

## SITUATION ET PERSPECTIVES DE L'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE ET DES METHODES SIMILAIRES

par P. CELESTRE

Istituto di Idraulica Agraria Università di Pisa - PISA - ITALIE

- 1 - *Tendances actuelles de l'irrigation: grands appareils mobiles (lignes pivotantes, Typhon, etc.); minces appareils fixes (goutte à goutte, etc.). Choix économique et variable dans le futur.*

L'économie domine presque toutes les activités humaines et au moins toutes les activités techniques. Ce principe fondamental influence mon rapport et probablement même tous les travaux du Seminaire actuel plus que dans les autres cas, parce qu'ils regardent la recherche des techniques d'irrigation nouvelles et le choix de celles plus convenables parmi les mêmes.

Pourtant l'étude complet des nouvelles techniques devrait comprendre un examen technique et un examen économique. Mon rapport, pour des raisons contingentes, développera seulement et surtout le point technique dans les limites des quelques méthodes récentes (par. 3, 7), mais posera ou au moins signalera même le point économique des mêmes méthodes (par. 8).

La suprématie dite de l'économie permet de remarquer tout de suite et facilement que l'irrigation du futur — bien entendu, du futur immédiat — pourra et devra comprendre seulement deux solutions générales. Précisément le coût croissant de la main-d'oeuvre et celui décroissant des outillages et des automatismes permet de conclure même intuitivement — et mieux avec des comptages appropriés, mais simples — que deux solutions d'irrigation diamétralement opposées et — si possible — toujours plus divergentes sont toujours préférables que l'irrigation traditionnelle soit par aspersion soit par suintement. La première solution est celle de la plus grande continuité d'arrosage et dans le même temps de la plus grande fixité des installations; la deuxième solution — opposée — est celle de la plus grande irrégularité de l'arrosage et par conséquent de la plus grande mobilité des installations. Au premier type on peut donner le nom de « irrigation permanente » ou mieux « diurne », comme nous verrons en suite, et elle comprend l'irrigation à goutte, comme cas particulier. Le deuxième type a encore moins une dénomination spécifique et peut être nommée, au moins provisoirement, « irrigation automotrice ».

La pratique d'irrigation confirme quotidiennement la validité de cette prévision. En effet, continuellement et proportionnellement au développement industriel de la Nation, les deux techniques dites envahissent les surfaces d'irrigation des nouvelles installations et souvent remplacent même les installations existantes.

En tout cas le développement des deux techniques est déjà formidable dans tout le monde.

Naturellement les questions des méthodes à goutte seront examinées après; ici on peut déjà remarquer que la surface à goutte était déjà supérieure de 65.000 Ha à la fin de 1973 et qu'elle presque double tous les deux ans et on peut avancer aussi que les types de goutteurs sont très nombreux, probablement plus de 100.

Au sujet des grands arroseurs automateurs, les développement est encore plus large.

Comme chacun sait il existe aujourd'hui de machines d'arrosage automatrices (pivotantes), entièrement automatiques et capables d'arroser chacune 100-150 Ha, qui présentent un coût d'installation insurmontable (250.000 L./Ha) et une très modeste surveillance (même seulement 1 homme pour 4 arroseurs automateurs, c'est-à-dire 1 homme seul pour 600 Ha!).

Les modèles sont encore très nombreux, probablement 60-70. Ici j'en nomme quelques-uns plus connus:

#### Appareils à pivot

IRRICO	(plusieurs modèles)
IRRIFRANCE	(plusieurs modèles)
BANCILHON	(plusieurs modèles)
PERROT FRANCE	(plusieurs modèles)
LAUREAU	(plusieurs modèles)
VALLEY	(plusieurs modèles)

#### Canons ou sprinklers en se tirant

AQUAMOBILE I  
 AQUAMOBILE II  
 REGENGIGANT  
 SPIN O RAIN  
 DOLPHIN  
 VERNER  
 CARRAIN  
 ITALSPRAY

## Appareils sur chariot

## GEANT SPRINKLER

DDM - 100

DDM - 400

SUPERRAIN

Les arroseurs pivotants (100-150 Ha) sont déjà initiés depuis quinze ans aux USA et aujourd'hui ils sont sur le point de supplanter toutes les autres méthodes d'arrosage en général prédominantes dans les Nations évoluées.

Quand on parle de la goutte, il faut tenir aussi un oeil sur les grands arroseurs automateurs. Les deux techniques sont opposées et divergentes, donc, on devient louche; mais ce double regard est nécessaire! Le choix dépend du bilan et de l'optimisation économique, dont je donnerai quelques signes prochainement (par. 6).

## 2. Brève histoire de l'irrigation goutte à goutte.

L'irrigation à goutte ne peut pas se limiter aux méthodes gouttantes, mais elle doit comprendre toutes les méthodes, qui produisent humidité semblable dans le sol.

Le développement dans les temps des méthodes d'irrigation intéresse soit pour les habituelles incertitudes par rapport aux innovations, soit pour découvrir les aptitudes initiales et par conséquent fondamentales, soit pour suivre l'évolution et donc les principaux défauts.

Quelques pratiques d'irrigation de ce genre ont des origines introuvables dans les siècles; parmi celles-là on peut énumérer: la subirrigation permanente et spontanée au moyen de débordement de l'eau dans les fossés en des zones de bonification au moyen de nappe ad hoc, dont les Polders Hollandais représentent une pratique en acte et très efficace; de petits ruisseaux permanents ou presque, dérivés des sources ou des puits, pour de petites parcelles cultivées en maraîchères; des pots pleins d'eau et fixés avec l'embouchure étouffée dans le sol à l'abri des arbres, qui est une pratique usagée historiquement en Asie Moyenne-Orientale et souvent répétée aujourd'hui pour le jardinage domestique avec des bouteilles de verre; et ainsi de suite. L'emploi de petits tuyaux de plastique, perçés, gouttants le long de breves rangées de maraîchages et de vergers, même si récentes à cause de la relative nouveauté du plastique économique.

Les applications rationnelles et spécifiques sont toutes récentes et assez complètement définies.

Les premiers essais d'irrigation de ce genre sont dus à KORNIEFF dans le 1925 [1] et BORDAS dans le 1931 [2] avec subirrigation gouttante et continue; en deuxième type, capable de former une nappe phréatique au niveau voulu, fut exécuté par CELESTRE en 1951 [3,4] pour le Stade Olympique de Rome et pour d'autres Stades. Un troisième cas avec des dégouttements produits par des spiraux avec une vis et une vis femelle fut breveté par L. BLASS en 1953 en Angleterre [5] et appliqué par des Maisons Anglaises (Cameron, Wright Rain) quelques années après, en le nommant « trickle irrigation ». Dans le 1959-60 S. BLASS en Israel (du même nom, mais distinct du BLASS précédent) et CELESTRE en Italie, commencèrent indépendamment (et sans s'en rendre compte au regard du début Anglais) de diverses méthodes à goutte (Blass, spiral capillaire pour un emploi sous irrigatoire et superficiel; Celestre, de nombreux types de goutteurs, chacun pour un emploi sous-irrigatoire ou superficiel ou aerien. La dénomination française « à goutte » dérive de celle italienne « a goccia » introduite en 1960 [6]; tandis que la dénomination « par suintement », quelque fois utilisée en France, dérive de celle anglaise « trickle ».

L'introduction, ensuite, de différentes méthodes avec arrosage fréquent et temporisé, plutôt que continu, sont dues uniquement à CELESTRE (1963) [9, 10, 11, 27]. Ils furent recherchés soit pour surmonter les délicats dégouttements continus, soit pour étendre le domaine des applications agricoles, soit pour obtenir des effets pedophysologiques semblables au cas continu, mais pas identiques.

Par la suite est née une myriade d'agrandissements ou perfectionnements ou quelquefois de répétitions souvent difficiles à disposer chronologiquement et de toute façon tous limités aux arrosements continus. Parmi ceux-ci méritent une particulière mention pour diffusion et pour nouveauté:

— l'agrandissement de TOURNON (1965) [20] de minces incisions sur les tuyaux plastiques au lieu de délicats capillaires, et par conséquent une très grande simplicité et économie;

— la modification du goutteur Blass par la Maison VOLMATIC-Danemark (amplement employé dans les serres du Centre et Nord Europe); par les Maisons NAAN et NETAFIM-Israel (mis dans le commerce à partir de 1966), et par la Maison TRIKLON Australie (économique et pratique et rapidement imposé), qui d'autre part seront mieux tirés au clair dans l'exposition particulière des méthodes;

— les plusieurs mécanismes gouttants aux USA (plus de 40) et d'habitude récentes (à partir de 1965).

Dans les dernières années (à partir de 1970) sont sortis en France et aux USA d'autres méthodes temporisées, basées sur timer électrique et sur sen-

sourum de l'évapotranspiration journalière ou d'autre parmi lesquelles celle française [37, 44] est en train de résulter très efficace, tandis que celles USA sont connues seulement en manière indirecte.

### 3. *Classification des méthodes d'irrigation à goutte et semblables.*

Les nombreuses méthodes à goutte et celles semblables avec arrosage très fréquent, déjà développées, demandent encore une définition et une classification.

Premièrement il est opportun d'éclaircir s'il est possible de mettre une nette limite entre les méthodes que nous examinerons et celles traditionnelles. La distinction est possible à travers le cours de l'humidité du sol par rapport au temps; précisément alors que les méthodes traditionnelles sont caractérisées par des variations alternes de l'humidité, le plus souvent pas contrôlables, les méthodes que nous examinerons au contraire sont caractérisées par des variations nulles ou graduelles de l'humidité, le plus souvent contrôlables. En d'autres termes, tandis que les premières sont caractérisées par le graphique bien connu  $u(t)$  ( $u$ =humidité,  $t$ =temps) à dents de scie, correspondants aux tourises réguliers ou « à la demande » de l'arrosage et qui ont un demarche ouverte, dominé par le dessèchement naturel du sol; les deuxièmes au contraire sont caractérisées par les graphiques  $u(t)$  constants ou doucement variables, déterminés à volonté (dans une certaine mesure) avec un dosage quotidien constant ou variable de l'arrosage.

Naturellement les limites, que nous avons vues, peuvent devenir imprécises pour des installations d'irrigation particulières, comme pour des installations conventionnelles avec un service de 2 ou 3 jours ou comme pour des installations en discussion avec des arrosements tous les 1 ou 2 jours, mais ils représentent des cas extrêmes et rares pour lesquelles la distinction reste valable et claire pour la prépondérance des cas effectifs.

L'humidité du sol peut, au contraire, être uniforme ou pas uniforme à volonté ou nettement que pour les irrigations habituelles, c'est-à-dire le graphique  $u(x,y)$  ( $x,y$ =coordonées du plan de campagne) peut être constant ou variable à volonté (dans des évidentes limites d'intérêt d'irrigation et de diffusion hydrique).

Les méthodes d'irrigation sous-dites constituent un nouveau système d'irrigation que peut être bien nommé:

en Français « diurne » ou « semi-permanent » (en Anglais: diuturnal; en Italien et en Espagnol: diuturno) (\*).

---

(\*) L'expression « diuturnal » et « diurne » (du latin: diuturnus=continuuel, persistant) a même l'avantage de répétition dans les langues neo-latines; alors qu'elle est archaïque pour l'Anglais et surtout pour le Français.



A leur tour les méthodes caractérisées par des arrosages continus et celles caractérisées par des arrosages irréguliers peuvent être nommées: les uns « a goutte » (Anglais: drip; Italien: a goccia) ou mieux « par suintement » (Anglais: trickle; Italien: a stillicidio); les autres « par gorgées » (Anglais = sip; Italien = a sorsi).

Les nouvelles dénominations (irrigation continue, par suintement, par gorgées) paraissent nécessaires pour la grande extension assumée par la matière et pour l'évidente insuffisance des précédentes locutions « a goccia, goutte à goutte, trickle, drip, drop, etc. » (selon les langues et les auteurs) à la représenter. A ce regard il est opportun tirer au clair que la diction « diurne » paraît assez apte soit linguistiquement, soit que pour la façon expressive; du point de vue linguistique, en effet, elle indique la nature insistente et persistente des arrosages mais même la suite libre et pas nécessairement périodique des mêmes; du point de vue expressif elle paraît efficace et on peut bien la distinguer. Par contre les titres « localisé » (France); « trickle » (Angleterre); « drip » (USA); « daily » (USA) sont beaucoup insatisfaisants ou au moins peu aptes.

Pour une démonstration rapide, je me limiterai à peu d'allusions, comme suit:

a) l'irrigation traditionnelle par des cuvettes ou des petites fosses autour de l'arbre est aussi « localisée »;

b) la méthode BAS RHONE (ou localisée, selon le baptême Français) produit une humidité semblable dans le sol, mais elle n'est pas du tout gouttante;

c) d'une manière analogue soit la nappe phréatique artificielle, soit la nébulisation en serre ou en pleine air produisent une humidification semblable, mais elles gouttent encore moins;

d) d'une manière analogue encore les petits asperseurs statiques dans les vergers et des jets brefs et forts, quotidiens ou presque, répètent des effets semblables, mais ils ne gouttent ni suintent;

e) le titre « diurne » (de longue durée, persistant — consulter un dictionnaire français historique) reproduit exactement la caractéristique temps; il dérive du latin et c'est un terme semblable en tous les langues neo-latines (Italien, Espagnol, Portugais);

f) le titre « journalier » est trop blafard et même inexact au regard de beaucoup de méthodes qui emploient des intervalles de 2, 3 heures ou 2, 3 jours;

g) le titre « permanent » ou « semipermanent » satisfait à la régularité de l'humidité, mais pas à l'emploi des outillages.

Evidemment la question n'est pas capitale ni urgente; mais il faudra à la fin faire des choix satisfaisants et si possible au dehors ou loin des suffleurs commerciaux.

Deuxièmement, la classification correspondante peut être basée sur les modalités et sur les outillages d'irrigation ainsi comme il arrive pour les systèmes traditionnels et elle permet de distinguer 3 catégories et 9 classes, ainsi de suite:

Irrigation diurne (ou semi-permanente)	Irrigat. par suintement ou par gorgées	I	- Nebulizée (Nuage artificiel)
		II	- Phreatique (Nappe phréatique artificielle)
	Irrigat. par suintement	III	- Répartie ou localisée (Surface complètement ou en partie mutilée)
		VI	- Avec cumul et repandage (Repandages horaires avec cuvettes de cumul)
	Irrigat. par gorgées	V	- Avec cumul et aspersion (Aspersions horaires avec cuvettes de cumul)
		VI	- Avec autoclave et aspersion (Aspersions horaires et puissantes avec autoclaves)
		VII	- Automoteur (Rampe mobile automotrice et permanente)
		VIII	- Avec temporisateur et repandage (Repandages horaires avec temporisateurs)
		IX	- Avec temporisateur et aspersion (Aspersions horaires avec temporisateurs)

A son tour quelques classes peuvent être subdivisées en trois sousclasses selon que les conduites sont situées aériennes ou en surface ou sous terre. Du point de vue pédo-physiologique les sousclasses peuvent produire des effets sensiblement différents; du point de vue structural et hydraulique, au contraire, elles résultent très semblables et aussi, donc, du point économique et prédominant.

La classification dite, déjà exposée une partie en [9, 10, 11] et en complet en [27, 41, 61], comprend soit les techniques « à goutte » (ou trickle, ou drip) maintenant beaucoup répandues, égales à la classe III, soit les techniques introduites par d'edrivante correspondant aux classes II, IV et IX, soit celles récemment commencées en France et en USA dans les dernières années, rentrants dans la classe VIII. La classe I reproduit et étend une intéressante solution introduite par PROCACCINI (1966) et CERRATO (1967). La même classification, d'autre part, paraît même épuiser les possibilités technologiques-irrigatoires d'aujourd'hui au regard du système continu.

Comme on voit la classification présente inclut même beaucoup de modalités d'irrigation traditionnelle (aspersion, infiltration et subirrigation) à condition qu'elles soient réduites à de services journaliers ou horaires. En effet l'élément fondamental est l'humidité dans le sol, pas l'appareil qui l'a fournie; alors qu'on peut dès maintenant avancer que justement les arroses traditionnels, rendus continus, fournissent les résultats plus encourageants. Des diverses techniques du type inondation et écoulement, en outre, ne paraissent jamais reproductibles dans le système continu, au moins dans le sens effectif de ce terme.

Mais il ne faut pas croire que les installations traditionnelles existantes et surtout celles par aspersion et automatisées peuvent être transformées en continues simplement en y introduisant un service journalier. Cette transformation peut se réaliser, en sens fonctionnel, avec des modifications modérées ou considérables selon les cas, mais pas au sens économique. En effet les installations continues, même par aspersion, demandent une adaptation optimale sui generis.

4. *Etat actuel de la Technique de goutte à goutte. Superficies, cultures, gouteurs, autres appareils (diapositives des gouteurs).*
5. *Etat actuel des techniques similaires. Méthodes nuage artificiel. Méthodes à gorgées (Pisa). Méthodes par rampes perforées (Bas Rhône). Applications appareils (diapositives).*
6. *Situation de l'expérimentation. Résultats technologiques, pédologiques, agronomiques.*
7. *Limitations des méthodes de goutte à goutte et perspectives des méthodes par gorgées. Améliorations envisageables pour ces deux catégories. Possibilités pour les cultures extensives.*
8. *Problématique et recommandations pour le progrès des nouvelles techniques. Programme de recherche. Optimisation des nouveaux réseaux. Echanges internationaux.*



*Publications by P. CELESTRE*

1. Brevetto n. 483633 - Sistema di drenaggio e/o subirrigazione - Giu. 1951.
2. Lo Stadio Olimpionico di Roma - INGEGNERE, 1953, n. 6, pag. 12-14.
3. Sistema di irrigazione a goccia - Nota I - 1960, AGRICOLTURA ITAL., Nov., Vol. 60, pag. 353-366.
4. Brevetto n. 635845 - Sett. 1960 - Sistema di irrigazione a goccia.
5. (Sistema di irrigazione a goccia) - Attività del 1960 - ANNALI FAC. AGRARIA - PISA, pag. 232-236.
6. Drop Irrigation System - ICID, V CONGRESS TOKYO, Giu. 1963, Question 16, pag. 541-546.
7. (Sistema di irrigazione a goccia) - Attività del 1963 - ANNALI FAC. AGRARIA - PISA, pag. 77-84.
8. Sistema di irrigazione a goccia - Nota II - AGRICOLTURA ITAL., Mar. Apr. 1964, Vol. 64, pag. 88-117.
9. Sistema di irrigazione a goccia - CENTRO INT. STUDI IRRIGAZIONE, VERONA, 1964, Quaderno 3.
10. Drop Irrigation System - VIII INT. CONGRESS of SOIL SCIENCE - BUCHAREST, Set. 1964, Vol. II, pag. 471-487.
11. Drop Irrigation System - Hygher Efficiency and Lower Cost - VI INT. CONGRESS of AGRICULTURAL ENGINEERING, LAUSANNE, Oct. 1964, pag. 303-316.
12. (Sistema di irrigazione a goccia) - Attività del 1964 - ANNALI FAC. AGRARIA - PISA, pag. 74-77.
13. (Sistema di irrigazione a goccia) - Attività del 1965 - ANNALI FAC. AGRARIA - PISA, pag. 50-52.
14. (Sistema di irrigazione a goccia) - Attività del 1966 - ANNALI FAC. AGRARIA - PISA, pag. 55-57.
15. (Sistema di Irrigazione a goccia) - Attività del 1967 - ANNALI FAC. AGRARIA - PISA, pag. 79-82.
16. Cseppenkenti Öntözés - WYMKUMNY ŰSTAV VODOHOSPODARSKY, 1969, pag. 603-610.
17. (Sistema di irrigazione a goccia) - Attività del 1968-69 - ANNALI FAC. AGRARIA - PISA, pag. 72-75.
18. Irrigazione delle colture in serra - INFORMATORE DI ORTOFLOROFRUTTICOLTURA - n. 7, anno XI, 15 Apr. 1970, pag. 9-10.
19. Drip Irrigation for orchards and vineyards - VII ICID REG. MEETING PRAHA, 1970, pag. 213-242.
21. Irrigazione a goccia per le serre - CONVEGNO SOC. ORTICOLA ITALIANA, RAGUSA, 1971.
22. (Sistema di irrigazione a goccia) - Attività del 1971 - ANNALI FAC. AGRARIA - PISA, pag. 90-93.
23. Irrigazione a goccia e tecniche irrigue affini - CENTRO INT. STUDI IRRIGAZIONE, VERONA, Mar. Giu. 1972.
24. Report on drip Irrigation and similar methods - EUROPEAN COMMISSION on AGRICULTURE, FAO, BUCHAREST, July 1972, pag. 121.
25. Il Campo Sperimentale Idrologico-Forestale di Monte Pruno - ATTI GIORNATE di STUDIO della I SEZ. CIGR - 12-16 Set. 1972 - FIRENZE.
26. Irrigazione diurna (ovvero irrigazione a goccia, a sorsi ed altre tecniche irrigue affini) - OPTIONS MEDITERRANEENNES - Août 1972, pag. 60-69.
27. Le nuove tecniche irrigue al vaglio degli esperti - INFORMATORE AGRARIO - Apr. 1972, n. 15.

28. « Giornate Irrigazione » - Mar. 1972 - IRRIGAZIONE, n. 1-2, 1972.
29. (Sistema di irrigazione a goccia) - Attività del 1972 - ANNALI FAC. AGRARIA - PISA, pag. 92-102.
30. (Sistema di irrigazione a goccia) - Attività del 1973 - ANNALI FAC. AGRARIA - PISA, pag. 91-97.
31. ... (et P. GROSSI) - Proposte e ricerche su nuovi mezzi per il condizionamento idrico del suolo - II CONVEGNO NAZ. AIGR, BOLOGNA, Nov. 1973, pag. 123-125.
32. Modern solutions for the irrigation on the basis of optimal planning - IX REG. MEETING, ICID, BUDAPEST, June 1973 - Theme 2-2 (in course of printing).
33. Diuturnal Irrigation - 2nd INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, July 1974 - SAN DIEGO - CALIFORNIA, U.S.A.

*Publications by Collaborators*

34. D. PAPA-KONSTANTINOU - *Irrigazione a goccia. Applicazioni per frutteti* - I CONVEGNO NAZ. INGEGNERIA AGRARIA, PORTICI, Apr. 1966.
35. P. GROSSI e F. FICINI - *Aspetti dell'Irrigazione a goccia e primi risultati di prove comparative* - CONVEGNO SOC. ORTICOLA ITAL., RAGUSA, 1971.
36. P. GROSSI - *Primi risultati di ricerche al Campo Sperimentale Idrologico-Forestale di Monte Pruno* - ATTI GIORNATE di STUDIO della I SEZ. CIGR - FIRENZE, 12-16 Sett. 1972.
37. F. FICINI e P. GROSSI - *Problemi irrigui dell'Isola d'Elba in relazione alle disponibilità idriche. Applicazioni e ricerche di irrigazione a goccia* - GIORNATE DI STUDIO della I SEZ. CIGR - FIRENZE, Set. 1972, pag. 235-271.
38. M. DE RANIERI e P. GROSSI - *Ricerche sperimentali sull'irrigazione del garofano a produzione estiva nel Persicetano* - ANNALI IST. SPERIMENTALE FLORICOLTURA, Vol. III, n. 1, SAN REMO, 1972, pag. 13-55.
39. P. GROSSI - *Alcuni aspetti dell'irrigazione in Corsica* - CENTRO INT. STUDI IRRIGAZIONE, VERONA, Dic. 1973, pag. 7-12.
40. P. GROSSI - *Researches and application on drip irrigation and similar methods in Italy* - 2nd INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS - July 1974 - SAN DIEGO, CALIFORNIA, USA.
41. P. GROSSI - *Considerazioni e ricerche sull'applicazione irrigua in campo forestale* - MONTI E BOSCHI, n. 4, Lug. Ago. 1974.
42. P. GROSSI - *L'irrigazione a goccia e metodi affini in Italia: situazione della ricerca e della applicazione* - CENTRO INT. STUDI IRRIGAZIONE, VERONA, IRRIGAZIONE n. 1, Gen. Feb. 1975.