhizosphère;
- renforcer à la fois l'efficacité de l'utilisation des engrais et de l'eau par une culture en ligne.
- économiser l'énergie nécessaire au pompage et à la circulation de l'eau dans les conduits en introduisant les énergies renouvelables,....

OBJET DE L'INVENTION

L'invention proposée ici est le fruit d'une Recherche & Développement qui s'est centrée autour de l'utilisation des matériaux argileux pour l'application en irrigation exsudante, ce qui a permis le développement de l'exsudeur "**S2IE**" et l'optimisation d'un système de tuyauterie exsudante, de réservoir d'eau et d'engrais et de pompes de circulation d'eau qui fonctionnent en énergie solaire. Cette invention vise à proposer un nouveau système d'irrigation composé par l'ensemble des deux sous systèmes suivants :

► L'exsudeur (Figure 1), constituant sa partie principale, est un tube en céramique poreux. Ces caractéristiques sont présentées dans le tableau I.

Fabriqué en matériaux argileux avec une porosité bien déterminée, l'exsudeur se termine (Figure 1b), selon son axe central par un capillaire cylindrique, de section circulaire de diamètre qui peut être variable, par un manchon plastique (Figure 1b et c) à collée pour recevoir des tuyaux de circulation d'eau. L'exsudeur est enfoui dans le sol à une certaine profondeur (de 15 à 50 cm), et dont les ouvertures affleurent à la surface.

- La seconde partie (Figure 2) est constituée d'un tuyau d'arrivée d'eau (1) au réservoir d'eau (2); ce dernier est relié à un autre réservoir d'engrais (3) muni d'un mélangeur solaire (6) qui permet une alimentation du réservoir d'eau d'engrais destinés aux plantes à arroser. Le réservoir d'eau présente à sa sortie un filtre permettant de filtrer (7) la solution destinée à l'exsudeur.

Avec l'irrigation exsudante "**S2IE**" on obtient une importante uniformité d'émission de l'eau d'irrigation pour différentes pressions de travail. Ceci donne lieu à une distribution uniforme de la quantité d'eau appliquée (Figure 2) pour satisfaire les nécessités des cultures, ce qui est traduit dans l'utilisation efficace de l'eau d'irrigation par les cultures et produit un plus grand rendement de celle-ci.

Dans le système poreux qui est le sol, le tube poreux "**S2IE**" forme un système capillaire continu avec le sol qui l'entoure, mettant tout l'ensemble soumis aux lois hydrauliques qui régissent l'état et le mouvement de l'eau dans le sol. Alors, fournir de l'eau à "**S2IE**" équivaut à fournir de l'eau à tout ce système sol-tube poreux.

Quand "**S2IE**" est enterré, on augmente l'effet de la localisation de l'irrigation en situant l'eau et les engrais directement à la disposition des racines des plantes

cultivées. Grâce à ce nouveau système, l'irrigation exsudante "**S2IE**" est plus efficace. quand serra enterré.

Dans un sol plus ou moins sec, l'eau exsudée à travers la paroi du capillaire de "**S2IE**" est soumise à l'aspiration ou la force hydraulique négative de ce sol sec, et il est distribué dans le sol par l'action des forces de capillarité (Gradient d'humidité) et de gravité. Par conséquent, la ligne d'humidité se déplace dans toutes les directions à partir du tube poreux, aussi latéralement que vers le haut, en résultant la propagation d'un front humide avec une manière plus ou moins cylindrique dans tout le pourtour et dans toute la longueur de la ligne du tube exsudant, indépendamment du type de sol (Figure 2). Alors, suite à la perte d'eau du sol dû à l'extraction qu'effectuent les plantes, l'aspiration d'eau du tube poreux par le sol augmente, et fait que le débit exsudé aussi augmente, en maintenant toujours dans le sol une quantité d'eau qui permet de satisfaire les nécessités des cultures.

Ce système de réglage du débit dans l'irrigation exsudante permet d'arroser de manière continue, de sorte que ce soit le système sol-plante lui-même qui établisse la demande d'eau du "**S2IE**" pour satisfaire les nécessités des plantes à chaque moment, sans que des pertes par percolation se produisent en profondeur sous la zone qu'occupent les racines.

Avec l'irrigation continue, l'eau d'évapotranspiration est continuellement restituée par le tube poreux. De cette manière, les plantes disposent toujours des conditions optimales d'humidité dans la zone occupée par les racines, ce qui nous donne, un développement optimal de la culture avec de haut taux de productions que l'on constate.

Par conséquent, dans l'irrigation par exsudation avec "**S2IE**" le débit exsudé par le tube poreux dépend de la pression d'irrigation et de l'aspiration du sol, qui à son tour dépend de sa structure, la texture (proportion sable, boue et argile), et de sa teneur en humidité.

Considérant les relations que l'irrigation exsudante "**S2IE**" établit entre les propriétés physiques du sol, la dynamique de l'eau dans le sol et l'extraction de

l'eau du sol par les plantes, ce système d'irrigation présente des avantages évidents, comparativement aux autres de systèmes d'irrigations existants.

- ▶ Grande économie d'eau (de 50 à 60%)
- ▶ Basse pression de travail, de 0,2 à 1 kg/cm².
- ▶ Débits variables selon la pression.
- ▶ Faible évaporation, sans écoulement superficiel et de percolation profonde.
- ▶ Il évite les problèmes d'érosion et saturation du sol.
- ▶ Ne se bouche pas par les particules maintenues en suspension.
- ▶ Le système radicaire ne pénètre pas dans le tube textile et par conséquent ne l'obstrue pas.
- ▶ Il oxygène de manière naturelle le sol.
- ▶ Facile d'installation, superficielle, couvert ou enterré.
- ▶ Il peut-être enterré, cela évite des dommages accidentels du au vandalisme.
- ▶ Le vent n'affecte pas la distribution d'eau.
- ▶ Fonctionne sur tous types d'installations, automatisé ou manuel
- ▶ Il s'adapte à tout type de conception paysagiste.
- ▶ Ne mouille pas la surface foliaire des cultures, des fleurs, des parterres.
- ▶ Garantie une meilleur sécurité de travail.
- ▶ Evite les chutes accidentelles pendant le travail .ou les loisirs.
- ▶ Réduit fortement l'utilisation des pesticides.Difuse les solutions nutritives.
- ▶ Meilleur valorisation du personnel. Réduction du coût salarial.
- ▶ Permet la récolte à tout moment de la journée.
- ▶ N'encombre pas le volume hors sol.
- ▶ Très haute résistance à toutes les conditions climatiques (ensoleillement, gel).

Cette invention permet une meilleure gestion de l'eau et une aide aux paysans à faire des économies d'eau et à augmenter la production. Elle permet également d'évaluer le risque en termes techniques qui dérivent de la diminution de la disponibilité d'eau pour l'irrigation. Le modèle "agronomique" de ce système utilise un ensemble d'indicateurs, faciles à repérer. Ils sont relatifs aux conditions climatiques, à l'état d'irrigation du terrain, aux stades phénologiques des cultures, à la disponibilité des ressources en eau (qualité et quantité) pour programmer l'irrigation et analyser la gestion de l'eau dans un territoire. En outre, la méthode proposée permet de comparer les différents scénarios climatiques agronomiques. Pour chaque condition on reconstitue les calendriers d'irrigation simulés selon les cultures, le type de terrain, le rendement et le pourcentage avec lesquels sont satisfaits les besoins d'irrigation des cultures.

REVENDICATIONS

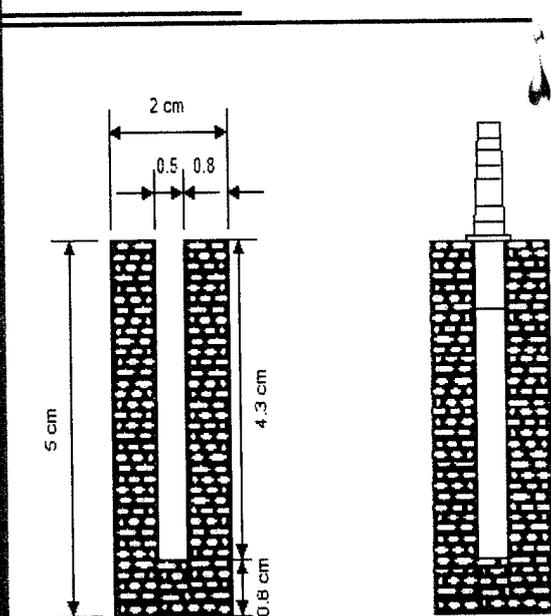
Ce qui est revendiqué au niveau de l'invention est :

Exsudeurs souterrains: Introduire l'eau directement dans la rhizosphère au moyen de réceptacles poreux.

1. Procédé permettant d'améliorer l'irrigation maraîchère et ornementale en favorisant l'économie d'eau et favorisant la nutrition minérale des plantes par la propagation plongeante des racines en sous sol.
2. Une méthode selon la revendication 1 caractérisée par l'irrigation souterraine reposant sur l'utilisation de la rhizosphère par l'intermédiaire de cône creux (réservoir) cylindrique poreux qui sont enfouis dans le sol à une profondeur variable (de 15 à 50 cm), et dont les extrémités des cônes sont reliées par un tuyau en matière plastique de petite section à une canalisation d'eau en surface type goutte à goutte.
3. Un procédé selon les revendications 1 et 2, caractérisé par une amélioration importante d'économie des ressources en eau.
4. Un procédé selon les revendications 1, 2 et 3 caractérisé par une amélioration importante des qualités gustatives du à la microbiologie du substrat et des sels minéraux récupérés par les racines plongeantes.
5. Un procédé selon les revendications 1, 2, 3 et 4 caractérisé par la fabrication d'un « **Exsudeur** » en matière céramique de différentes porosités de différents diamètres, et de différentes longueurs le tout comportant un réservoir approprié au type de culture et de sol.

S2IE

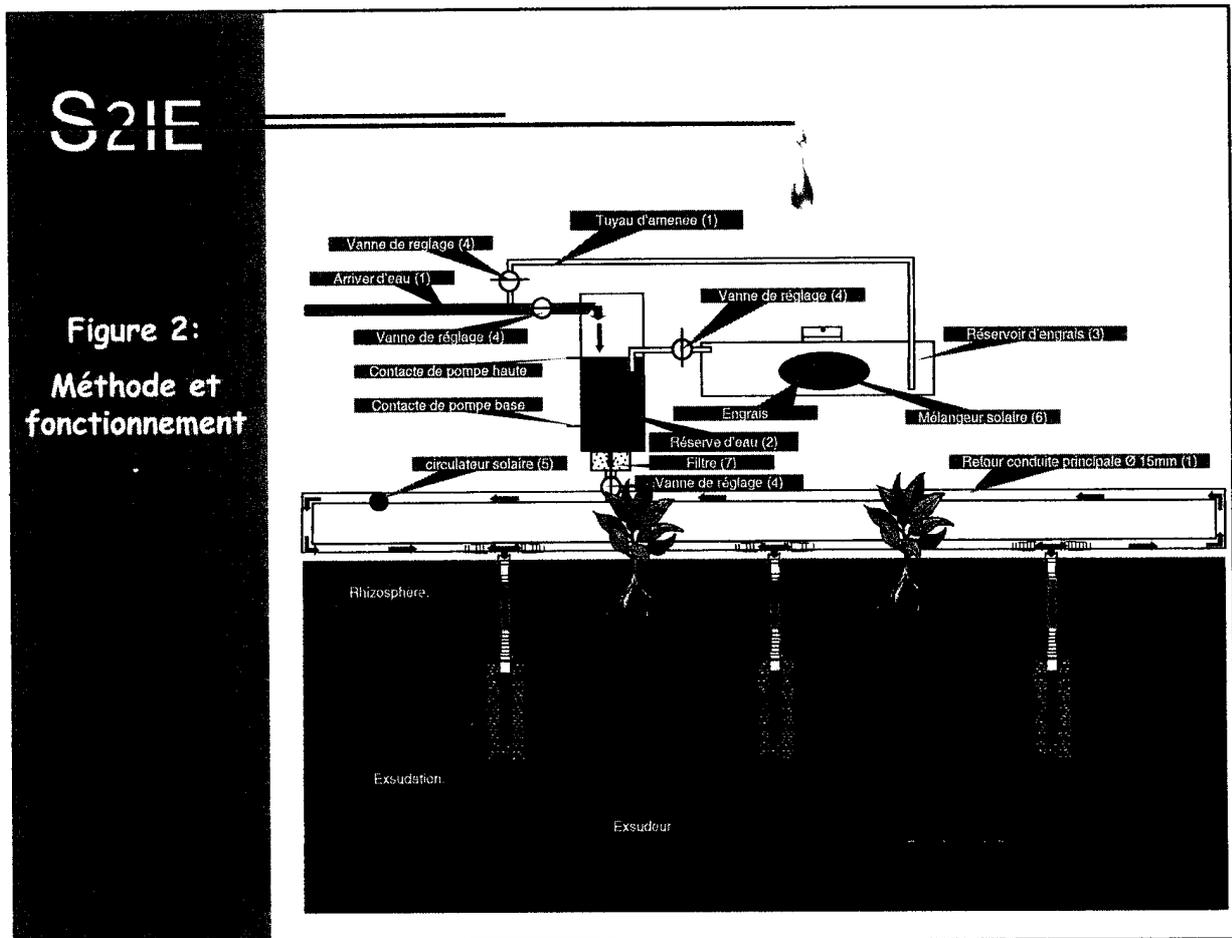
Figure I :
Éléments de l'exsudeur.



(a) Exsudeur en céramique poreux

(b) Volume cylindrique

(c) Manchons plastique à collée pour recevoir tuyaux de 0.5mm



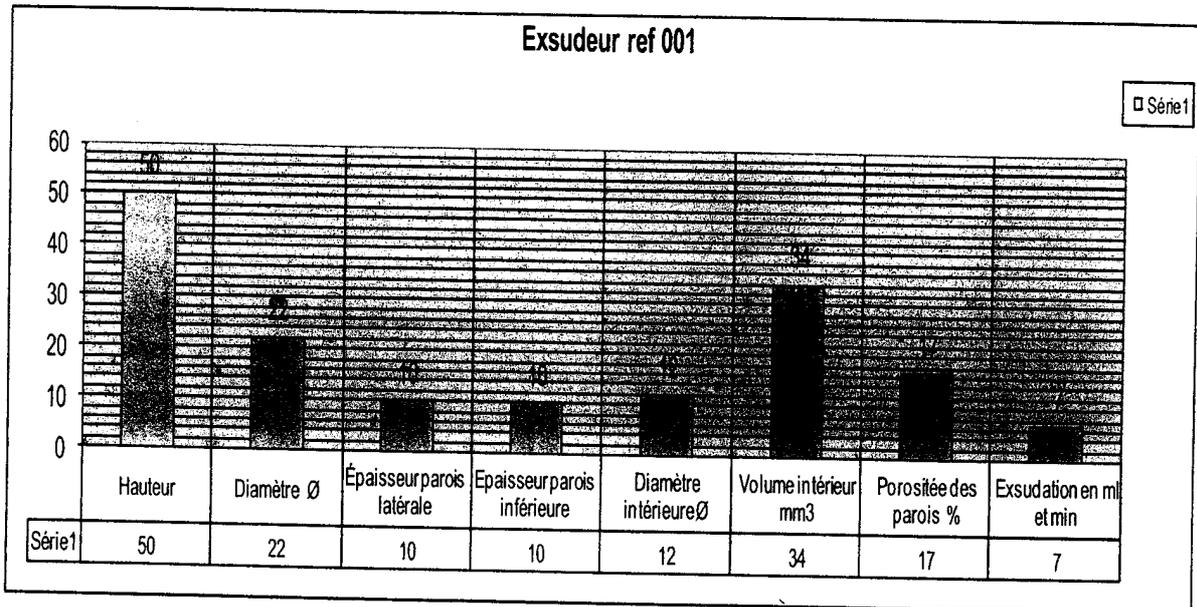


Tableau 1 : Caractéristiques de l'exsudeur