



C.E.T.A DE SAINTE ANNE
Centre d'études techniques agricoles
B.P.9 - Le Grand Pont
13640 LA ROQUE
D'ANTHERON



ESSAI MINI-ASPERSION MECANISEE SUR CAROTTE 2006

Frédéric SIRI (C.E.T.A de Sainte-Anne), Isabelle Boyer (A.R.D.E.P.I)
Avec la participation de la Société Thys et de la Société Naan Dan.

novembre 2006

CONTEXTE DE L'ESSAI

Les conditions climatiques ventées et souvent très sèches de la Provence rendent la conduite des irrigations difficiles. Pour la culture de la carotte semée en été, la levée est une phase délicate qui nécessite une humidité constante dans les 15 premiers centimètres de sol. Cette contrainte hydrique est parfois difficile à maintenir durant les périodes ventées. Le pilotage des irrigations est déterminant sur la qualité et la conservation de la carotte :

- pour obtenir une qualité de racines (forme, lissitude) la culture doit se trouver en confort hydrique entre 15 et 30 cm avec suffisamment de réserve en profondeur (50 cm) pour alimenter les plantes en période de forte demande.
- la détérioration de la conservation est fortement liée aux conditions d'excès d'eau tout au long du grossissement de la racine.

De plus, les contraintes de pose et de dépose du matériel de couverture intégrale à batteur en 15 x 18 m et son utilisation nécessitent un temps de main d'œuvre devenu difficile à supporter par les producteurs.

I – OBJECTIFS

Le premier objectif de l'essai est de déterminer si le matériel de mini-aspersion nouvellement arrivé sur le marché permet d'améliorer la maîtrise des irrigations afin d'améliorer la levée et l'aspect des racines à la récolte.

Le second objectif est de tester les nouvelles techniques proposées par les fabricants pour abaisser ces coûts de main d'œuvre : couverture intégrale mécanisée comprenant des mini-asperseurs à double jet (faible débit sans batteur) montés sur des piques métalliques, associés à du tube polyéthylène enroulable sur touret

Après une première année d'essai en 2004, il a été nécessaire pour valider les résultats obtenus et de mettre en place une nouvelle parcelle d'essai.

De plus, un nouveau mini-asperseur est présent cette année sur le marché, aussi il est nécessaire de vérifier les performances des différents types de matériels proposés, et leurs conditions d'utilisation, en comparaison d'un système de couverture intégrale classique.

II – MISE EN PLACE DE L'ESSAI

L'essai a été mis en place le 16/06/06 chez M. Rabarin à Lambesc (13) sur un sol de type limono-sableux. Le semis a été réalisé au semoir pneumatique triples lignes à la densité de 115 graines au mètre linéaire de rang avec un écartement de 0.70 mètres entre rang (1.65 millions de graines/ha).

La protection phytosanitaire a été celle pratiquée classiquement par le producteur.

La fertilisation a été fractionnée en deux apports soit 1500 kg/ha de 6-8-12 en fond et 200 kg/ha de 13-0-46 au stade tubérisation sur l'ensemble de la parcelle soit un total de 116-120-272 unités fertilisantes/ha.

2.1 - Modalités testées

Trois modalités équipées de trois matériels ont été testées

- Couverture intégrale classique équipée d'asperseurs à batteur Rain Bird, 46 HPLUS, buse avant 13/64, buse arrière 1/8, canne 0,8 m, maillage 15x18 m, pluviométrie 10 mm/h, 4 rampes de 170 m.
- Couverture mécanisable équipée de mini-asperseurs Plastro Ultima, 556 l/h à 3 B non autorégulé, maillage 12x12 m, sur pique 0,80 m, tube en polyéthylène rond en bobine diamètre du tube 50 mm pluviométrie 3,8 mm/h, 2 rampes de 170 m.
- Couverture mécanisable équipée de mini-asperseurs Naan-Dan Mankad super 10, 450 l/h à 3 B avec membrane de régulation, maillage 12x12 m, sur pique 0,80 m, tube en polyéthylène rond en bobine diamètre du tube 50 mm pluviométrie 3,1 mm/h, 2 rampes de 170 m.

2.2 – Alimentation en eau de la parcelle

L'alimentation en eau de la parcelle est faite à partir d'une borne d'irrigation du réseau sous pression (SCP). Les rampes de mini-asperseurs ont été équipées de filtres à tamis de 500 µ de finesse de filtration.

2.3 - Notations

2.3.1 – Notations et contrôle des irrigations

1) Contrôle de l'irrigation (débits, pluviométrie, doses)

Un contrôle régulier des doses d'irrigation a été réalisé tout au long de la campagne, à l'aide des temps d'irrigation, de la pluviométrie théorique et des compteurs. Un contrôle de la pression sur chaque rampe de la mini-aspersion a été effectué et mesuré en début de rampe après filtration. Celle de la couverture intégrale classique a été estimée à 5 bars.

L'exploitation est équipée d'un pluviomètre pour enregistrer le volume des précipitations.

Un calendrier des irrigations a été rempli par le producteur pour nous permettre d'estimer les volumes d'eau utilisés pour chaque irrigation.

2) Mesure de la répartition en eau

Le dispositif de mesure comprend des pluviomètres répartis sur la surface prenant en compte au moins trois asperseurs. Les pluviomètres sont disposés au sol selon un quadrillage de 1,4 m par 1,4 m.

L'eau recueillie dans chaque pluviomètre a été mesurée à l'éprouvette.

Plusieurs mesures ont été effectuées dans des conditions ventées différentes.

La vitesse du vent a été mesurée à l'aide d'un anémomètre portatif.

3) Mesures tensiométriques

Chaque modalité a été équipée d'un poste de trois sondes à enregistrement automatique Humitron et d'un poste équipé de trois sondes manuelles Watermark pour contrôle.

Pour chaque poste, on dispose :

- d'une sonde à 15 cm de profondeur sur le rang pour le pilotage de l'irrigation au stade « levée » dans le système racinaire de la plante,
- d'une sonde à 30 cm de profondeur sur le rang pour suivre la migration de l'eau pour le pilotage de l'irrigation au stade « développement de la racine ».
- d'une sonde à 50 cm de profondeur sur le rang considéré comme le témoin de profondeur atteinte par l'irrigation et permettant de prévenir les risques d'engorgement et d'apprécier, éventuellement, les phénomènes de drainage ou de remontées capillaires.

4) Conduite de l'irrigation

Les irrigations ont démarré dès le semis, avec des apports fréquents.

Pendant le premier mois, les irrigations ont été menées à 50 % de l'ETP, soit 15 à 20 mm tous les 2 jours jusqu'au stade 2 à 3 feuilles, afin de maintenir une bonne humidité du sol indispensable à la levée et à l'installation de la culture.

En cours de culture, les irrigations ont été menées à 100 % de l'ETP, 35 mm tous les 4 jours en juillet pendant la phase d'élongation du pivot, 40 mm tous les 5 à 6 jours en août (tubérisation) et 30 à 35 mm en septembre-octobre (maturation/finition).

La conduite de l'irrigation a été effectuée avec l'appui de mesures tensiométriques (Humitron et sondes Watermark). Des mesures régulières ont été réalisées en fonction des fréquences d'irrigation.

2.3.2 - Notations agronomiques

- Observation au champ de la précocité et de l'état sanitaire du feuillage.
- Notation du rendement à la récolte sur un échantillon de 6 mètres linéaire (4 x 1.5 mètre linéaire de rang/modalité) :
 - Poids et nombre brut après lavage.
 - Poids et nombre net : poids brut - déchet.
 - Poids, nombre et répartition du déchet en : petites (< à 8 cm de longueur ou 20 mm de diamètre), grosses (> 40 mm de diamètre), fendues, tordues, fourchues.
 - Longueur, diamètre et répartition des calibres à partir du nombre net de racines.
 - Analyse statistique : Newman-Keuls / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %. Analyse réalisée par Jean-Michel Crestin (APREL) avec le logiciel Statbox.

III - SUIVI DE L'ESSAI

3.1 - Pose et dépose du matériel

Pour chiffrer le temps de pose cette année, nous nous sommes appuyés sur les informations collectées auprès d'un producteur du Ceta qui a équipé 11 ha de carotte en couverture intégrale. Notre surface d'essai n'était pas assez représentative pour évaluer cette donnée.

• Couverture intégrale à batteur

En général, la mise en place de la couverture intégrale nécessite un tracteur, une remorque, 2 personnes/ha et 1 h/ha/personne. Idem pour le démontage d'1 ha. Ce temps de main d'œuvre varie en fonction du parcellaire et de la topographie.

• Mini-aspersion mécanisée

Le déroulement de la bobine se fait avec un tracteur (et une personne) qui tire le tube sur la parcelle et un deuxième tracteur qui maintient la bobine sur un châssis en position de déroulement. Le tube est ensuite coupé en bout de rang et fermé par un bouchon.

Le montage préalable des mini-asperseurs + supports de pique + piques métalliques est nécessaire lors du premier montage. Cette tâche est assez longue, le nombre d'asperseur étant plus important qu'en couverture intégrale. A noter que la pose de téflon n'est pas obligatoire.

La pose des asperseurs a été réalisée sur le polyéthylène de l'essai 2004, les trous étaient donc déjà percés. Cette opération est à réaliser lors de la première mise en place.

L'enroulement du tube rond sur la bobine se fait en bord de champ avec une enrouleuse (essieu hydraulique). Cette phase est délicate car le tube doit être enroulé de manière régulière et avec précaution pour ne pas qu'il soit écrasé. A noter qu'il existe désormais sur le marché un tube ovalisé qui simplifie cette opération.

Afin de remplir la bobine et de réutiliser le tuyau sur une parcelle de dimension différente, il est nécessaire de manchonner les tubes entre eux soit par soudure directe de tube à tube (méthode la plus utilisée), soit avec des manchons thermo-soudables (plus rapide mais plus cher, 1 manchon thermo-soudable coûte environ 5 euros). Cette phase nécessite un équipement spécial (machine à soudée) et des conditions climatiques qui ne doivent pas être trop froides (supérieure à 10°C) pour que le tube s'enroule et se soude dans de bonnes conditions.

3.2 - Fonctionnement du matériel

3.2.1 - Lié à la pression disponible et à la dimension de la parcelle

La pression disponible à la borne ne permettait pas de faire fonctionner la CI et mini-aspersion ensemble, les deux systèmes ont donc fonctionné alternativement.

L'ensemble du système a bien fonctionné avec une pression de 3 à 5 bars mais seulement deux rampes de 170 m en CI pouvaient être utilisées ensemble pour conserver une bonne répartition de l'eau alors que les quatre rampes de la mini-aspersion pouvaient fonctionner simultanément.

Nous avons constaté que pour la mini-aspersion et en particulier le modèle Naan Dan, la régulation demande une pression d'au moins 4 bars pour un bon recouplement.

3.2.2 - Lié à la répartition de l'eau

La répartition de l'eau s'est avérée identique sur l'ensemble des trois modalités pour une longueur de parcelle de 170 m en conditions non ventées.

La couverture intégrale à batteur a montré un bon recouplement des jets sur toute la longueur pour un dispositif 15 x 18 m en quinconce. En conditions ventées le producteur n'a pas fait fonctionner le système.

3.2.3 - Les tests de pluviométrie au champ

Plusieurs tests de répartition des pluviométries sont représentés ci-dessus en conditions de vent nul sur les trois modalités. Il a été réalisé plusieurs tests complémentaires en conditions ventées sur la mini-aspersion pour mieux connaître les limites de fonctionnement de ce matériel.

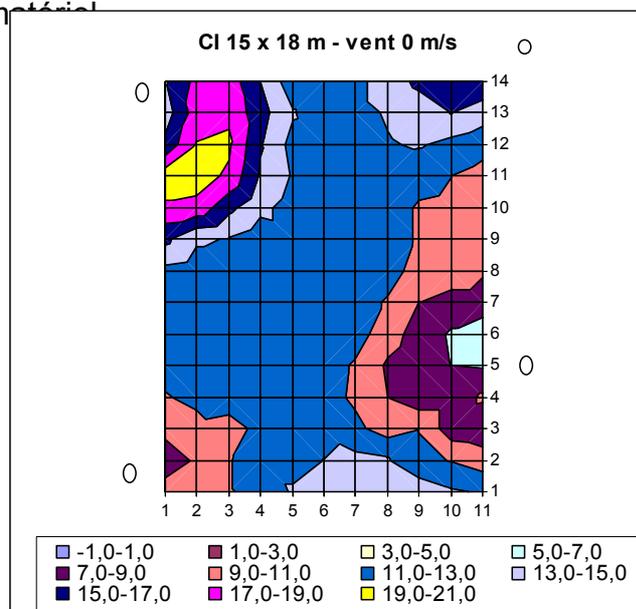
- Conditions non ventées

- Asperseurs à batteur

Conditions de vent : 0 m/s
Pression entrée de rampe: 5 bars

CU moyen : 84,4 %

Pluviométrie moyenne : 12,1 mm/h
Pluviométrie théorique : 10 mm/h



La gamme des pluviométries est assez importante allant de 1 mm à 21 mm/h.

La zone moyenne représentée est de 11 à 13 mm, elle correspond à la zone de recouplement des jets, le pied de l'arroseur est généralement marqué par de fortes hétérogénéités et des pluviométries plus importantes.

Le coefficient d'uniformité (CU) de l'irrigation est supérieur à 80% sur ce maillage, ce qui est un résultat très satisfaisant.

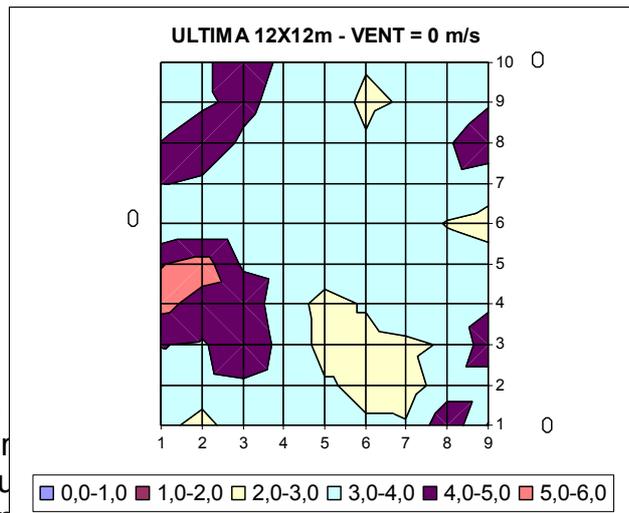
• **Mini-aspersion mécanisée**

- **Modalité ULTIMA**

Le maillage en 12 x 12 m ainsi qu'une pluviométrie plus faible a permis d'obtenir une meilleure répartition de l'eau, le CU est supérieur à 85 % avec une gamme de pluviométrie dans l'ensemble plus homogène que sur les asperseurs à batteur allant de 2 mm à 6 mm. L'effet d'accumulation d'eau en pied d'asperseur est moins marqué.

Ce résultat est très satisfaisant.

Conditions de vent : 0 m/s
Pression entrée de rampe: 3 bars
CU : 86,8 %
Pluviométrie moyenne : 3,6 mm/h
Pluviométrie théorique : 3,8 mm/h
La pluviométrie moyenne est légèrement inférieure à la pluviométrie théorique, ce qui n'est pas vraiment significatif sur une telle échelle, dans les plages de pressions données par le fabricant.

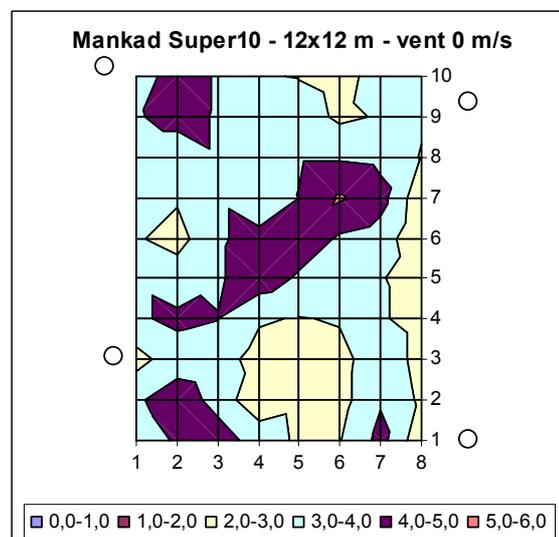


ce qui est bien

- **Modalité MANKAD SUPER 10**

Le CU est supérieur à 80%, ce résultat est très proche des asperseurs à batteur. Ce test montre une répartition de la pluviométrie un peu différente des autres matériels, avec plusieurs zones sous irriguées. La pluviométrie moyenne reste toutefois très proche de la pluviométrie théorique, allant de 2 mm à 5 mm comme dans la modalité Ultima. Ce résultat reste très satisfaisant, les zones marquées par les plus faibles pluviométries se sont estompées en augmentant la pression à 4 bars.

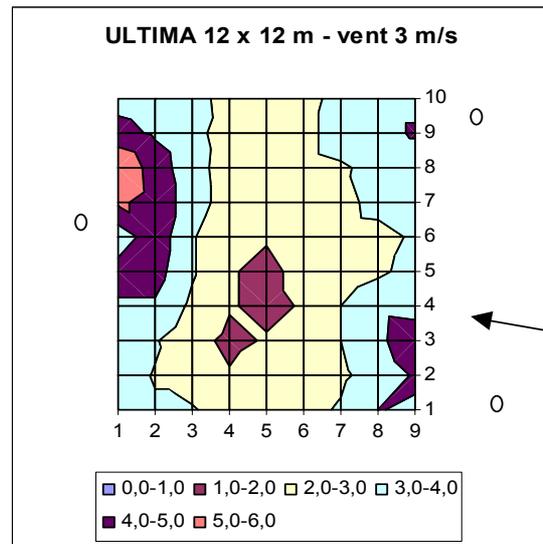
Conditions de vent : 0 m/s
Pression entrée de rampe: 3 bars
CU : 83,2 %
Pluviométrie moyenne : 3,4 mm/h
Pluviométrie théorique : 3,1 mm/h



- Conditions ventées

Les mesures de pluviométries en conditions ventées de 3 à 9 m/s montrent que dès 3 m/s le CU chute rapidement en dessous de 80%, ce qui ne permet pas une irrigation satisfaisante.

Le graphique de répartition ci-contre montre qu'avec un vent perpendiculaire aux rampes d'asperseurs, on obtient une grande zone à faible pluviométrie au niveau du recoupement des jets. Nous avons obtenu les mêmes résultats avec les deux types de mini-asperseurs et dans des conditions de vent supérieur.



IV – SUIVI de l'IRRIGATION

4.1 - Conditions climatiques de la campagne

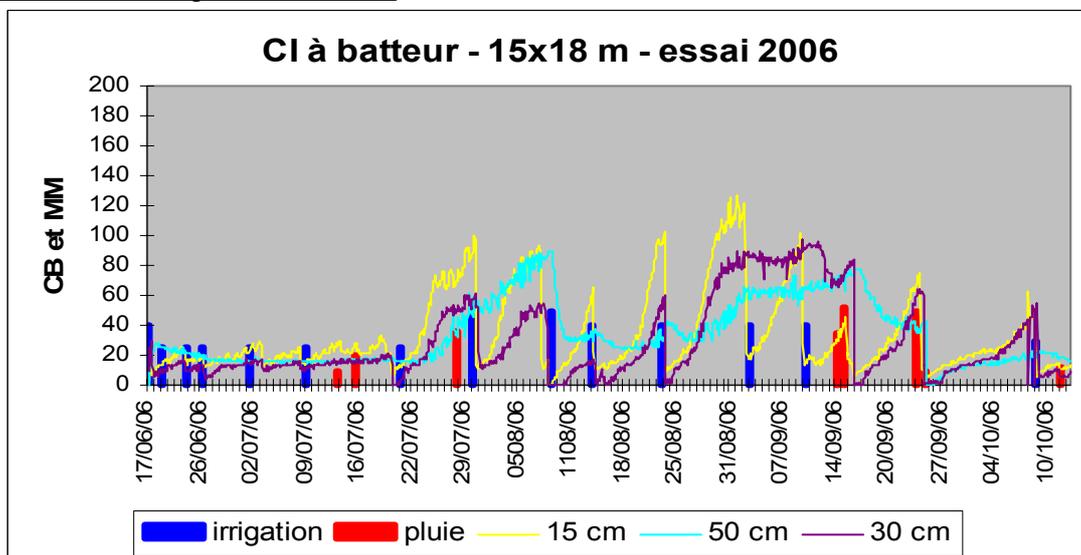
Cette année a été caractérisée par une absence de pluie au printemps, quelques pluies d'orages durant l'été et des périodes fortement ventées. Les mois de septembre et octobre ont été chauds avec plusieurs pluies d'automne très efficaces. L'irrigation a souvent été perturbée par des conditions ventées de forte intensité et de longue-durée.

4.2 - Conduite des irrigations

La conduite de l'irrigation a été réalisée selon l'expérience du producteur et suivant ses contraintes d'exploitation. Un relevé régulier des sondes tensiométriques a permis de contrôler l'efficacité des irrigations et des pluies et de réajuster les doses d'apports.

4.3 - Analyse des courbes tensiométriques

- Couverture intégrale à batteur



Au stade « levé », du 19/06 au 19/07 les tensions sont restées stables comprises entre 10 et 30 Cb sur les trois horizons. Les conditions d'humidité ont été optimales pour la culture.

Ensuite du 27/07 au 08/08, les tensions augmentent fortement, l'irrigation du 30/07 de 40 mm ne permet pas de réhumecter les trois horizons, la consommation en eau en profondeur est importante. La situation est rétablie avec les irrigations suivantes, les tensions sont maintenues dans une situation de confort hydrique jusqu'au 26/08. Puis le phénomène de dessèchement en profondeur se répète sur les horizons à 30 et 50 cm malgré les irrigations de 2 x 40 mm. La consommation de la culture est forte sur cette période (développement du feuillage), l'irrigation du 03/09 a été trop tardive pour éviter la montée des tensions à 30 et 50 cm (> à 80 Cb).

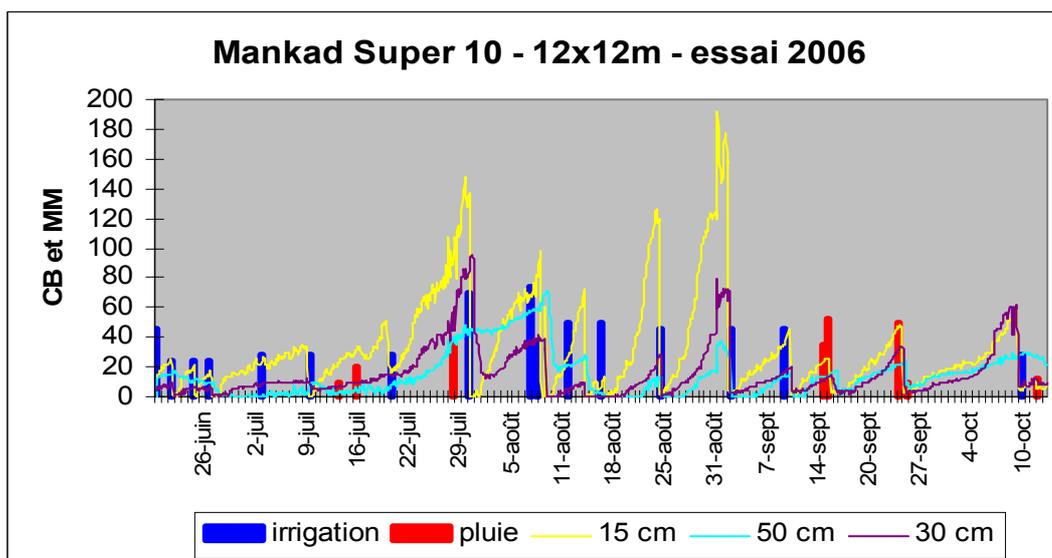
Les pluies cumulées du 15/09 et du 24/09 de 102 mm permettent de faire chuter l'ensemble des tensions.

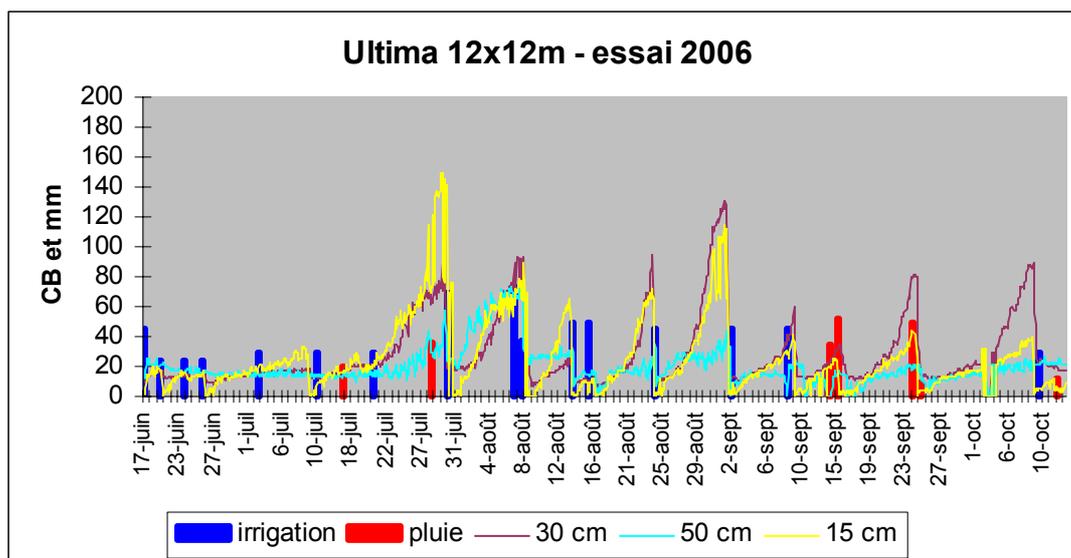
Ce problème est certainement accentué par un tassement de sol lié à la forte pluviométrie de l'installation (notamment sur la période du 05/09 au 12/09). Nous avons en effet observé de forts ruissellements entre les buttes de culture, et un affaissement de plusieurs centimètres de celles-ci.

Le volume d'eau théorique utilisé sur cette modalité pour une pluviométrie moyenne mesurée de 12 mm/h est de 5880 m³/ha.

- Mini-aspersion mécanisée

L'évolution des courbes sur les deux modalités mini-aspersions est identique, une analyse commune est donc possible.





Au stade « levé », du 19/06 au 19/07 les tensions sont restées stables comprises entre 10 et 30 Cb sur les trois horizons. Les conditions d'humidité ont été optimales pour la culture.

Sur l'ensemble du suivi le sol réagit très bien aux irrigations, les tensions baissent et les trois horizons sont parfaitement humidifiés. Il n'a pas été constaté de perte d'eau par ruissellement sur ces modalités, les buttes sont restées parfaitement souples et hautes. L'utilisation de l'eau semble plus efficace.

Nous constatons ensuite quelques pics de tensions élevés en particulier fin juillet et début août où les tensions sont montées à plus de 80 Cb à 30 cm en raison d'une forte pression de travail au niveau de l'exploitation. Nous avons observé sur cette période un développement végétatif plus faible pour les modalités mini-aspersion par rapport à la CI en particulier pour le Naan Dan malgré des doses d'apports théoriques comparables. Les pressions de fonctionnement ont été montées à 4.5 Bars (10/08) pour toutes les irrigations suivantes et, l'écart en terme de développement végétatif s'est en partie estompé. Les conséquences agronomiques seront quantifiées lors de la récolte. Le même constat a été fait chez le producteur du Ceta qui s'est équipé de ce type de matériel (l'augmentation de la pression de fonctionnement à 4 Bars a également permis de rétablir la situation).

Le volume d'eau mesuré au compteur est de 5938 m³/ha, ce qui est comparable au volume utilisé sur la modalité CI à batteur.

V - NOTATIONS AGRONOMIQUES

5.1 - Observations de l'état sanitaire du feuillage

Aucune différence en terme d'état sanitaire n'a été observée entre les différentes modalités (alternaria, oïdium, sclérotinia). En revanche, en culture durant le mois de juillet nous avons observé un développement végétatif plus faible des modalités mini-aspersion et en particulier pour la modalité Mamkad. Cette différence de végétation s'est estompé en août avec l'augmentation des doses d'irrigation sur ces modalités. A la récolte un léger écart non pénalisant pour la récolte était encore perceptible. Cet écart de développement est vraisemblablement plus lié à des apports insuffisants en juillet qu'au fonctionnement du matériel.

5.2 - Notations rendement

Un total de 6 mètres linéaire de rang (4 x 1.5 m) par modalités a été prélevé le 6 décembre. Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les trois modalités (Newman-Keuls à 5 %) en terme de rendement, peuplement ou pourcentage de déchets. Dans les conditions de notre essai, les deux modalités mini-aspersion se sont montrées aussi performante que la modalité aspersion du producteur.

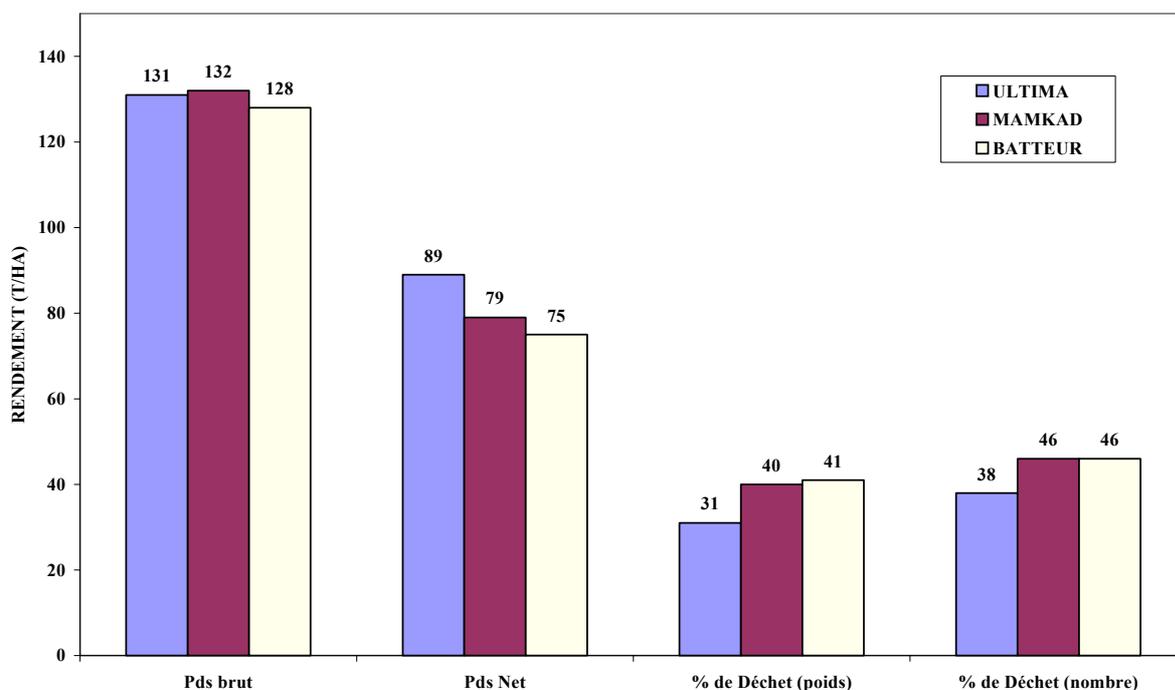
• En tonnes/ha et en nombre de racines au mètre linéaire :

Modalités	Poids brut	Poids Net	Nombre brut	Nombre net
ULTIMA	131	89	118	73
MAMKAD	132	79	120	65
BATTEUR	128	75	119	64

• Répartition du déchet : (% du déchet total)

Modalités	% de Déchet (poids)	% de Déchet (nombre)
ULTIMA	31	38
MAMKAD	40	46
BATTEUR	41	46

NOTATION RENDEMENT SUR L'ESSAI IRRIGATION



Répartition du déchet :

Modalités	%Grosses		%Petites		%Tordus		%Fourchus		%Montés		%Pourries		% Collet vert
	Nbre	Poids	Nbre	Poids	Nbre	Poids	Nbre	Poids	Nbre	Poids	Nbre	Poids	Nbre
	ULTIMA	6	19	54	31(A)	32(B)	38	5	8	1	1	3	3
MAMKAD	8	21	43	22(B)	42(AB)	47	4	7	1	1	3	3	21 (B)
BATTEUR	7	18	35	17(B)	50(A)	56	3	5	2	3	3	2	29 (A)

Il existe une différence statistiquement significative entre les trois modalités (Newman-Keuls à 5 %) pour les variables pourcentage de petites, difformes et racines présentant un collet vert > à 5 mm. La modalité batteur présente significativement plus de racines difformes ou avec des collets verts que les modalités mini-aspersion. On peut expliquer le pourcentage de racines avec collets verts plus élevé pour la modalité batteur par l'affaissement des buttes sur cette modalité lié à la forte pluviométrie de l'installation. Les collets se trouvent en dehors du sol donc exposés à la lumière, la plante fabrique de la chlorophylle d'où la coloration verte. Le pourcentage de racines difformes plus élevé pour cette même modalité peut s'expliquer par le fort stress hydrique observé pendant la première quinzaine de septembre à 30 et 50 cm de profondeur (voir courbes). Ce sol de type limon argilo-sableux se rétracte fortement en cas de mauvaise humectation et présente de nombreuses mottes, très tassées correspondant à un tassement en surface lors des récoltes hivernales et qui sont ensuite enfouies par le travail du sol⁽¹⁾. Pendant les phases de dessèchement, ces mottes peuvent entraîner des déformations en cas de contact prolongés avec les racines. Enfin le pourcentage de petites carottes significativement plus élevée pour la modalité Ultima peut-être lié au peuplement net plus élevé pour cette modalité (73 racines contre 64 et 65).

(1) Données profils de sol essai APREL CIPAN Lambesc 2002-2005.

5.4 - Qualité des racines

Après lavage, nous avons observé la présence de nombreuses repousses de radicelles sur les racines des modalités Naan et batteur qui altère la présentation commerciale (voir photos). Sur la modalité Ultima, les racines ne présentent pas de repousses de radicelles et ce pour les quatre prélèvements effectués. Cette observation est difficilement interprétable et peut-être lié à un effet sol.

VI - CONCLUSION DE L'ESSAI

La mini-aspersion, en culture légumière de plein champ a montré des résultats comparables à la CI à batteur tant sur la répartition de la pluviométrie sur cette parcelle de faible longueur (inférieure à 180 m) que d'un point de vue agronomique (peuplement, rendement).

Elle se distingue toutefois positivement dans certaines conditions :

- sur des parcelles de grandes longueurs, les plus petits débits et la régulation permettent de poser des rampes allant jusqu'à 300 m de long.
- les débits instantanés plus faibles permettent d'augmenter les surfaces irrigables par apport, et de simplifier les opérations de désherbage et d'améliorer l'homogénéité des parcelles (maturité).
- la mécanisation du système semble aller vers un gain de temps,
- d'un point de vue agro-environnementale en limitant les ruissellements par sa plus faible pluviométrie.
- Enfin, on retiendra sur le plan qualitatif le pourcentage de racines difformes ou présentant des collets verts plus faibles, lié d'une part au temps d'irrigation plus long favorisant une bonne humectation du sol et d'autre part au débit instantané plus faible permettant le maintien de l'intégralité de la butte limitant ainsi l'apparition de collets verts.

Elle n'en reste pas moins sensible au vent comme tout système d'irrigation.

La pression de fonctionnement de 2.5 à 3 bars indiquée par les fabricants nous paraît trop faible, pour un maillage en 12x12m.

Deux points sont encore à vérifier : le vieillissement du matériel au fil des années (fiabilité de la régulation dans le temps, fragilité du matériel à la pose et dépose) et les performances des machines d'enroulement du tube polyéthylène rond et ovalisé.