



HAL
open science

Amélioration de l'aspersion et économie de l'eau

P. Augier, J.M. Deumier, E. Guillard

► **To cite this version:**

P. Augier, J.M. Deumier, E. Guillard. Amélioration de l'aspersion et économie de l'eau. Ingénieries eau-agriculture-territoires, 1995, 3, p. 13 - p. 22. hal-00467453

HAL Id: hal-00467453

<https://hal.science/hal-00467453>

Submitted on 26 Mar 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Amélioration de l'aspersion et économie d'eau

Pascal Augier, Jean-Marc Deumier, Emmanuel Guillard

Comment gérer au mieux nos ressources en eau pour l'irrigation ? La question se pose aujourd'hui, car les besoins et les demandes ont évolué depuis quelques années.

Jusque-là, en effet, les techniques ont été développées pour augmenter les rendements agronomiques et les performances économiques de l'exploitation. Aujourd'hui le contexte a changé. La compétition pour la ressource en eau, qui subit des pollutions diverses, s'accroît.

C'est pour cette raison que si les performances au champ des systèmes d'irrigation ont fait l'objet de peu d'attention jusqu'à nos jours, il est devenu primordial de les améliorer. C'est le cas en particulier pour l'irrigation par aspersion, qui concerne 80 % des surfaces irriguées en France.

Les enjeux économiques et écologiques de la maîtrise de l'irrigation par aspersion sont importants. En effet, les pertes de rendement et les pertes économiques dues en particulier à une maîtrise médiocre des matériels pénalisent la rentabilité des investissements. Les agriculteurs ne peuvent pas mettre en œuvre « une conduite raisonnée » de l'irrigation s'ils ne connaissent pas précisément les doses d'eau et leur répartition sur les parcelles. Enfin, l'irrégularité des apports d'eau conduit souvent les irrigants à appliquer des doses excédentaires qui augmentent les risques de lessivage des engrais et des produits chimiques, provoquant ainsi des nuisances potentielles pour l'environnement.

Parmi les nombreux facteurs qui perturbent l'irrigation par aspersion, le vent est un de ceux qui

menacent le plus l'uniformité de la répartition de l'eau. Il n'est pas maîtrisable.

L'effet du vent sur l'arrosage a été étudié par de nombreux auteurs qui s'accordent sur deux conclusions essentielles. En présence de vent, la superficie arrosée par un canon d'irrigation a tendance à se déformer et à se réduire. Les variations de portée sont en effet proportionnelles à l'intensité du vent. D'autre part, une partie de l'eau est perdue par évaporation et surtout par transport des fines gouttelettes en dehors de la zone irriguée.

Ces études ont permis de fournir des conseils de portée générale aux irrigants (encadré 1), conseils qui précisent les orientations des matériels d'irrigation par rapport aux vents dominants, la réduction des écartements entre sprinklers (petits asperseurs) ou entre deux passages successifs de canon d'arrosage mobile. Enfin, ils indiquent les vitesses de vent au-delà desquelles il est préférable d'interrompre l'arrosage.

Ces recommandations sont adaptées par les conseillers d'irrigation selon leur connaissance empirique des situations locales. Cependant, les problèmes sont souvent très complexes sur le terrain, et les conditions éminemment variables : un outil opérationnel devenait nécessaire.

Le Cemagref, l'Institut Technique des Céréales et des Fourrages (ITCF) et l'Association Générale des Producteurs de Maïs (AGPM) ont mis au point une méthode d'élaboration de conseils aux irrigants qui tient compte d'un certain nombre de conditions locales. Les cinq étapes de cette méthode sont :
- l'acquisition de données sur le terrain ;

P. Augier
Cemagref
Le Tholonet
BP 31
13612 Aix-en-Provence
J.-M. Deumier
et E. Guillard
ITCF
6, chemin de la Côte Vieille
31450 Bazège

— Encadré 1

Conseils donnés actuellement pour irriguer en conditions ventées et questions soulevées par l'utilisation de l'irrigation par aspersion.

Le Réseau national d'expérimentations et de démonstration - hydraulique agricole - (RNED-HA) propose des règles générales sur les écartements entre deux passages de canon, en fonction de la vitesse du vent (tableau 1). Ces règles sont issues des travaux de l'ASAE (American Society of Agricultural Engineering).

Tableau 1. - Ecartement conseillé entre deux passages de canon en fonction de la vitesse du vent - source RNED-HA.

| Vitesse du vent | Ecartement conseillé (E en m) |
|-----------------|---------------------------------------|
| 0-1 m/s | $E = 1,60 \cdot \text{Portée du jet}$ |
| 1-2 m/s | $E = 1,45 \cdot \text{Portée du jet}$ |
| 2-4 m/s | $E = 1,25 \cdot \text{Portée du jet}$ |
| 4-10 m/s | $E = 1,10 \cdot \text{Portée du jet}$ |

Les limites des conseils et les questions sans réponses

Comment déterminer, sur une longue période, les caractéristiques du vent dans la région où l'on irrigue ?

Le calcul des écartements doit-il être le même pour des passages de canon perpendiculaires au vent dominant ou parallèles au vent dominant ?

Le conseil est-il le même pour différents modes de conduite de l'irrigation ? pour des cultures résistant différemment au stress hydrique ?

Dans les régions ventées en permanence, l'arrêt de l'irrigation au-delà d'un certain seuil de vitesse de vent est-il réalisable ? Faut-il surdimensionner les installations d'irrigation pour permettre aux irrigants d'attendre les périodes favorables ?

En outre, la gestion de l'irrigation par aspersion en région ventée soulève plusieurs questions relatives à l'impact des hétérogénéités d'irrigation sur les rendements agronomiques (Stern et Bresler 1981, Till 1987) :

Quel est l'impact réel de la présence de vent sur les rendements en culture irriguée par aspersion ?

Comment optimiser la disposition sur la parcelle du matériel d'aspersion : direction et écartement des passages d'enrouleur ?

Faut-il augmenter la dose d'arrosage pour garantir une certaine dose minimum sur la parcelle ? De combien ? Quelles sont alors les pertes en eau qui en découlent ?

Doit-on modifier le mode de conduite de l'irrigation ?

L'irrigation de nuit permet-elle vraiment de s'affranchir du vent et d'uniformiser les rendements ?

Certaines de ces questions, comme la disposition du matériel sur la parcelle et les hétérogénéités de rendement, ne sont déjà pas résolues en l'absence de vent et se trouvent donc particulièrement amplifiées et compliquées dans les régions ventées.

— l'élaboration de scénarios d'irrigation avec les conseillers en irrigation ;

— la simulation des scénarios retenus avec un modèle IRRIPARC et l'obtention de résultats sur les rendements et la ressource en eau ;

— l'analyse et l'interprétation de ces résultats avec les conseillers ;

— la formulation des conseils aux irrigants pour l'utilisation des matériels d'aspersion par les professionnels.

La méthode a été appliquée en 1994 à deux régions d'irrigation, dans la Drôme et la Haute-Garonne. Nous donnons ici les résultats des simulations réalisées et des essais menés ainsi que les conseils délivrés pour les deux régions.

Des essais en Haute-Garonne

Les expérimentations ont été menées en 1992 et 1993, et les simulations faites en 1993 et 1994 à l'aide du modèle mathématique IRRIPARC développé pour les besoins.

■ Les expérimentations

Cinquante essais ont été mis en place, sur une parcelle d'environ 1 hectare, à la station expérimentale de Baziège (Haute-Garonne) en 1992 et 1993 pour étudier un système d'irrigation par canon-enrouleur.

Les données recueillies concernent :

— les hétérogénéités de pluviométrie en conditions ventées enregistrées avec les matériels d'irrigation les plus utilisés en France : le système canon-enrouleur ;

— les hétérogénéités de rendement d'une culture de maïs.

Les mesures de pluviométrie ont été faites à l'aide de pluviomètres de 300 mm de diamètre et de 500 mm de hauteur.

• Pour les essais de canon à poste fixe, les pluviométries sont mesurées dans des pluviomètres placés au sol, à 2 m au-dessous de la buse. Ceux-ci sont disposés sur un maillage de la parcelle avec des espacements de 6 m. Le canon est placé au centre du dispositif. Chaque essai effectué dure 1 heure.

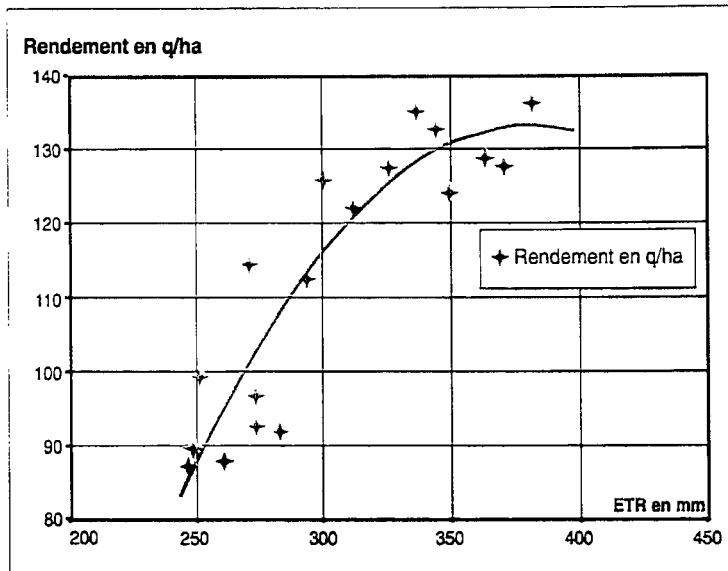
• Pour les essais avec le canon tracté par l'enrouleur, les pluviomètres sont placés sur deux lignes perpendiculaires à l'axe d'avancement du canon, à hauteur du sommet d'une culture de maïs. Chaque

essai dure 10 heures. Pendant les expérimentations la pression et le débit de l'eau, la vitesse et la direction du vent ont été enregistrés toutes les minutes, sur des centrales d'acquisition.

Le modèle IRRIPARC utilise les données de pluviométrie sous canon à poste fixe. Les données obtenues sous canon tracté par l'enrouleur ainsi que les données agronomiques et celles relatives à l'hydrodynamique du sol ont seulement servi à valider le modèle.

Le modèle

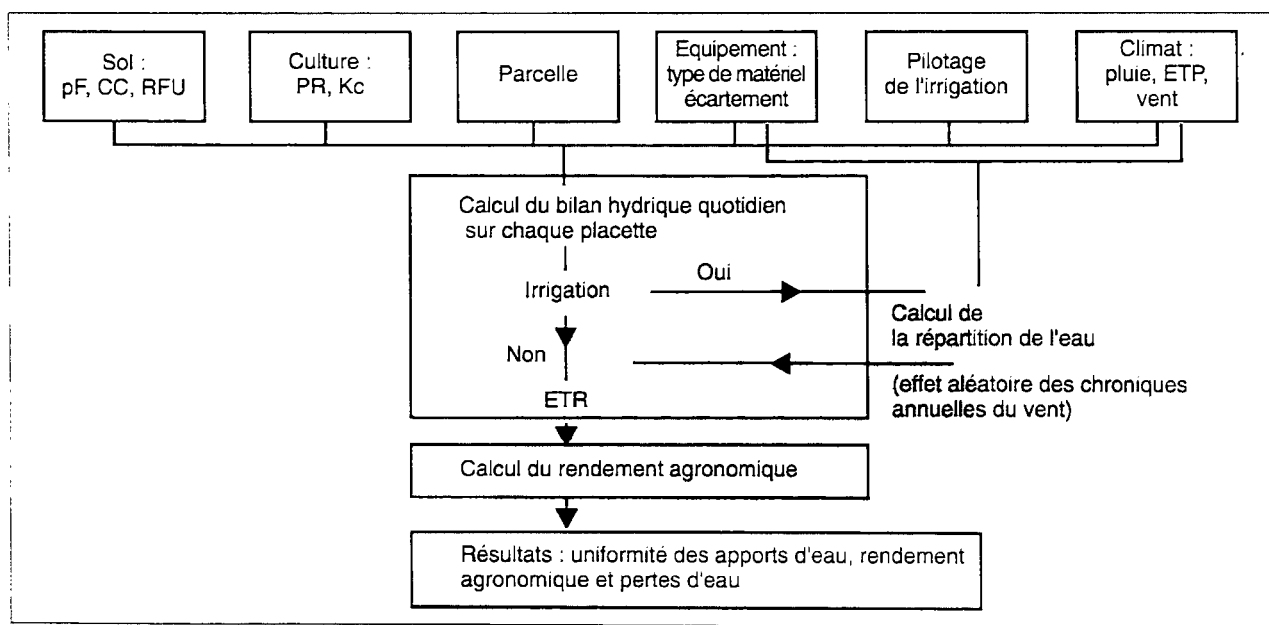
L'impact des hétérogénéités d'irrigation sur les rendements et sur les pertes d'eau ne peut pas être traduit de façon simple. On observe bien une relation entre la pluviométrie d'irrigation et les rendements, mais d'autres facteurs interviennent de façon déterminante. C'est le cas de la réponse de la culture à l'eau, du mode de conduite de l'irrigation, de la contribution des réserves initiales du sol, des conditions pluviométriques de l'année et de celles du vent au cours des irrigations, de certaines hétérogénéités liées au sol, etc. Ces paramètres limitent considérablement la portée des expérimentations agronomiques menées et rendent difficile d'en tirer des règles générales (figure 1).



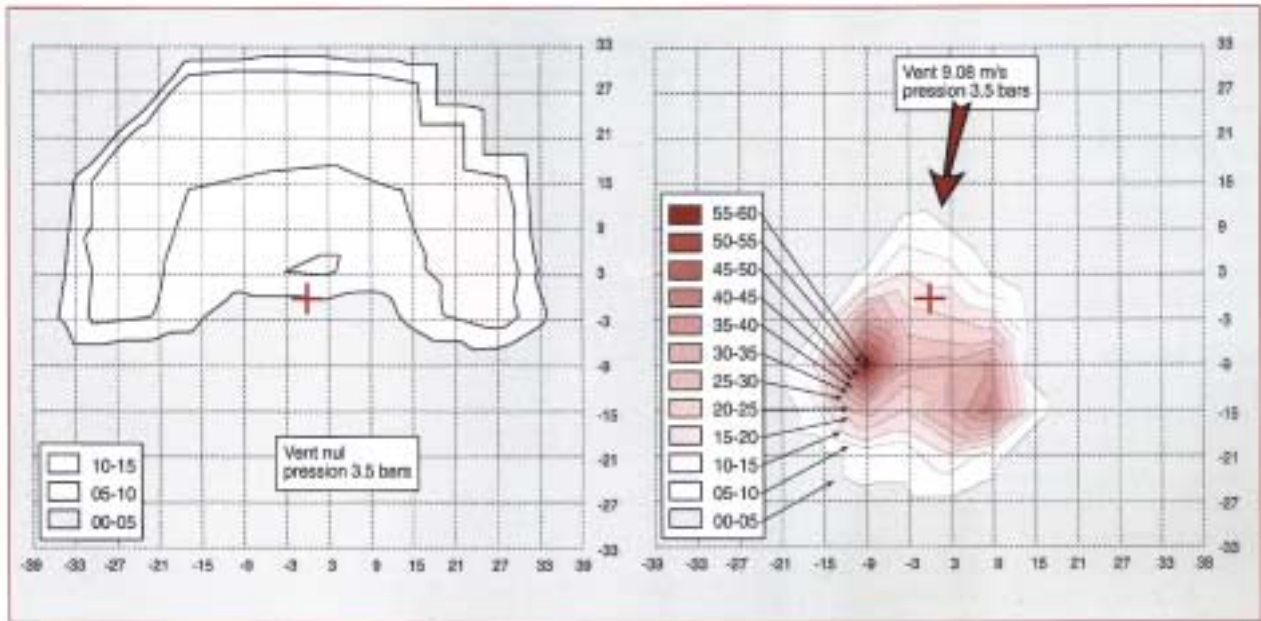
▲ Figure 1. - Relation entre le rendement d'une culture de maïs (en 100 kg/ha) et la consommation totale en eau du 24/05/93 au 7/09/93 (ITCF Baziège).

Le modèle permet de simuler le fonctionnement hydraulique et hydrique d'une parcelle cultivée et équipée d'un matériel d'irrigation par aspersion (figure 2). A chaque arrosage, le modèle simule la déformation de la pluviométrie d'irrigation au sol en fonction du vent, à partir d'une base de données

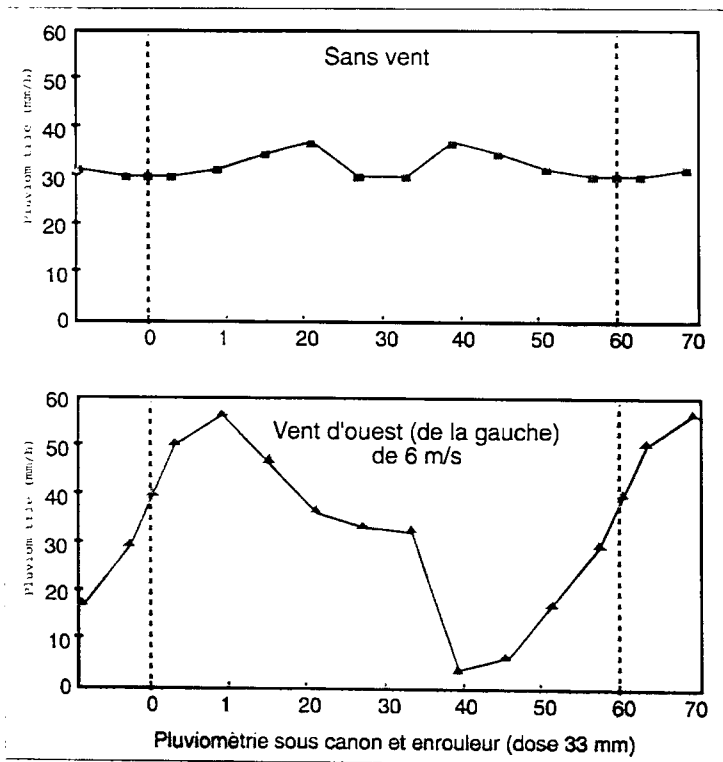
▼ Figure 2. - Description du modèle



Note. **pF** : point de flétrissement permanent ; **CC** : capacité au champ ; **RFU** : réserve facilement utilisable ; **PR** : profondeur racinaire ; **Kc** : coefficient cultural ; **ETP** évapotranspiration potentielle ; **ETR** : évapotranspiration réelle.



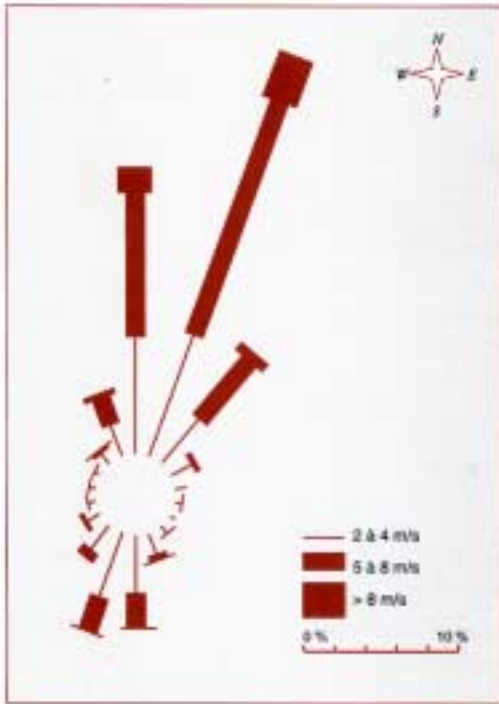
▲ Figure 3. – Mesures de pluviométrie sous un canon Nelson SR100, fonctionnant à poste fixe, au champ, sous différentes vitesses et directions de vent (buse 18mm, Pression 3,5 bar, angle de secteur 220°). Dans chaque cas, le canon est situé au point de coordonnées (X = 0 ; Y = 0).



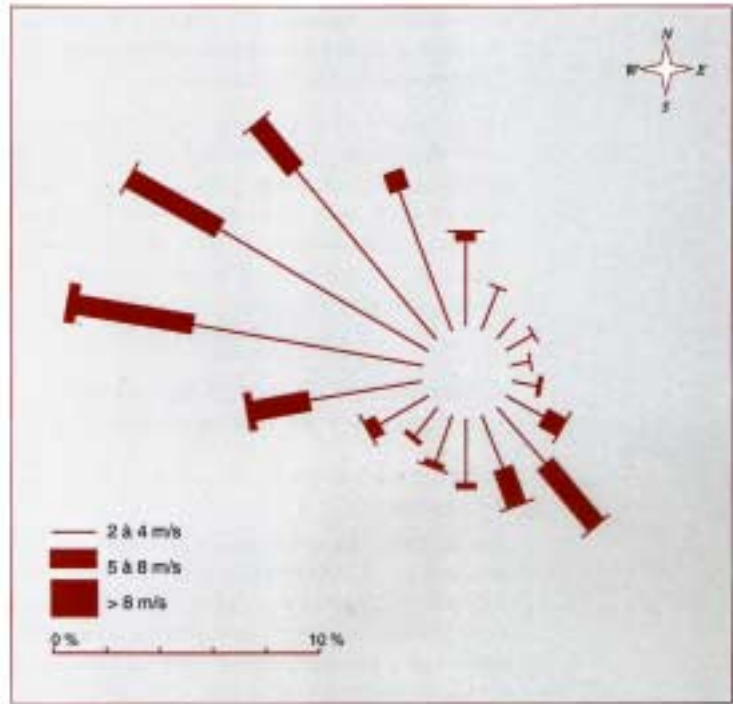
de mesures de pluviométrie, effectuées à poste fixe en conditions ventées. On estime ainsi, par bilan hydrique, l'évolution du stock d'eau dans la zone racinaire en différents points de la parcelle, ce qui permet de simuler la répartition spatiale et temporelle d'éventuelles restrictions dans l'alimentation hydrique de la culture. En fin de campagne, les chroniques de stress hydrique sont traduites en rendements, par des fonctions de rendement. On peut ainsi calculer la répartition spatiale des rendements et des pertes d'eau par drainages sur la parcelle.

Le modèle fait jouer différents facteurs : les cultures, les équipements d'irrigation (couverture intégrale, canon-enrouleur) et les dispositions de ces matériels sur la parcelle, les types de sol, les modes de conduite des irrigations – restrictifs ou non –, les conditions climatiques – années sèches, moyennes ou humides – ainsi que les conditions de vent. On peut en effet utiliser les données statistiques sur les vents pour une région donnée.

◀ Figure 4. – Effet du vent sur la répartition transversale des doses d'eau, après deux passages de canon (écartement de 60 mètres)



▲ Figure 5. – Rose des vents du mois d'août, pour 30 années, dans la région de Montélimar (Source Météo France)



▲ Figure 6. – Rose des vents du mois de juillet, pour 30 années, dans la région de Toulouse (Source Météo France)

Un tel modèle global demeure simple et ne peut donc garantir une très grande précision. Son principal intérêt réside surtout dans sa robustesse et dans la possibilité de comparer de façon approfondie, dans un contexte régional donné, différents modes d'utilisation du matériel d'irrigation, et de dégager des tendances. C'est cette comparaison qui peut fournir des règles pertinentes.

Des recommandations qui tiennent compte du vent

■ Les mesures de terrain sous canon et enrouleur

La figure 3 illustre la pluviométrie mesurée d'un canon à poste fixe, sans vent, puis avec un vent de 9 m/s. On note une forte diminution de la surface arrosée et de fortes augmentations locales des intensités pluviométriques.

La figure 4 présente les répartitions transversales des apports d'eau, pour une parcelle irriguée par un canon mobile dans deux conditions de vent

latéral : 0 m/s et 6 m/s. Dans ce cas, l'écartement entre deux passages de canon est de 60 m, ce qui correspond à 1,8 fois la portée du jet.

La conclusion est claire : en l'absence de vent, un écartement de 60 m assure une bonne homogénéité d'arrosage avec le canon utilisé ; mais lorsque le vent latéral augmente, les hétérogénéités peuvent devenir très importantes.

Ainsi, si le vent soufflait de l'ouest en permanence à 6 m/s, l'écartement optimal ne serait pas de 60 m mais d'environ 36 m, soit 1,1 fois la portée du canon.

Cependant, il est bien évident que le vent n'est pas constant et que, d'un arrosage à l'autre, il change d'intensité et de direction. Les hétérogénéités constatées au cours d'un arrosage peuvent donc être amplifiées ou bien compensées à l'arrosage suivant.

La détermination d'un mode d'utilisation optimal ne peut donc se faire que par une analyse statistique des vents de la région considérée, comme l'illustrent les roses des vents des régions de Montélimar (figure 5) et de Toulouse (figure 6). Ces figures

présentent la fréquence des vents, en intensité et en direction, pour les mois de juillet et août sur 30 ans (Sources Météo France).

On constate que, dans la région de Toulouse, les vents dominants viennent de l'ouest ou de l'est avec des intensités allant jusqu'à plus de 8 m/s. Une compensation peut donc avoir lieu entre vents d'ouest et d'est, ce qui n'est pas le cas dans la région de Montélimar où le vent dominant, le mistral, provient du nord.

■ Simulation d'une parcelle de maïs irriguée par un canon mobile

Définition des scénarios de campagnes d'irrigation

Des scénarios de campagne d'irrigation simulés avec le logiciel IRRIPARC ont été définis avec les conseillers irrigation des chambres d'Agriculture de la Haute-Garonne et de la Drôme. Ces départements de grandes cultures sont soumis à des vents particulièrement forts et fréquents.

Tableau 2. - Evolution des pertes d'eau et de rendement en fonction de l'écartement entre deux passages de canon, avec des vents dominants perpendiculaires à l'axe de passage du canon (région de Montélimar) ▼

| Écartements | | 36 m | 42 m | 48 m | 54 m | 60 m |
|--------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CuC | moyenne | 87 | 83 | 81 | 77 | 73,3 |
| | écart-type | 0,5 | 0,9 | 0,8 | 3,2 | 2,57 |
| Pertes drainage en mm | moyenne | 61 | 63 | 73 | 78 | 98 |
| | écart-type | 66 | 67 | 65 | 70 | 62,2 |
| Rendement en q/ha | moyenne | 127 | 127 | 127 | 120 | 108 |
| | écart-type | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,8 | 5,78 |
| Pertes d'eau en % | | 18 % | 19 % | 22 % | 23 % | 29 % |
| Pertes de rendement en % | | 2 % | 2 % | 3 % | 8 % | 17 % |

| Écartements | | 36 m | 42 m | 48 m | 54 m | 60 m |
|--------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CuC | moyenne | 72 | 63 | 57 | 53 | 44,6 |
| | écart-type | 2 | 3,5 | 5,6 | 6,67 | 7,14 |
| Pertes drainage en mm | moyenne | 68 | 77 | 90 | 112 | 128 |
| | écart-type | 69 | 66 | 72 | 68 | 57,7 |
| Rendement en q/ha | moyenne | 126 | 124 | 120 | 117 | 106 |
| | écart-type | 3,5 | 4,6 | 6,2 | 9 | 10,3 |
| Pertes d'eau en % | | 20 % | 23 % | 27 % | 33 % | 38 % |
| Pertes de rendement en % | | 3 % | 5 % | 8 % | 10 % | 18 % |

Résultats des simulations

Le canon choisi pour la simulation est un NELSON SR100 fonctionnant avec une buse de 18 mm à 3,5 bar de pression et un angle de secteur de 220°. Les distributions simulées des coefficients d'uniformité des apports d'irrigation, des rendements et des pertes d'eau sont comparées pour différents scénarios.

Les deux modes de conduite de l'irrigation retenus pour une culture de maïs sont : une dose de 30 mm tous les 7 jours pour la région de Toulouse et une dose de 45 mm tous les 8 jours pour la région de Montélimar. Ils correspondent aux pratiques courantes des agriculteurs des régions étudiées, sont conformes aux conseils donnés par les techniciens de l'irrigation et résultent d'une connaissance empirique du matériel, du pilotage de l'irrigation et des caractéristiques agro-pédo-climatiques des sites concernés.

Dans les deux cas, le déclenchement de l'irrigation se fait lorsque la réserve du sol facilement mobilisable (RFm) est épuisée. L'arrêt de l'irrigation, en fin de campagne, se fait au stade « grain pâteux dur » de la culture de maïs. Les périodes d'irrigation vont en moyenne de la mi-juin à la fin août et peuvent être plus ou moins longues en fonction des conditions climatiques de l'année simulée. Les irrigations sont retardées en cas de pluie, selon les règles préconisées par les techniciens, soit, pour une pluie (P) supérieure à 10mm, un décalage de $(n = P/5)$ jours.

Un grand nombre de simulations est effectué avec le logiciel IRRIPARC. Les caractéristiques du vent de chaque journée d'irrigation sont tirées de la distribution de probabilité de la rose des vents de la région. La distribution de probabilité des rendements, des pertes d'eau et des coefficients d'uniformité des apports d'eau est ainsi obtenue. Le traitement d'un scénario correspond à 100 simulations de campagnes d'irrigation par an, sur 30 années climatiques, soit :

$$100 \text{ simulations} \times 7 \text{ irrigations} \times 30 \text{ années} \\ = 21\,000 \text{ irrigations simulées.}$$

◀ Tableau 3. - Evolution des pertes d'eau et de rendement en fonction de l'écartement entre passages avec des vents dominants parallèles à l'axe de passage du canon (région de Montélimar).

Coefficient d'uniformité de Christiansen

CuC est le coefficient d'uniformité de Christiansen (1942).

$$CuC = \frac{\sum_{i=1}^n |p_i - \bar{p}|}{n \cdot \bar{p}}$$

Un coefficient de 80 % est considéré comme bon, et plus ce coefficient est grand, meilleure est l'uniformité d'arrosage.

Choix d'une orientation de l'axe de passage du canon par rapport aux vents dominants.

Les résultats des simulations montrent que, dans la mesure du possible, l'axe de passage du canon doit être orienté perpendiculairement aux vents dominants, ceci pour homogénéiser au mieux les rendements et minimiser les pertes d'eau par drainage (Tableaux 2 et 3). Ce résultat est valable dans les deux régions étudiées (figures 7 et 8).

Si, pour des contraintes liées à la forme et à la topographie de la parcelle, l'axe de passage du canon doit être parallèle aux vents dominants, il faut alors adapter les écartements aux vents observés dans la région :

- dans la région de Toulouse, l'écartement 54 m, soit 1,6 fois la portée, est optimum, en tenant compte des contraintes de main d'œuvre pour déplacer le matériel (tableau 4) ;
- en revanche dans la région de Montélimar (tableau 3), il faut réduire l'écartement à 48 m, voire 42 m, soit respectivement 1,45 et 1,25 fois la portée.

Choix d'un écartement entre passages de canon

En l'absence de vent, l'écartement optimal des passages pour ce canon serait de 60 m soit 1,8 fois la portée du canon (buse 18 mm ; pression 3,5 bar). Cependant, dans les régions de Toulouse et de Valence, on observe des vents dépassant fréquemment 4 m/s pendant la période d'irrigation. L'écartement calculé à partir des règles simples serait de 42 m, soit 1,25*P selon les règles du RNED-HA (tableau 1, en encadré 1).

Les figures 7 et 8 présentent les distributions statistiques, obtenues par le modèle, du rendement agronomique, des pertes d'eau et des coefficients d'uniformité, en conditions ventées, pour différents écartements entre passages de canon.

Dans la région de Toulouse, l'écartement 54 m

| Écartements | | 42 m | 48 m | 54 m | 60 m | 64 m |
|----------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| CuC | moyenne | 80 | 81 | 81 | 77 | 72,9 |
| | écart-type | 2,9 | 3,2 | 3,1 | 2,5 | 5,06 |
| Pertes drainage en mm | moyenne | 51 | 52 | 53 | 71 | 80,9 |
| | écart-type | 37 | 42 | 42 | 40 | 59,8 |
| Rendement en q/ha | moyenne | 124 | 123 | 123 | 118 | 110 |
| | écart-type | 4,8 | 7,3 | 4,5 | 10 | 7,4 |
| Pertes d'eau par drainage | | 19 % | 20 % | 20 % | 27 % | 31 |
| Pertes de rendement en % | | 4 % | 5 % | 5 % | 9 % | 15 % |

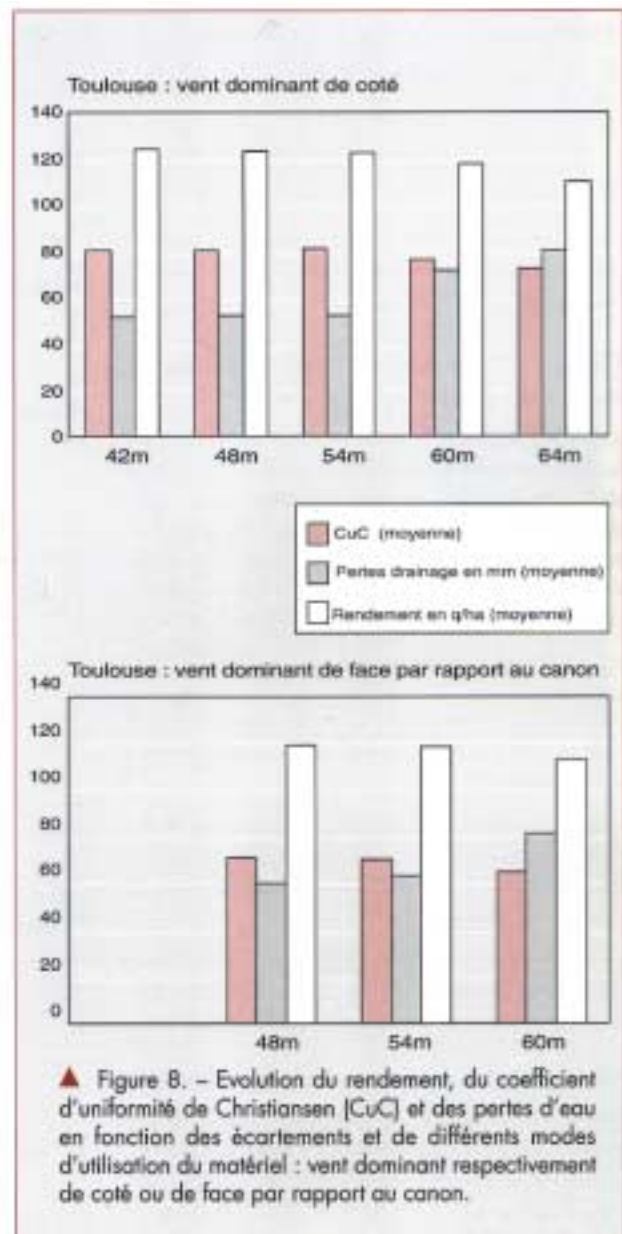
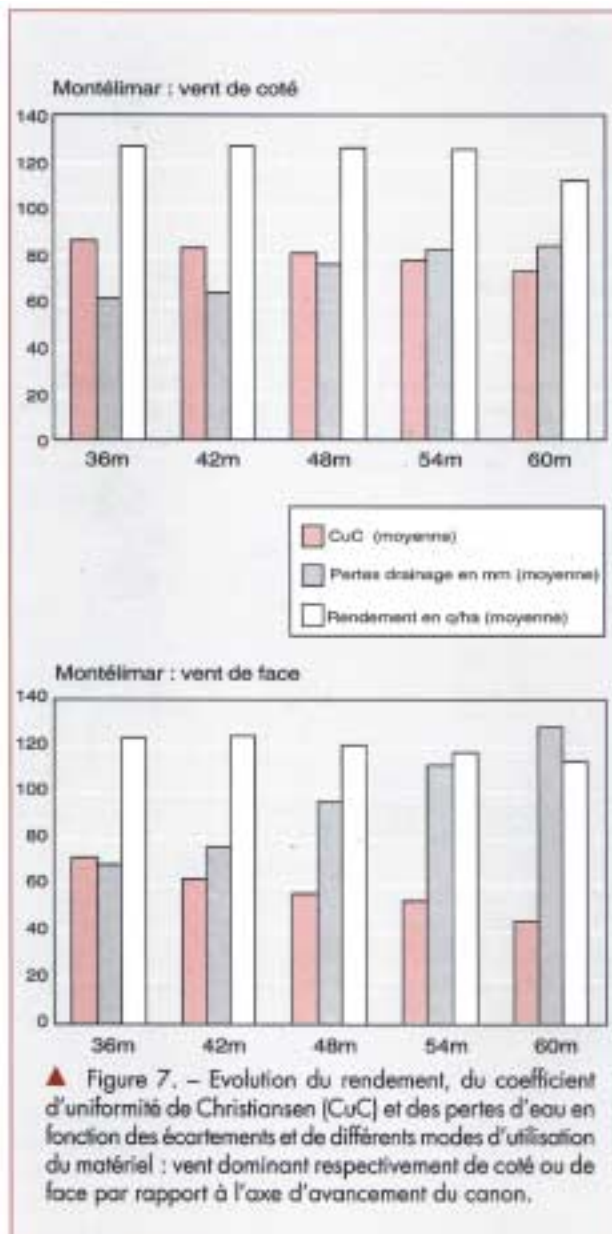
▲ Tableau 4. - Evolution des pertes d'eau et de rendement en fonction de l'écartement entre passages avec des vents dominants perpendiculaires à l'axe de passage du canon (région de Toulouse).

fournit le meilleur rendement moyen avec une moins grande dispersion des résultats, quelle que soit l'orientation du matériel par rapport aux vents dominants (tableau 4).

Il est intéressant de constater que, dans le cas où les vents dominants sont perpendiculaires à l'axe du canon (figure 8), les écartements 42 m, 48 m et 54 m fournissent des valeurs comparables entre elles (≅123 quintaux/ha). L'avantage de l'écartement 54 m (122,9 quintaux/ha) n'est donc pas réellement décisif sur les critères des rendements et des pertes d'eau. En revanche, il permet de réduire le nombre de passages de canon sur la parcelle et d'optimiser l'utilisation de la main d'œuvre. Dans ce cas, nous pouvons conseiller aux agriculteurs de ne pas réduire excessivement les écartements entre deux passages de canon.

Tableau 5. - Evolution des pertes d'eau et de rendement en cas d'irrigation uniquement de nuit, avec des vents dominants perpendiculaires à l'axe de passage du canon (région de Montélimar). ▼

| Écartements | | 36 m | 42 m | 48 m | 54 m | 60 m |
|--------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CuC | moyenne | 86 | 81 | 80 | 81 | 79 |
| | écart-type | 0,7 | 1,2 | 0,8 | 1,4 | 2,5 |
| Pertes drainage en mm | moyenne | 64 | 69 | 70 | 71 | 75 |
| | écart-type | 67 | 65 | 65 | 65 | 64 |
| Rendement en q/ha | moyenne | 127 | 127 | 127 | 127 | 126 |
| | écart-type | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 3,5 |
| Pertes d'eau en % | | 19 % | 21 % | 21 % | 21 % | 22 % |
| Pertes de rendement en % | | 2 % | 2 % | 2 % | 3 % | 3 % |



Le mode de conduite de l'irrigation choisi pour ces simulations est restrictif : toutes les zones de la parcelle reçoivent des quantités d'eau insuffisantes dans cette région pour parvenir au rendement potentiel (ici, 130 quintaux/ha). Un surplus d'eau sur une zone engendre une augmentation du rendement alors qu'une restriction sur une autre zone engendre une diminution du rendement. Ainsi, si l'hétérogénéité de pluviométrie au sol est accentuée,

des compensations de rendement ont lieu entre zones recevant plus d'eau et zones recevant moins d'eau. Dans une limite de variation acceptable, les gains de rendement équilibrent les pertes de rendement, et cela explique que le rendement moyen ne soit que peu affecté par des variations d'écartement allant de 42 m à 54 m, pour autant que l'agriculteur apporte la bonne dose moyenne.

Par ailleurs, les régions où les vents ont une direction dominante unique, les écartements entre deux passages de canon doivent être plus réduits que dans les régions où les vents ont des directions variables au cours de la saison d'irrigation. Ainsi, dans la vallée du Rhône, région soumise au mistral, de direction dominante nord sud, l'écartement conseillé est de 42 m soit 1,25 fois la portée. En revanche, dans la région de Toulouse, soumise aux vents d'Auran (est) et aux vents d'ouest, l'écartement conseillé est de 54 m, soit 1,6 fois la portée.

L'irrigation uniquement de nuit a-t-elle un intérêt ?

Dans la région de Montélimar, les irrigations uniquement réalisées de nuit permettent d'obtenir une petite amélioration de l'uniformité d'arrosage, des rendements et une réduction des pertes d'eau (tableau 5). Ce résultat est obtenu dans une région où le mistral souffle également une partie de la nuit. Cependant, la différence avec les résultats des pratiques courantes, c'est-à-dire des irrigations de jour et de nuit, est faible. Dans ce cas, l'irrigant n'a pas intérêt à être suréquipé en matériel pour n'irriguer que la nuit.

Faut-il arrêter d'irriguer en cas de vent excessif ?

Des simulations de campagnes d'irrigation, dans la région de Montélimar, avec arrêts des arrosages lorsque l'intensité de vent dépasse 3 m/s, puis respectivement 4 m/s, 5 m/s et 6 m/s, ne montrent aucune amélioration significative des rendements et des économies d'eau.

Au contraire, on observe même des baisses de rendement dues au fait que, lorsque l'irrigant retarde l'apport d'eau d'un ou deux jours en période de forte demande en eau, c'est le cas en période ventée, le stress hydrique devient plus important et pénalise le rendement.

Des conseils adaptés aux conditions régionales

Les résultats confirment que les effets du vent sur la pluviométrie des asperseurs sont significatifs : le vent constitue une des principales causes des hétérogénéités d'apport d'eau observées sur les parcelles irriguées par aspersion.

De plus, les simulations réalisées à l'aide du modèle IRRIPARC montrent que, dans le cas d'un mode de conduite de l'irrigation restrictif, des phénomènes de compensation viennent diminuer

l'impact des hétérogénéités d'arrosage, ce qui permet une plus grande latitude sur la disposition du matériel.

Il est clair que l'impact des hétérogénéités d'arrosage sur les rendements en irrigation par aspersion doit être analysé de façon approfondie en fonction :

- des caractéristiques du matériel d'aspersion ;
- des caractéristiques du vent de la région, phénomène aléatoire en intensité et en direction ;
- du mode de conduite de l'irrigation.

Ces facteurs ne doivent pas être dissociés. C'est l'étude statistique, par simulations des rendements obtenus et de la valorisation de l'eau, qui permettra de comparer les performances de différentes dispositions du matériel sur la parcelle et de différents modes d'utilisation de ce matériel, dans une région donnée.

Avec le logiciel IRRIPARC, nous disposons d'un outil d'investigation et d'une méthodologie pour tester et proposer des règles de conception et d'utilisation des matériels d'irrigation par aspersion, afin d'améliorer leurs performances au champ. Celles-ci doivent être analysées par rapport à un contexte donné associant matériel, sol, culture, climat et mode de pilotage de l'irrigation.

Cette étude a su montrer qu'il est indispensable de tenir compte des caractéristiques agronomiques, pédologiques et climatiques locales pour l'utilisation du matériel d'irrigation : l'écartement des sprinklers, ou entre deux passages de canons mobiles, l'orientation par rapport au vent, les vitesses de vent limite, la période d'irrigation, nocturne ou diurne. La méthode testée dans deux régions, Valence où le mistral souffle en permanence du nord au sud, et Toulouse où les vents d'est atténuent l'effet des vents d'ouest, aboutit à des conseils d'utilisation du matériel très différents. Elle permet de quantifier les conséquences des différents réglages sur les pertes en eau et en rendement, et de conseiller le mode d'utilisation optimum du matériel selon le facteur considéré comme le plus important dans les conditions locales. Dans les deux régions, une meilleure maîtrise des installations d'irrigation permet de réduire de 10 à 15 % des pertes de rendement et de 10 à 20 % des pertes d'eau.

Les recherches se poursuivent par l'application de la méthode dans d'autres régions, pour répondre aux questions qui seront définies avec les techniciens et les professionnels de l'irrigation.

Ce programme de recherche, mené en collaboration par le Cemagref, l'ITCF et l'AGPM, est réalisé avec la participation de la société IRRIFRANCE. Il est financé avec la contribution du ministère de l'Agriculture et de la Pêche (DERF), de la Région

Languedoc-Roussillon (Verseau), de la chambre régionale d'Agriculture Midi-Pyrénées, des agences de l'Eau-Rhône Méditerranée-Corse, Loire-Bretagne et Adour-Garonne.

Résumé

Une méthodologie a été mise au point pour fournir des conseils aux irrigants dans l'amélioration des performances de leurs systèmes d'irrigation. Elle tient compte des conditions agronomiques, pédologiques et climatiques régionales, en particulier du vent.

Cette méthodologie s'appuie sur des essais au champ et sur des simulations réalisées à l'aide d'un modèle : IRRIPARC. Elle a été testée, en 1994, dans deux régions d'irrigation, soumises à des vents fréquents et violents, la Drôme et la Haute-Garonne. Elle conduit à une amélioration sensible des conseils pratiques formulés aux irrigants et de leur pertinence. L'application de la méthode permet des économies d'eau substantielles et contribue à l'amélioration des rendements.

Abstract

This paper presents a method developed to supply advice on irrigation and improving irrigation system performance on the basis of agronomic, pedological and regional climate conditions, including especially wind factors.

The method is based on field studies and simulations produced using the IRRIPARC model. During 1994, the method was tested in two irrigated regions in France, Drôme and the Haute Garonne, which are subject to strong, frequent winds. The method provides significant enhancements to the practical advice provided on irrigation together with its degree of relevance.

Bibliographie

- ALLISON V, 1969. Simulation of wind effects on sprinklers performance. *Journ. Irrig. and Drain.*, 538-549.
- CHATVORIAN, 1974. Influence du vent sur la portée du jet des asperseurs. Institut de recherches scientifiques arménien. Tome III. 127 p.
- DUBALEN, 1993. Utilisation des matériels d'irrigation par aspersion : diagnostic de fonctionnement au champ. *La Houille blanche*. 2/3-1993, 183-188.
- FUKUI Y. et al, 1980. Computer evaluation of sprinkler irrigation uniformity. *Irrig. Sci.* n° 2, 23 - 32.
- PERNES P, 1967. Balistique et granulométrie des asperseurs - Théorie et expérimentation. *Bulletin technique de Génie Rural* n°85, 127 p.
- RICHARDS P.J., WEATHERHEAD E.K., 1993. Prediction of raigun application patterns in windy conditions. *J. Agric. Engng. Res.* n°54, 281-291.
- RNED-HA, 1994. *Guide pratique Irrigation*. Edition Cemagref. 294 p.
- SEGINER, 1991. Simulation of wind distorted sprinkler patterns. *J. Irrig. and Drain. Engng.* vol 117 n°2, 285-306.
- SEGINER et al, 1991. The distortion by wind of the distribution patterns of single sprinklers. *Agricultural Water Management*, 341-359.
- SCHULL H. et DYLA A. S., 1976. Wind effects on water applications patterns from a large single nozzle sprinkler. *Transaction of A.S.A.E.*, 501-504.
- STERN J. and BRESLER J.; 1981. Nonuniform sprinkler irrigation and crop yield. Agricultural Research Organization, the Volcani Center, Bet Dagan, Israël.
- TILL M.R., 1987. L'influence de l'hétérogénéité d'arrosage et du lessivage des sols sur le rendement de l'irrigation à la parcelle. *Bulletin CIID*, Vol. 36, n° 2.
- VORIES E. D., von BERNUTH R. D., MICKELSON R.H., 1987. Simulating sprinkler performance in wind. *Journ. Irrig. and Drain. Division, ASCE* 113 (1), 119-130.