

# **Expérimentation sur une parcelle de pomme de terre à Pertuis (84)**

Pour observer les phénomènes qui provoquent le colmatage des goutteurs, nous avons travaillé dans des conditions naturelles, dans lesquelles les caractéristiques de l'eau d'irrigation ne sont contrôlées que par filtration au niveau de l'exploitation. L'objectif de cette étude est d'observer la nature minérale et/ou organique de la matière colmatante, ainsi que la ou les zones préférentielles de colmatage (début/fin de ligne, ou aléatoire).

## II.1. Matériels et méthodes

### II.1.1. L'installation pilote sur le terrain

Nous analysons une parcelle de production de pomme de terre située dans le Sud-Est de la France, en région PACA, sur la commune de Pertuis. La parcelle est alimentée par des eaux provenant du canal EDF latéral à la Durance.



Figure II-1: Le site expérimental de Pertuis (84)

Ces eaux posent des problèmes épineux de colmatage des goutteurs aux agriculteurs qui utilisent la micro-irrigation. Quatre lignes de goutteurs (goutteurs GR intégrés, à cheminement long avec un débit de 2 l/h) sont installées comme indiqué sur Figure II-2 et Figure II-3, les arrosages sont programmés à raison d'une heure par jour à partir de 17 h, en même temps que ceux du reste de la parcelle. Deux lignes sont alimentées par de l'eau filtrée à 80 $\mu$ m comme le reste de la parcelle. Cette filtration est assurée par trois filtres à disque, pour assurer la continuité de la filtration. Afin de prévenir le colmatage de ces filtres, un mécanisme de rétro-lavage<sup>2</sup> se déclenche automatiquement dès que la perte de charge entre l'entrée et la sortie dépasse 0,6 bar.

Les deux autres lignes sont alimentées par de l'eau brute, c'est à dire non préalablement filtrée à 80 microns, dans le but d'observer un éventuel effet sur la cinétique du colmatage. L'irrigation de la parcelle est divisée en trois postes (Figure II-2), pilotés par des électrovannes volumétriques. Les goutteurs utilisés par l'exploitant sont intégrés dans des gaines jetables de marque **T-Tape®**, et qui sont différentes de nos goutteurs GR. Elles présentent les caractéristiques suivantes :

- débit : 0,98 l/h
- non autorégulantes
- diamètre : 16 mm
- pression de fonctionnement : 0,6 bar
- espacement entre les perforations : 30 cm

Chaque butte de pomme de terre est parcourue par une ligne de goutteur enterrée à environ 5 cm de profondeur (Figure II-1). Les buttes sont espacées de 70 cm et ont une longueur variant de 80 à 120 mètres.

<sup>2</sup> Lavage par inversion du sens de l'écoulement à l'intérieur du filtre

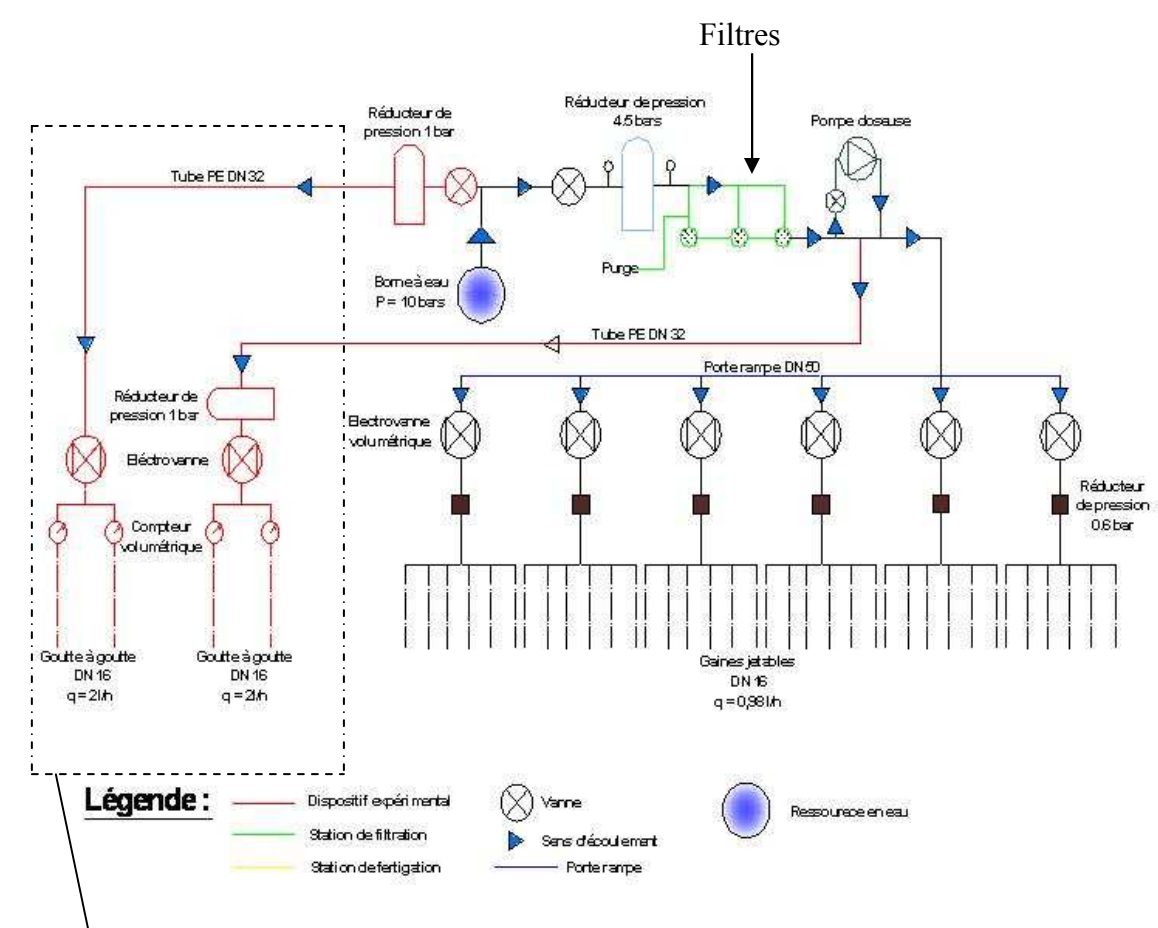


Figure II-2: Schéma technologique de l'ensemble de l'installation

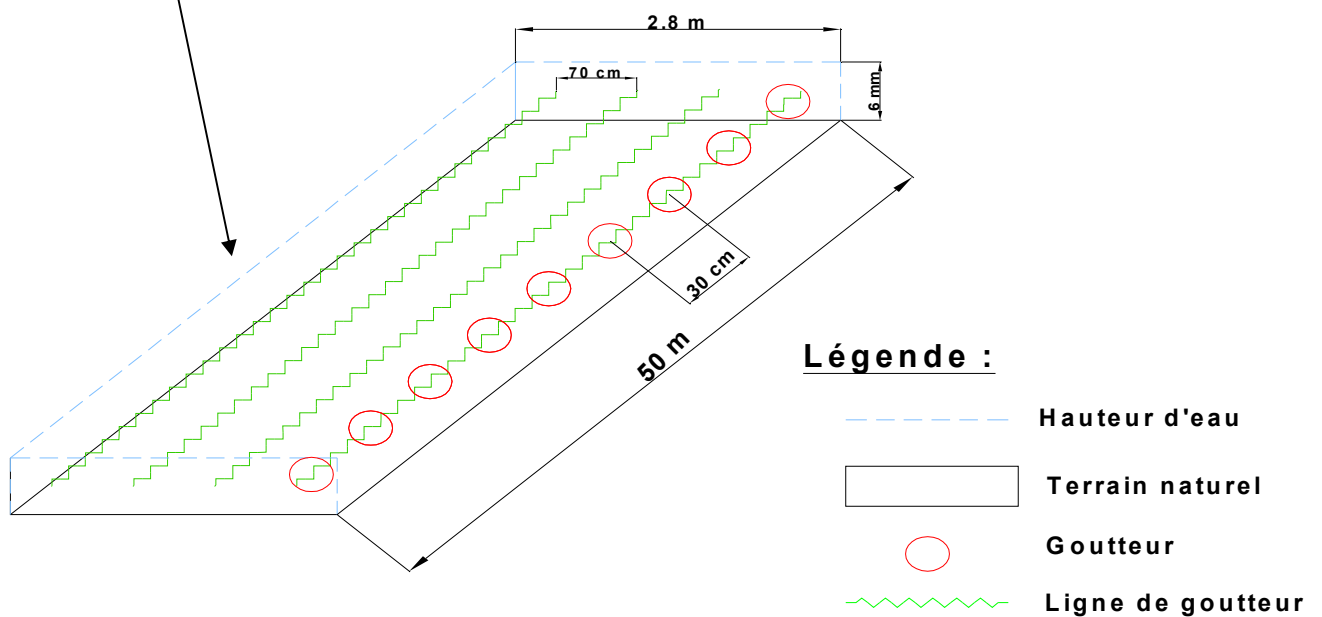


Figure II-3: Dispositif pilote expérimental à la parcelle

## II.1.2. Caractéristique du goutteur

Pour analyser les causes et le processus de colmatage en irrigation, nous avons choisi de travailler avec des goutteurs GR (Figure II-4) intégrés dans un tube en PE (polyéthylène) de 16mm de diamètre, à cheminement long. Ils fonctionnent à une pression nominale de 1 bar et délivrent 2 l/h. Ils comportent une grille d'entrée jouant le rôle de filtre avant l'arrivée de l'eau à l'intérieur du labyrinthe. Ce labyrinthe est constitué de chicanes qui créent une perte de charge (Figure II-4). Le fonctionnement hydraulique de ce système doit être suffisamment homogène pour que le débit soit uniforme tout au long d'une rampe. Ce modèle de goutteur est le plus répandu dans le monde (une production de plusieurs milliards d'unités par an), grâce notamment à leur plus grande durabilité et au fait qu'il soit tombé dans le domaine public. Il est connu pour bien résister au colmatage mais reste peu tolérant aux variations de pression.



Figure II-4: Photo du goutteur GR et du labyrinthe utilisé pour étudier le colmatage en irrigation

### II.1.2.1 La loi débit-pression

Des essais ont été réalisés afin de caractériser la loi débit pression donnant la sensibilité du goutteurs à la variation de pression appliquée en début de ligne (Eq I-1). Le débit est mesuré pour les dix goutteur à différentes valeurs de pression. On en déduit que la relation débit-pression suit une loi puissance d'exposant  $x = 0.57$ , en accord avec les caractéristiques des goutteurs non autorégulant. (Tableau I-1).

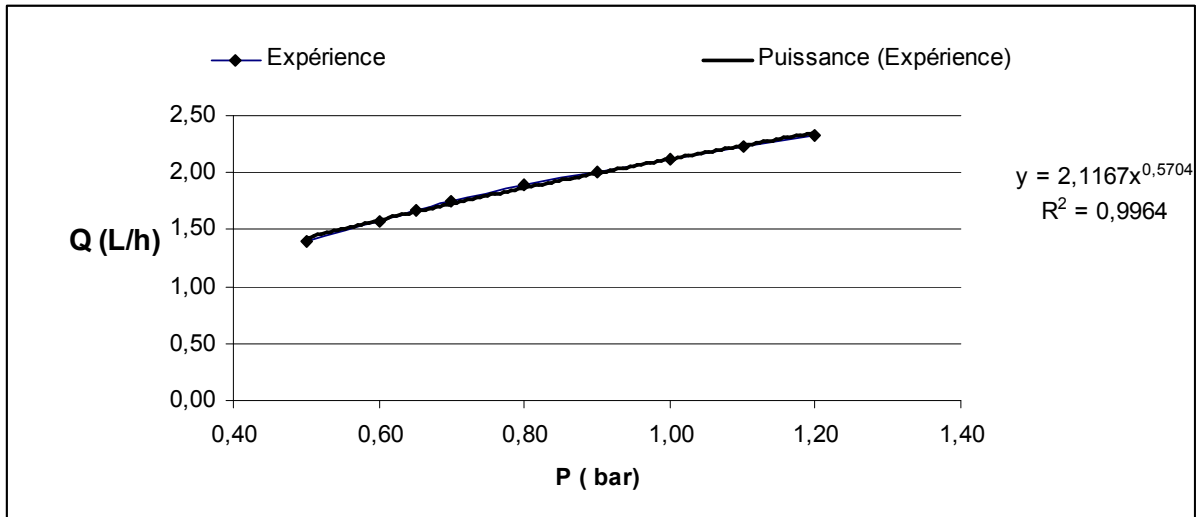


Figure II-5: courbe de débit-pression pour le goutteur GR

### II.1.2.2 Modélisation de l'écoulement

Afin d'estimer les gammes de vitesses et de cisaillement pouvant influencer sur les mécanismes d'agglomération. Nous avons modélisé l'écoulement au sein du labyrinthe à l'aide du logiciel Fluent®. Des photos réalisées à l'aide d'un microscope Motic® sur des faces du goutteur ont permis de reproduire son labyrinthe dans le logiciel de dessin Gambit (Figure II-6 et Figure II-7)

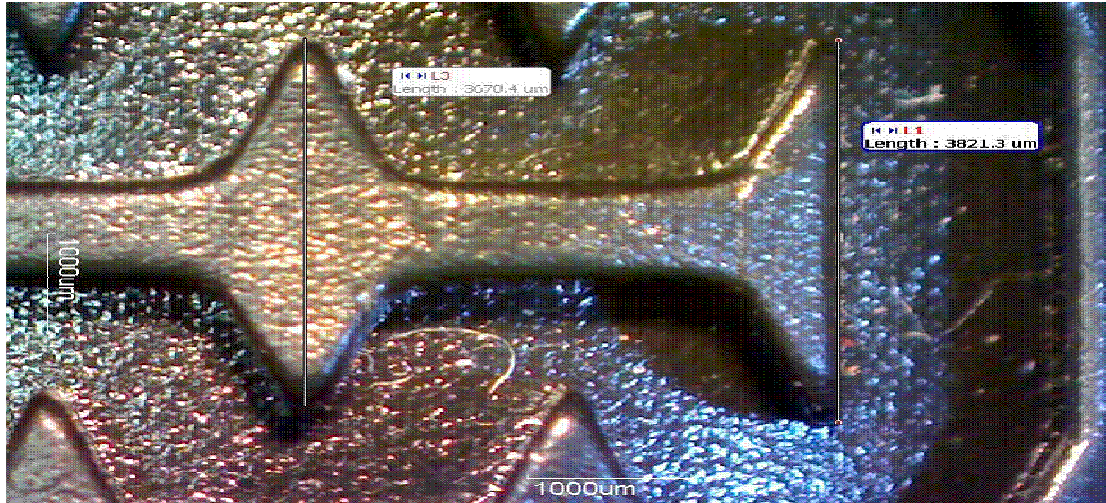
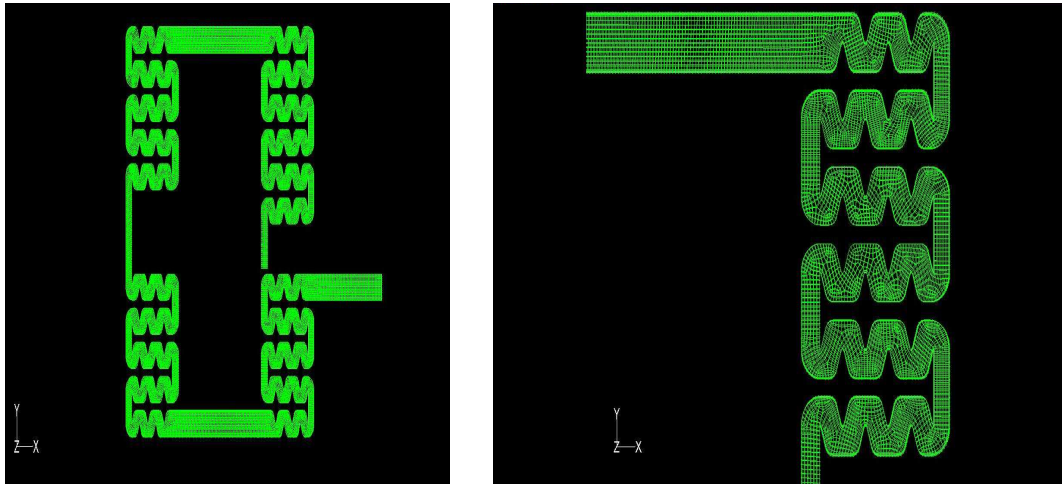


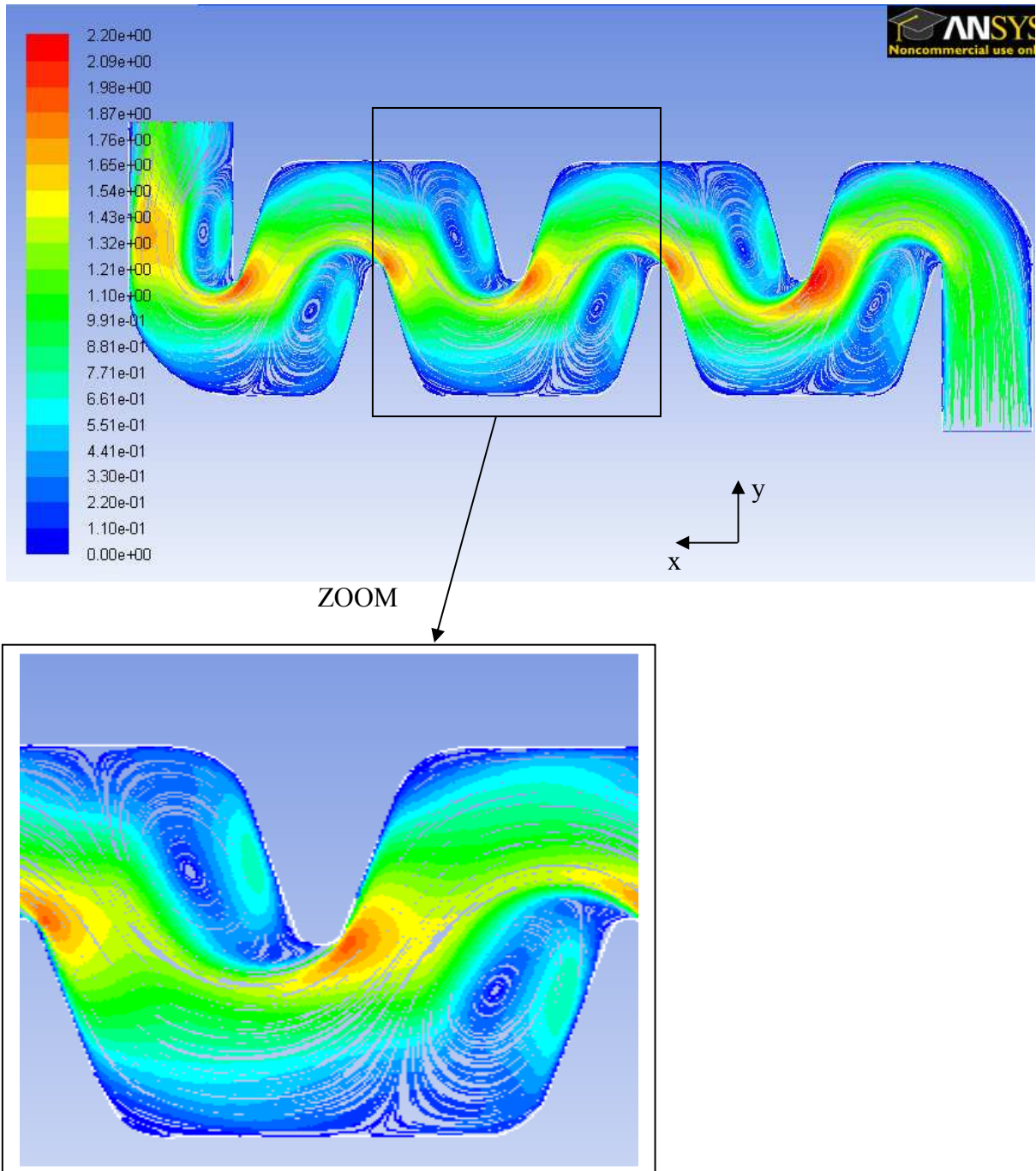
Figure II-6 : Photo du goutteur GR étudié



**Figure II-7 : Maillage du labyrinthe effectué avec le logiciel Gambit**

Des travaux de modélisation en 2D ont permis de caractériser plus précisément l'hydrodynamique de ces goutteurs. Bien que le nombre de Reynolds soit faible, de l'ordre de 600, ces simulations ont été réalisées avec un schéma turbulent. En effet, la faible section de passage ( $1\text{mm}^2$ ) et la présence de chicanes favorisent une transition laminaire/turbulent. (Li et al. 2008 ; Jun et al., 2007 ; Zhang et al. 2007 ; Wei et al. 2006) à faible nombre de Reynolds. Les sections de passage du goutteur sont de l'ordre du millimètre et sont à la limite des micro-canaux (Hetsroni et al., 2005). Pour ce type d'écoulement certaines expériences mettent en évidence une transition laminaire/turbulent à plus faible Reynolds que la valeur conventionnelle pour les macro-échelles qui est de 2300 (Wu et Little, 1983 ; Pfund et al., 2000 ; Gui et Scaringe, 1995) alors que d'autres ne montrent aucun déplacement de cette transition (Qu et Mudawar, 2002 ; Celata et al., 2004 ; Sharp et Adrian, 2004).

Aussi l'écoulement, a été modélisé et les résultats sont présentés dans la Figure II-8 permettent de cartographier le champ de vitesse dans le labyrinthe et mettent notamment en évidence l'existence de zone de recirculation. En dehors de ces zones de recirculation, la vitesse atteint des valeurs de l'ordre de 2 m/s en début de labyrinthe.



**Figure II-8: Cartographie des lignes de courant dans le labyrinthe en fonction de leur vitesse, pour une circulation allant de droite à gauche.**

Outre le champ de vitesse, il est intéressant d'estimer également les taux de cisaillement :

$$\tau = \frac{1}{2} \left| \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right| \quad \text{Eq II-1}$$

Où U et V sont respectivement les vitesses suivant les directions x et y.

Cette donnée nous sera utile par la suite car le cisaillement est une grandeur qui influe sur la croissance ou la fragmentation d'agrégats (Chapitre III).

Le champ de cisaillement représenté à la Figure II-9. Le code de couleur ne prend pas en compte les valeurs extrêmes au niveau des parois dont la valeur est de l'ordre de  $4 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$ . Cette figure permet de distinguer les zones de cisaillement maximales qui sont situées (pour plus de lisibilité) près des parois et à la pointe des chicanes  $5 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$ . La valeur moyenne du taux de cisaillement est de  $1000 \text{ s}^{-1}$ .

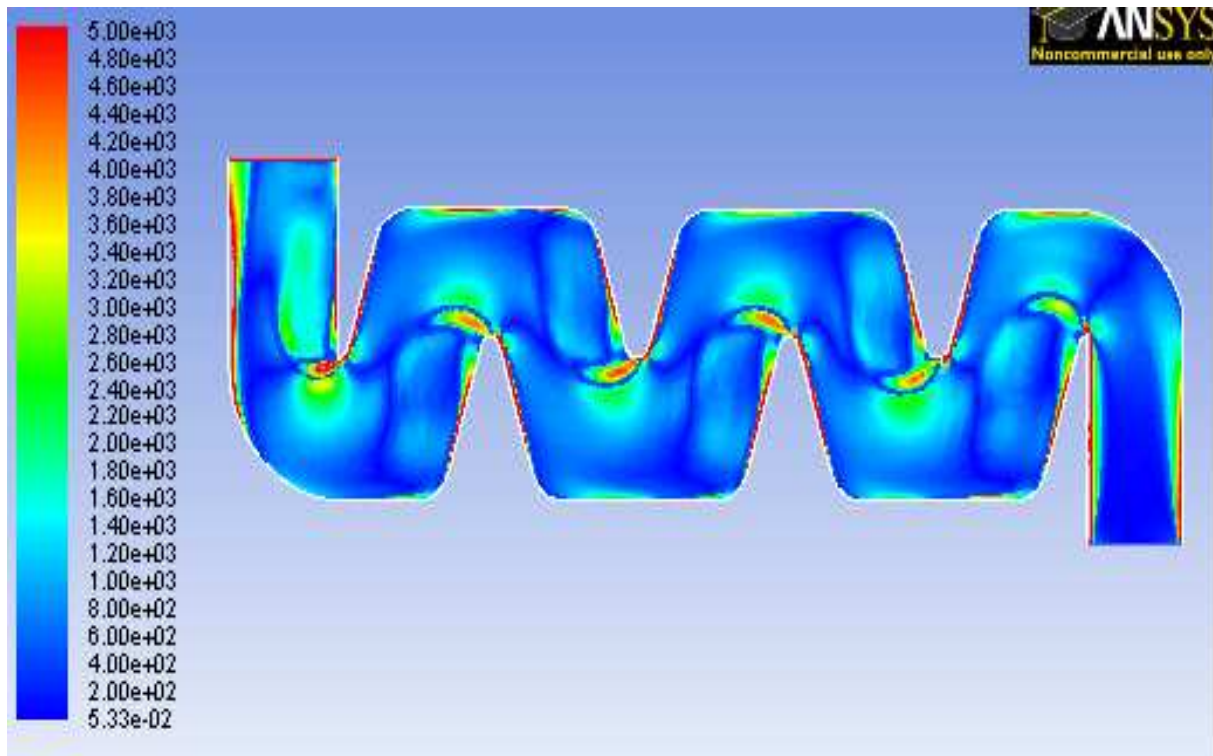


Figure II-9: Champs de cisaillement au sein du labyrinthe exprimé en  $\text{s}^{-1}$

### II.1.3. Mode opératoire

Afin de suivre au mieux l'évolution du colmatage sur le dispositif expérimental, une visite est effectuée chaque semaine afin de contrôler l'uniformité de la distribution d'eau. Pour cela, on utilise des récipients, type coupelle, une éprouvette graduée et un chronomètre.

Par ces mesures, on cherche à évaluer l'écart relatif entre les débits les plus faibles et le débit moyen des goutteurs. La procédure de contrôle est la suivante :

- Quatre mesures au minimum par rampe à répéter sur les quatre rampes différentes. Les seize mesures doivent prendre en compte les goutteurs de zones extrêmes (début et fin de ligne).
- On choisit sur chaque rampe, en dehors du premier et du dernier goutteur, des goutteurs qui se trouvent dans le premier tiers et dans le deuxième tiers de la rampe.
- Le choix des autres goutteurs doit être fait au hasard, à partir du plan du réseau et en repérant les numéros des goutteurs à tester.



### II.1.3.1 Le protocole de mesure et d'échantillonnage hebdomadaire

Le récipient collecteur est placé sous les goutteurs choisis et marqués, en prenant soin de ne pas soulever les lignes de goutteurs, afin de ne pas perturber l'écoulement des gouttes le long du tuyau. La mesure est prise sur une durée de deux minutes. A l'issue on mesure le volume prélevé pour déterminer le débit du goutteur. La pression en bout de chaque ligne est mesurée par un manomètre digital branché à des tubings qui sont introduits dans la rampe. Cette mesure a pour but d'évaluer les pertes de charge dans la rampe. Des échantillons d'eau sont prélevés par ailleurs en plusieurs points, en début et fin de ligne pour les quatre rampes. Pour les prélèvements effectués en début de ligne, cela revient à étudier en amont et en aval de la filtration dans le but d'étudier l'effet de cette étape sur les caractéristiques de l'eau d'alimentation. Les différents échantillons d'eau récoltés sont plus ou moins chargés en particules. Celles-ci ont été quantifiées et caractérisées en termes de taille, potentiel électrique de surface et minéralogie.

### II.1.3.2 Analyse granulométrique

Pour mesurer le diamètre des particules en suspension dans l'eau on utilise le granulomètre Mastersizer S (Malvern Instruments), dont la gamme de mesure est comprise entre 50 nm et 900  $\mu\text{m}$ . La granulométrie laser est une technique basée sur la diffraction de la lumière. Elle est fondée sur la théorie de Fraunhofer qui s'appuie sur plusieurs hypothèses : les particules mesurées sont considérées sphériques, non poreuses et non opaques, de diamètre supérieur à la longueur d'onde, animées d'un mouvement aléatoire, et diffractant la lumière avec la même efficacité quelle que soit leur taille. Le faisceau lumineux incident est produit par un laser He-Ne, de longueur d'onde égale à 633nm, ce dernier est élargi et traverse un collimateur afin d'obtenir un faisceau parallèle de quelque millimètres de diamètre. Il éclaire une cellule de mesure où circule l'échantillon. Lorsque le faisceau lumineux du laser rencontre une particule, cette dernière le diffracte avec un angle appelé angle de diffraction qui dépend de son diamètre. Les plus petites particules diffractent la lumière à des angles plus grands que les plus grosses particules. 42 détecteurs répartis sur une gamme d'angle autour du faisceau incident permettent de collecter l'intensité de lumière totale diffractée par les particules (Figure II-10). Un logiciel (Malvern Instruments) permet de transformer ces données brutes en distribution granulométrique volumique des particules. Plusieurs valeurs statistiques peuvent être exploitées pour caractériser cette distribution. Le diamètre médian, appelé D50 est plus communément utilisé.

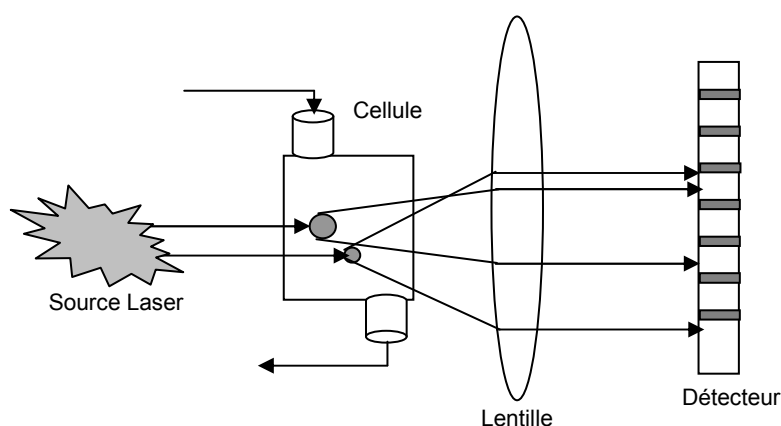


Figure II-10 Principe de la mesure granulométrique

### II.1.3.3 Protocole de mesure de granulométrie par diffraction laser

On place un échantillon dans un Becher sous agitation, d'un volume d'environ 200ml. Une pompe envoie la suspension dans la cellule de mesure du granulomètre par un système de tubings (Figure II-11). Au bout d'un temps de mesure de cinq secondes, on obtient une courbe sur une échelle semi logarithmique, avec en abscisse la taille des particules (en  $\mu\text{m}$ ) et en ordonnée le pourcentage volumique associé à chaque classe de taille, ainsi qu'un tableau de l'ensemble des mesures enregistrées. Le logiciel donne la valeur médiane D50 des tailles obtenues. On réalise environ 5 mesures par échantillon, afin de pouvoir dresser une courbe représentant la moyenne des valeurs obtenues. Ce protocole permet d'éliminer les prises de mesures qui sont incohérentes. Ces mesures erronées peuvent être dues à un bruit extérieur, une bulle d'air ou encore une impureté. Leurs caractéristiques sont en général très différentes des échantillons mesurés, ce qui permet de retirer ces résultats de l'analyse.

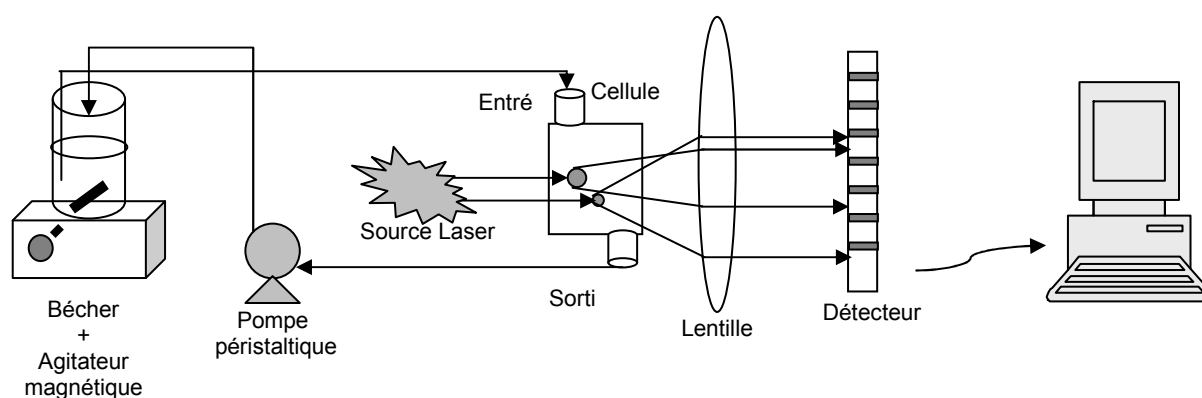


Figure II-11 : Schématisation de la mesure granulométrique de la suspension

### II.1.3.4 Principe de la diffraction des rayons X

La diffraction des rayons X permet d'identifier les phases cristallisées d'un échantillon (minéraux, métaux, céramiques, produits organiques cristallisés). Elle permet de reconnaître des produits ayant la même composition chimique brute, mais une forme de cristallisation différente, par exemple de distinguer les différentes silices (qui ont toutes la même formule brute  $\text{SiO}_2$  : quartz, cristobalite...), ou les différentes alumines (qui ont toutes la même formule brute  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

On prépare l'échantillon sous la forme d'une poudre aplanie dans une coupelle, ou bien sous la forme d'une pastille solide plate. On envoie des rayons X sur cet échantillon, et un détecteur fait le tour de l'échantillon pour mesurer l'intensité des rayons X diffractés en fonction de l'angle de diffraction. La longueur d'onde des rayons X étant de l'ordre de grandeur des distances interatomiques (quelques Angström), les interférences des rayons diffusés vont être alternativement constructives ou destructives. Selon la direction de l'espace, on va donc avoir un flux important de photons X, ou au contraire très faible. Ce phénomène a été découvert par Max von Laue (Prix Nobel en 1914), et longuement étudié par sir William Henry Bragg et son fils sir William Lawrence Bragg (prix Nobel commun en 1915). Les

directions dans lesquelles les interférences sont constructives, appelées « pics de diffraction », peuvent être déterminées très simplement par la formule suivante, dite loi de Bragg :

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad \text{Eq II-2}$$

avec

- $d$  = distance interréticulaire, c'est-à-dire distance entre deux plans cristallographiques ;
- $\theta$  = demi-angle de déviation (moitié de l'angle entre le faisceau incident et la direction du détecteur) ;
- $n$  = ordre de réflexion (nombre entier) ;
- $\lambda$  = longueur d'onde des rayons X.

## II.2. Résultats

Nous avons utilisé une parcelle de production de pomme de terre pour pouvoir suivre l'évolution du colmatage dans le temps lors d'une campagne d'irrigation, à savoir du mois de mai jusqu'à la fin du mois de juillet pour ce type de production. Pour cela, nous décidons d'utiliser sa ressource en eau (à savoir l'eau du canal de la Durance), ainsi que son système de filtration, afin de reproduire les conditions d'une irrigation en plein champs traditionnelle.

### II.2.1. Uniformité de la distribution de débit dans les goutteurs

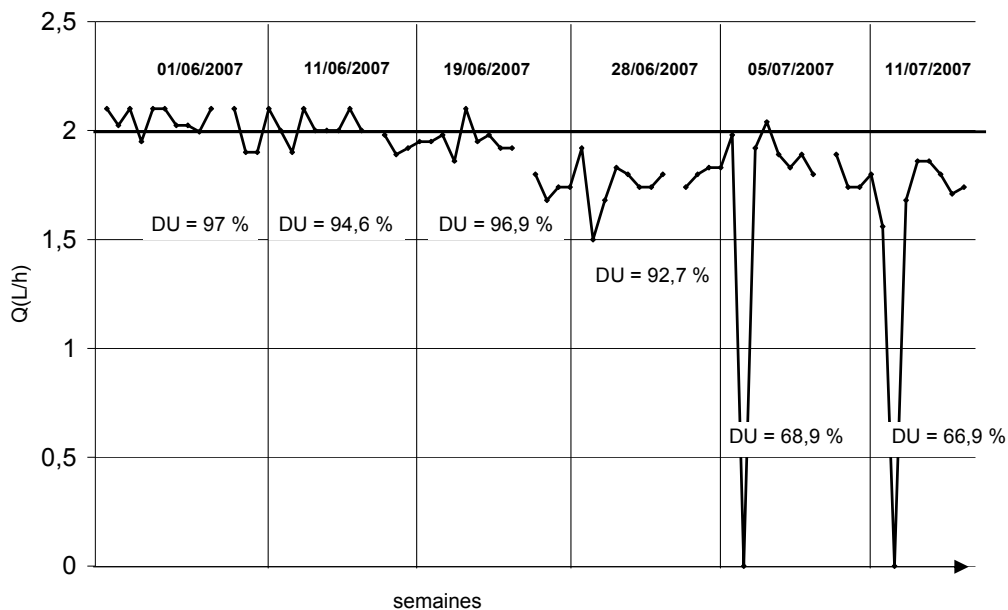
Nous avons réalisé un premier contrôle au champ suite à la mise en place de l'installation. Nous obtenons de très bonnes valeurs d'uniformité, en effet sur les deux lignes de goutteurs mesurées, le coefficient d'uniformité est de 98,6 % et de 99,5% pour l'installation alimentée en eau filtrée. Nous débutons donc notre expérimentation avec une uniformité de distribution quasiment parfaite et un débit légèrement supérieur au débit nominal (2 l/h) annoncé par le constructeur.

L'évaluation de l'uniformité spatiotemporelle de la distribution de l'eau repose en partie sur l'analyse du coefficient d'uniformité (DU). Ce coefficient correspond au rapport du débit moyen des plus faibles mesures (moyenne sur le quart de l'effectif  $\bar{q}_{\min}$ ) au débit moyen de l'ensemble des mesures ( $\bar{q}$ ) :

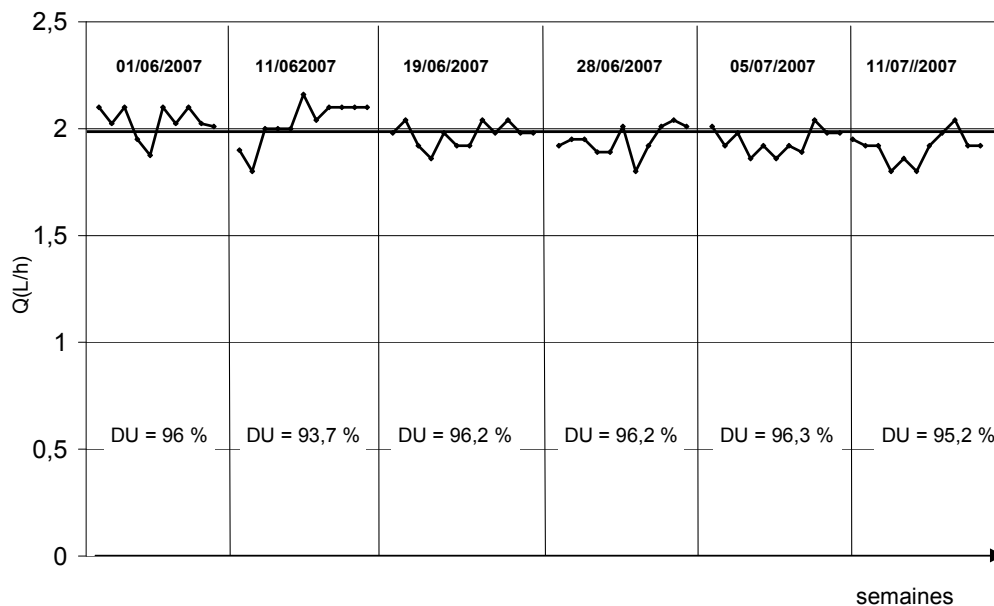
$$DU = 100 * \frac{\bar{q}_{\min}}{\bar{q}} \quad \text{Avec } \bar{q} : \text{moyenne de l'ensemble des } n \text{ mesures}$$

et  $\bar{q}_{\min}$  : moyenne des  $\frac{n}{4}$  mesures des débits les plus faibles

Une bonne uniformité se caractérise par une valeur du DU élevée, proche de 100%



**Figure II-12: Evolution temporelle des débits avec des eaux brutes (sans filtration)**



**Figure II-13: Evolution temporelle des débits avec des eaux filtrées**

Les données antérieures au 29/06 reportées en Figure II-12 et Figure II-13 représentant les évolutions temporelles des débits des lignes recevant respectivement des eaux brutes et des eaux filtrées, mettent en évidence une variation de l'ordre de + ou - 5% par rapport au débit nominal pendant cette période. Cette variation est normale, elle est généralement due à la qualité de fabrication du produit, mais aussi à de possibles fluctuations de pression sur le réseau en amont de l'installation, ou du fait des pertes de charge en amont. Les mesures réalisées le 11 juin 2007 sur les lignes filtrées montrent que les deux premiers goutteurs ont

des débits nettement inférieurs aux autres et ceci n'est pas observable sur les autres jours de relevé. On peut vraisemblablement relier cette chute des débits à une baisse momentanée de pression. A partir du 5 juillet 2007, soit après un mois d'apports d'eau journalier, l'ensemble des goutteurs en eaux brutes présente un débit de distribution inférieur au débit nominal (Figure II-12) et environ  $\frac{3}{4}$  des goutteurs en eaux filtrées (Figure II-13). En revanche, on conserve une très bonne uniformité de distribution d'eau. En effet le DU demeure supérieur à 95 %, on peut donc supposer que l'obstruction des organes de distribution est homogène pour les différents goutteurs.

Tout au long de l'expérimentation, nous avons obtenu de très bonnes valeurs d'uniformité de la distribution d'eau (sur la partie eau filtrée), elles sont toutes supérieures à 90%, et d'après Chossat, (1995), il n'est pas nécessaire d'intervenir sur le réseau. Etant donnée la baisse du débit observé, on en déduit que le coefficient d'uniformité seul, ne fait pas ressortir tous les aspects des phénomènes de colmatage pour peu qu'ils soient homogènes, le DU seul n'est donc pas un critère suffisant.

## II.2.2. Variation du débit

C'est pour cette raison, qu'en complément du DU, on calcule un pourcentage de variation des débits de distribution par rapport au débit initial (Ec) :

$$Ec = 100 * \frac{(q - q_n)}{q_n} \text{ avec}$$

$q$  : Débit mesuré (l/h)

$q_n$  : Débit nominal (dans notre cas : 2 l/h)

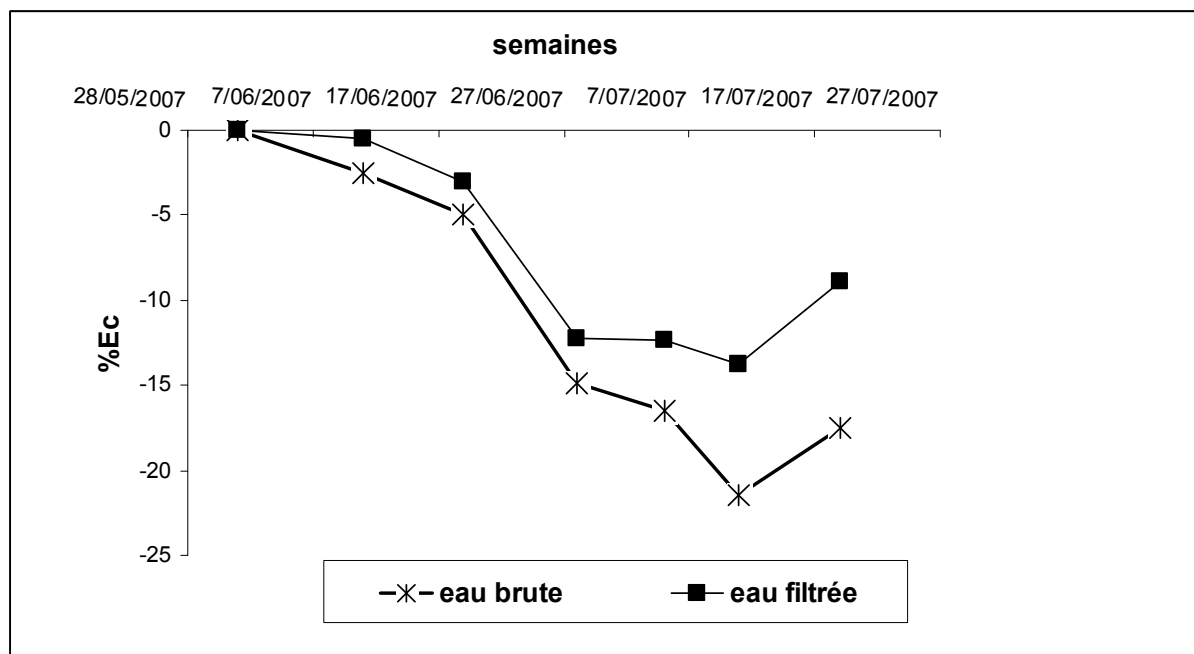


Figure II-14: Evolution temporelle de l'Ec pour des eaux filtrées et non-filtrées

Pour les eaux brutes (Figure II-14), l'évolution temporelle de l'Ec montre une chute des débits qui atteint 22% la cinquième semaine. On note une accélération de la chute de ces débits lors de la troisième semaine, celle-ci est à relier aux événements orageux survenus lors de cette période qui provoquent la mise en suspension d'un plus grand nombre de particules qui finissent dans les cours d'eau et canaux, et donc favorisent l'obstruction des goutteurs. En

eaux filtrées, on observe une diminution de 14% par rapport au débit nominal à la fin de la période d'irrigation. Cette variation est liée au colmatage partiel des goutteurs d'irrigation.

### **II.2.3. L'effet de la filtration sur le colmatage des goutteurs**

On voit sur la Figure II-14 que la station de filtration a permis de réduire le colmatage de l'installation sur la période de deux mois d'expérimentation. Néanmoins, il est intéressant de constater que les phénomènes de colmatage se produisent de la même façon avec des intensités différentes pour une installation alimentée par des eaux filtrées et non filtrées. Il apparaît donc que la station de filtration qui élimine les particules de plus de 80  $\mu\text{m}$  n'a fait que repousser l'échéance du colmatage de l'installation, qui semble inévitable au vu de la tendance de la courbe.

Même munie d'une station de filtration relativement performante, cette dernière ne peut pas protéger intégralement les goutteurs sur le long terme. En effet, rappelons que pour valoriser au mieux la production, le calibre des pommes de terre doit être homogène. Les 5% de débit apportés en moins en moyenne au terme d'une seule campagne d'irrigation, peuvent ne pas avoir d'effet sur la production, mais en revanche la variabilité de la distribution se traduira par une variabilité plus grande des tailles de tubercules, ce qui pourra réduire le prix de vente du produit. De plus, on peut prévoir que ce phénomène s'amplifiera l'année suivante, et donc de ce fait, pourra s'accumuler au fil des années.

### **II.2.4. L'effet de la purge sur l'intensité du colmatage**

La purge est une technique qui permet d'évacuer l'eau en bout de ligne, soit manuellement soit avec une électrovanne. Comme nous avons pu le voir Figure II-12 un goutteur alimenté par des eaux non filtrées s'est colmaté totalement à compter du 5 juillet. Ce dernier est placé en fin de ligne et celle-ci n'a jamais été purgée. Pour faire ressortir cet effet, nous avons comparé trois goutteurs qui se trouvent à des positions différentes d'une même ligne ou en fin d'autre ligne ayant subi une purge.

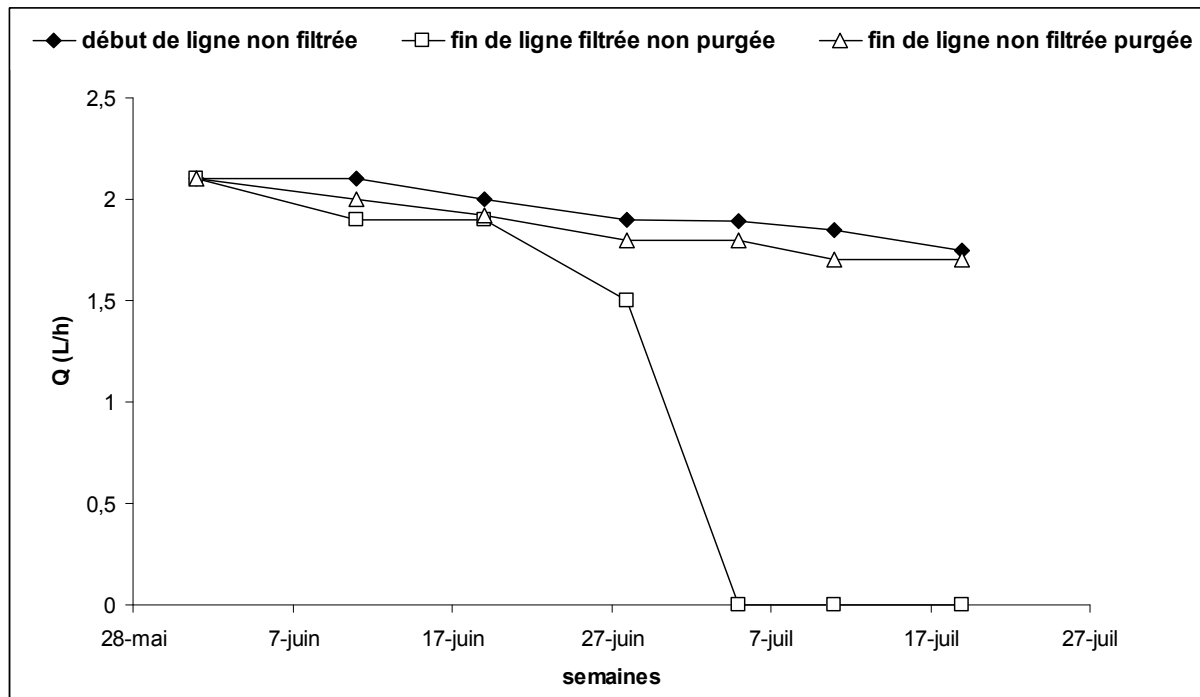


Figure II-15 : Effet d'une purge sur les goutteurs situés en fin de ligne

La Figure II-15 montre clairement l'effet d'une purge sur le maintien du débit de distribution des goutteurs situés en fin de ligne. En effet, le fait de chasser les particules chaque semaine a permis de conserver un débit de distribution, certes 15 % en dessous du débit initial en fin de campagne, mais on a surtout prévenu le bouchage complet des organes d'irrigation. De plus, on constate que l'obstruction totale du dernier goutteur non purgé, est survenue suite aux importants événements orageux du 1<sup>er</sup> juillet. On peut également penser que la chute de débit sur ce même goutteur observé lors des relevés du 28 juin (1,5 l/h), peut être due à une forte charge en particules des eaux de la Durance, car ces orages ont frappé une semaine plus tôt au niveau du barrage de Serre Ponçon qui alimente le canal.

## II.2.5. Mesure granulométrique

### II.2.5.1 Variabilité de la qualité des eaux d'irrigation après filtration

Il est important de pouvoir apprécier la variation en charge de particules des eaux d'irrigation, car elle influence directement les risques de colmatage. Les eaux de chaque prélèvement hebdomadaire ont été analysées au granulomètre laser (Figure II-16). L'obscurité, qui est corrélée à la charge globale en particule contenue dans l'eau, est reportée avec le D50 de la distribution de tailles volumique de ces particules.

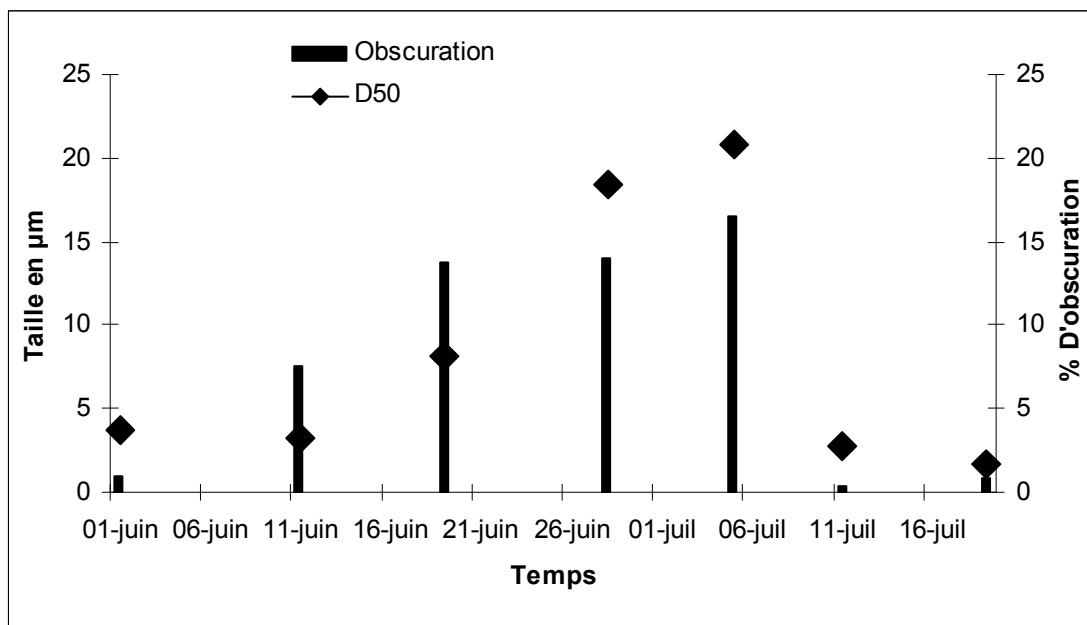


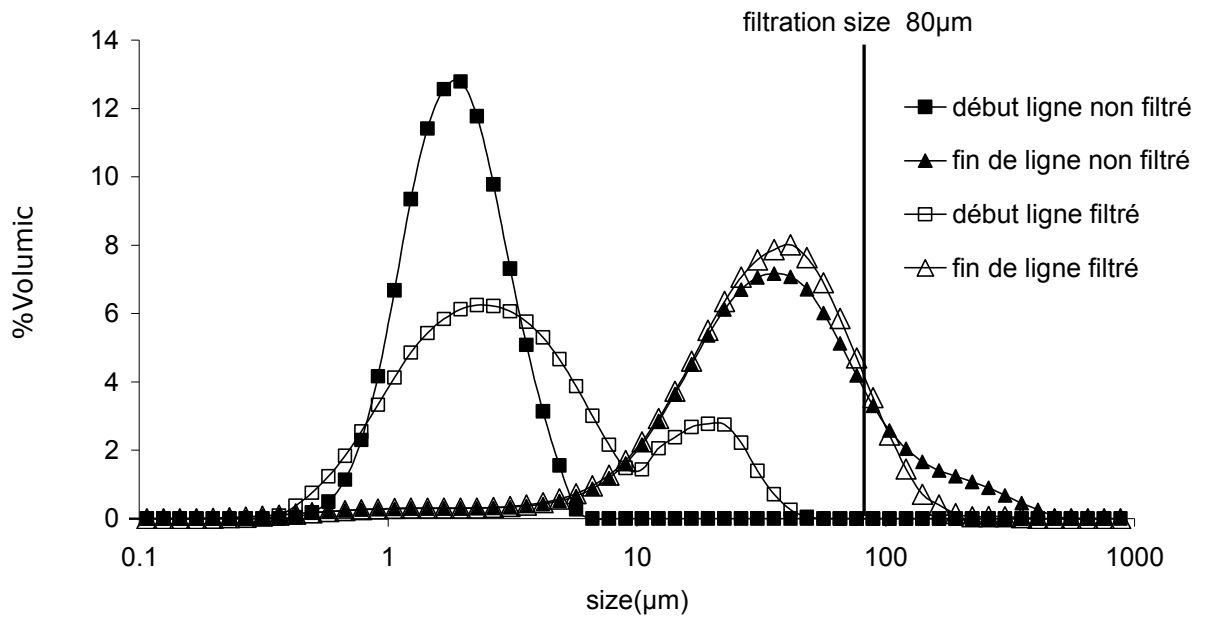
Figure II-16 Variabilité en charge de particule de la ressource en eau

On peut constater une forte variabilité de la teneur en particules des eaux d'irrigation au cours du temps (Figure II-16). En effet, on observe que l'obstruction et la taille des particules augmente progressivement jusqu'au 6 juillet, qui présente une obstruction de 16,5%. En fin de campagne, on remarque une inversion de la tendance car, nous avons moins de 1% d'obscuration. Cette forte amplitude est due en grande partie aux aléas climatiques. En effet, après une période de sécheresse, les fortes pluies, du 1 au 6 juillet, ont érodé les sols du bassin versant de la Durance, et entraîné les particules avec les eaux de ruissellement. Celles-ci aboutissent dans les canaux d'irrigation. On remarque également que le D50 des particules est corrélé avec le pourcentage d'obscuration. En effet, lorsque l'eau est fortement chargée, on retrouve une part plus importante de grosses particules. Au vu de ce graphique, on comprend pourquoi après un événement orageux, les risques de colmatage des systèmes d'irrigation augmentent. Le facteur prépondérant est moins la taille des particules (qui varie assez peu) en regard de la taille de la section de passage de l'eau dans le goutteur, que leur concentration. On observe d'ailleurs que le lendemain d'une pluie, les cycles de rétro-lavage des filtres sont plus nombreux. Dans le cas évoqué le laps de temps entre cycle est divisé par six par rapport à la situation d'une période sans pluies d'orage, d'où la nécessité de l'automatiser.

### II.2.5.2 Analyse granulométrique des particules

La Figure II-17 montre les distributions de taille de particules sortant en début ou fin de lignes à partir d'eaux filtrée ou brute. Il apparaît que la qualité de l'eau est fortement variable et que l'effet de la filtration n'est pas toujours celui attendu.





**Figure II-17: Evolution de la taille des particules entre le début et la fin de la ligne**

En entrée de ligne, dans les eaux filtrées, les distributions de tailles de particules mesurées sont inférieures au seuil de coupure de 80  $\mu\text{m}$  de la station de filtration, s'étalant entre 0,3 et 30  $\mu\text{m}$ . Toutefois l'eau non filtrée ne présente pas une famille granulométrique plus grossière. Au contraire, celle-ci est centrée sur 2  $\mu\text{m}$  et est exempte de la famille de taille de 20  $\mu\text{m}$  observée en sortie de filtration. Cet effet inattendu de la filtration peut être dû d'une part au relargage dans l'eau filtrée de particules de 20  $\mu\text{m}$  préalablement déposées sur le filtre, et d'autre part à la charge de l'eau brute particulièrement faible du fait des conditions météorologiques lors de ce prélèvement.

En fin de ligne, les distributions de tailles mesurées s'avèrent beaucoup plus grossières, avec des valeurs maximum autour de 200  $\mu\text{m}$  quel que soit le type d'eau analysé. Cette augmentation de la taille mesurée d'un bout à l'autre de la ligne met en évidence un phénomène d'agrégation des particules se produisant pendant leur temps de séjour dans la ligne. Les causes de ce mécanisme d'agrégation sont encore indéterminées, mais la stagnation des particules dans la rampe sous saturée en eau pendant les périodes de repos, et sous forte radiation solaire est probablement à incriminer.

### II.2.5.3 L'influence de la purge sur la granulométrie des particules

Au fil des prélèvements, nous avons constaté une accumulation des particules au bout des lignes de goutteurs. C'est pourquoi nous avons analysé la taille des particules avant et après une purge (Figure II-18) de l'installation. On confirme l'observation précédente quant à la présence en fin de ligne de particules de tailles supérieures au seuil de coupure du filtre. En étudiant ces graphiques, on peut constater que la taille des particules mesurées est plus élevée avant purge qu'après. On peut donc penser qu'en se déposant en bout des lignes de goutteurs, les particules forment des amas de grande taille. Ceux-ci sont remis en mouvement lors de chaque apport d'eau et peuvent cheminer au travers du labyrinthe du goutteur. Au contraire, lorsqu'une purge est opérée en bout de ligne, le dépôt de particules stagnantes est évacué par la forte pression, et ce processus de colmatage est éliminé.

Ces phénomènes sont intéressants, car ils peuvent expliquer en partie pourquoi un des goutteurs installés et n'ayant subi aucune purge ne débite plus d'eau en fin de campagne d'irrigation.

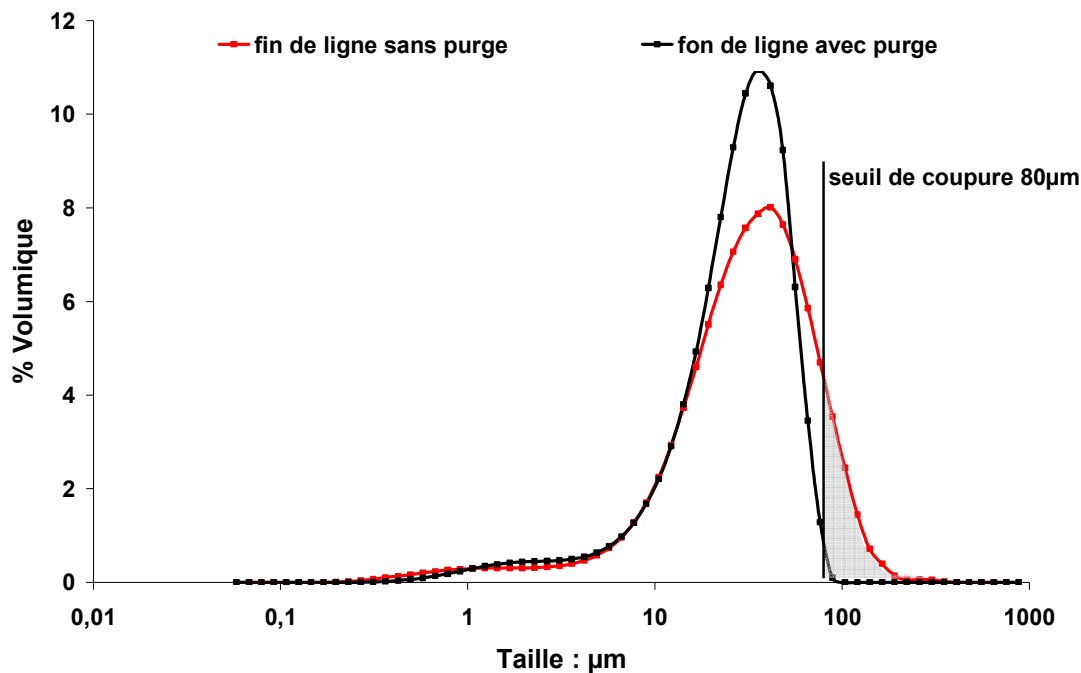


Figure II-18 : Taille des particules en eau filtrée en fin de ligne, avec et sans purge

## II.2.6. Caractérisation des espèces en suspension dans l'eau

Des prélèvements d'eau sont effectués en différentes positions de la ligne du système, afin de caractériser la minéralogie de la matière qui se trouve en suspension. La diffraction par rayon X (Figure II-19) révèle des pics intenses et une ligne de base plane, caractéristique d'une matière en suspension essentiellement minérale et bien cristallisée. On y décèle l'existence de deux types d'argiles prédominantes, la kaolinite et la smectite. Cette dernière est une argile 2:1 dite gonflante, dont l'organisation inter particulaire est particulièrement sensible aux phénomènes d'hydratation / déshydratation, et est bien connu pour sa faible conductivité hydrique en cas de formation en couche dense. Ceci est en bon accord avec les observations faites sur les lignes de goutteurs, et appuie l'hypothèse d'un rôle prépondérant des particules déposées dans la ligne sur le processus de colmatage. Il semble donc que le colmatage physico-chimique prédomine le colmatage biologique dans cette situation particulière.

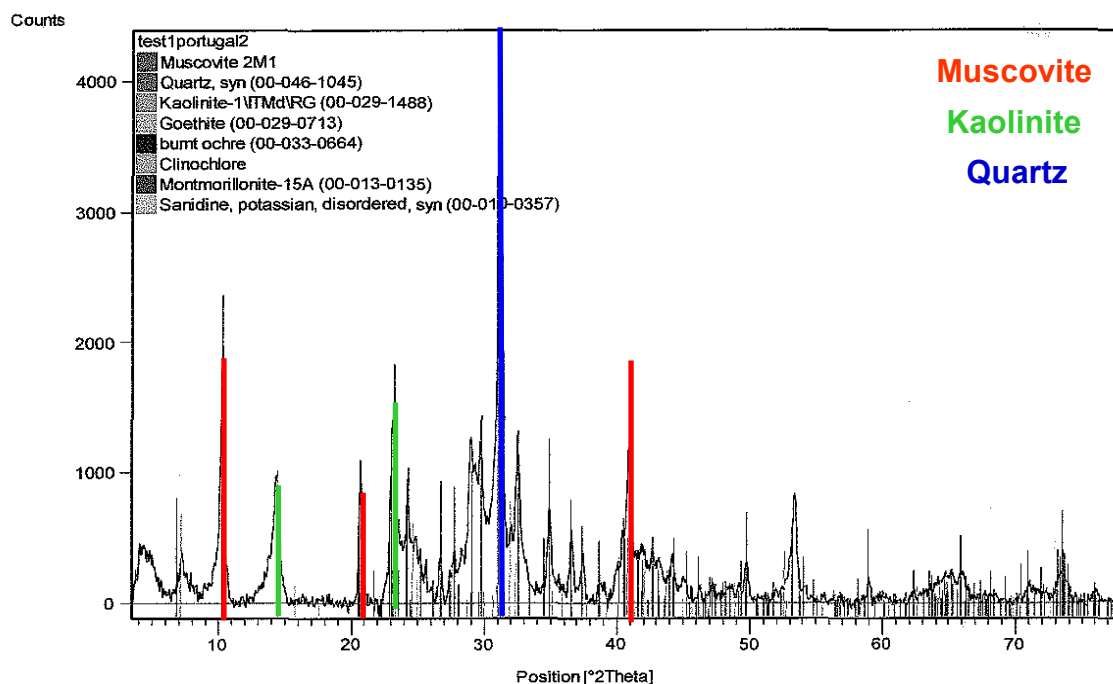


Figure II-19 : Minéralogie de l'eau de purge déterminée par diffraction des rayons X

### II.3. Conclusion

Des mesures de débit sont effectuées sur les goutteurs de chaque ligne se trouvant au même niveau (dans l'ordre début-fin). Ces mesures mettent en évidence l'intensité du colmatage et elles révèlent un colmatage aléatoire des goutteurs.

Des prélèvements d'eau sont effectués en parallèle en différents points du système, afin de caractériser le comportement de la matière qui se trouve en suspension. La diffraction par rayon X révèle l'existence de deux types d'argile prédominants, la kaolinite et la smectite. Il apparaît que colmatage physico-chimique prédomine le colmatage biologique. Parallèlement, les mesures par granulométrie laser mettent en évidence une augmentation des tailles de particules mesurées entre le début et l'extrémité de la ligne qui est à relier avec le phénomène d'agrégation et de déposition de ces argiles dans la ligne.

Ces résultats montrent que le colmatage des organes d'irrigation peut être fortement lié à la qualité d'eau et à la nature de la matière qui s'y trouve, à savoir leur charge et éventuellement leurs diamètres. Suite au résultat granulométrique l'hypothèse d'une agglomération/déposition des particules est vérifiée.

L'installation d'un système de filtration en micro-irrigation est indispensable pour le bon fonctionnement des rampes durant toute la période d'irrigation et pour aller dans le sens d'une durabilité relativement élevée pour ce type d'eaux, mais il ne prémunit pas complètement contre les colmatages. Cette efficacité des systèmes, rampes + goutteur peut être augmentée si on applique des purges régulièrement en fin de rampes par des vannes qui seront automatisées, en particulier à la suite de pluies orageuses sur le bassin versant.

D'après l'expérience de l'agriculteur chez qui nous avons travaillé, on peut aussi diminuer le risque de colmatage en augmentant les fréquences d'arrosage c'est-à-dire en étalant sur la journée la quantité d'eau quotidienne habituellement apportée en une fois. Cela limite en effet l'accumulation et le dépôt (minéral et bactériologique) dans les rampes.

Aux vues de ces résultats, il apparaît essentiel d'étudier plus en détail quels sont les facteurs environnementaux qui favorisent l'agrégation des particules argileuses et ses conséquences sur le colmatage des goutteurs.