



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Etude pour le renforcement des actions d'économies d'eau en irrigation dans le bassin Adour-Garonne

PHASE 1

Synthèses bibliographiques :
4 ► Goutte-à-goutte en grandes cultures

Etude réalisée par l'agence de l'eau Adour-Garonne
avec la collaboration de :



Sommaire

1 Description technique et du contexte – Etat actuel	4
2 Quantification des économies d'eau.....	6
2.1 Amélioration de l'efficience de l'application	6
2.2 Synthèse des expérimentations sur le goutte-à-goutte.....	7
2.3 Conclusion.....	8
3 Autres impacts agronomiques et environnementaux.....	9
3.1 Liste des avantages du goutte-à-goutte	9
3.1.1 Cas général (valable pour goutte-à-goutte enterré et de surface) :	9
3.1.2 Spécifique goutte-à-goutte enterré :	10
3.1.3 Spécifique goutte-à-goutte de surface :	10
3.2 Liste des inconvénients du goutte-à-goutte	10
3.2.1 Cas général (valable pour goutte-à-goutte enterré et de surface) :	10
3.2.2 Spécifique goutte-à-goutte enterré :	10
3.3 Conclusions	11
4 Analyse socio-économique.....	11
4.1 Le montant de l'investissement et les charges fixes annuelles.....	12
4.2 Les charges opérationnelles de l'irrigation par goutte-à-goutte	13
4.3 Impact sur la main d'œuvre	14
4.4 Autres coûts.....	15
4.4.1 Changement de pratiques culturelles liées à la mise en place du goutte-à-goutte enterré.....	15
4.4.2 Coût de la fertilisation	15
4.5 Conclusion.....	15
5 Analyse coût-efficacité de l'action	17
6 Freins et leviers pour son développement	18
7 Eléments de développement potentiel (territoires, types d'exploitations...)	20
8 Bibliographie.....	22

Liste des fiches de synthèse des connaissances

Efficiency de l'application

- AEE 1 - Développement du conseil en irrigation et outils de pilotage adaptés (logiciels, sondes...)

Efficiency de la distribution

- AEE 2 - Equipements hydro-économies de précision
- AEE 3 – Changement matériels : enrouleurs remplacés par pivot ou rampe
- AEE 4 - Goutte à goutte en grandes cultures et cultures industrielles
- AEE 5 - Goutte à goutte et micro-aspersion en vergers

Efficiency du transport

- AEE 6 – Optimisation et réduction des pertes des réseaux collectifs (encart : réseau individuel)

Modification des pratiques agricoles

- AEE 7 - Dates de semis, précocité et choix des variétés
- AEE 8 - Semis direct et couverts végétaux
- AEE 9 - Agroforesterie

Assollements & systèmes économies en eau

- AEE 10 - Substitution de culture de printemps irriguée par des cultures d'hiver ou de printemps

Note au lecteur

La fiche « action d'économie d'eau en irrigation », présentée ci-après, a pour objectif de synthétiser l'état des connaissances en matière d'économie d'eau en irrigation sur le bassin Adour-Garonne. Les divers sujets ont été répartis en 10 grands types d'actions, qui ont été traités de manière synthétique.

Les fiches ont été réalisées à partir de données publiées et mises à disposition du bureau d'études (bibliographie fournie par le comité de pilotage, complétée par les cabinets d'études), complétées par des entretiens d'acteurs. Cette synthèse n'avait pas pour objectif de produire de nouvelles références.

Les fiches représentent une étape de l'étude. La cible de cette synthèse est principalement interne et visent notamment à partager les connaissances entre les membres du comité de pilotage. Elles serviront de base à la suite du travail sur l'analyse des gisements et seront mobilisées pour la rédaction du rapport final à destination des instances de bassin.

Elles comprennent les points suivants : une description de l'action et de ses principales modalités, les économies d'eau possibles, les autres impacts agronomiques et environnementaux, les freins et leviers pour son développement, une analyse coût-efficacité et des éléments sur les potentiels de développement de l'action sur le bassin Adour-Garonne.

1 Description technique et du contexte – Etat actuel

Le goutte-à-goutte (GAG) est un système d'irrigation, composé de tuyaux équipés de goutteurs, le plus souvent autorégulants : le débit est constant pour une plage de pression donnée. La pression de fonctionnement est de 3 bars maximum (plage de fonctionnement de 0,5 à 2 bars le plus souvent). Les goutteurs dont le débit unitaire est dans la plage de

0,5 à 4 l/h selon les modèles, sont disposés le long d'une gaine en plastique (polyéthylène recyclable le plus souvent).

C'est la disposition des gaines et des goutteurs qui détermine le débit instantané qui peut être apporté aux cultures. Il permet d'apporter la quantité d'eau adéquate au plus près des plantes avec une programmation dans le temps pour apporter des petites quantités d'eau plus fréquemment (plusieurs fois par jour si nécessaire). En étant le système le plus efficient pour l'application de l'eau, il est a priori séduisant du point de vue des économies d'eau dans les grandes cultures.

Le goutte-à-goutte existe depuis de nombreuses années en France en arboriculture, cultures maraîchères ou sous serres. Selon les données du mémento agricole du bassin Adour-Garonne, basées sur le RA 2010, la SAU irrigable en micro-irrigation (goutte à goutte et micro-jets) est d'environ 21 800 ha en 2010, soit 4,1% de la SAU irriguée ce qui correspond à la moyenne



Labyrinthe d'un goutteur de micro-irrigation : colmatage et visualisation du flux

Figure 1: vues en coupe d'un goutteur (© Irstea)
nationale.

D'après les représentants et commerciaux en irrigation (Chopin 2013), en France, il y aurait 1000 ha de goutte à goutte enterré et 500 ha de goutte à goutte de surface en grandes cultures avec une centaine d'ha supplémentaires tous les ans.

Il a été développé en grandes cultures dans des pays où les contraintes de ressources en eau sont fortes (Etats-Unis, Israël, Italie, Espagne). Son développement semble combiné à l'évolution des pratiques culturales dont le semis direct. Aux Etats Unis, 12 à 15 000 ha sont installés chaque année. Ce matériel a fortement évolué depuis les années 70, en particulier en ce qui concerne le matériau plastique utilisé (aujourd'hui gaines jetables, réutilisables ou recyclables), les systèmes de régulation et de vannes programmables, la fiabilité des goutteurs et aussi la filtration des eaux utilisées.

On distingue deux grands types de GAG selon le système de pose :

- **Le goutte-à-goutte de surface**, qui peut être posé à même le sol ou juste recouvert de quelques centimètres de terre (principalement utilisé pour des cultures maraîchères et en test sur certaines grandes cultures en métropole), ou suspendu à environ 70 cm – 1m pour la vigne ou l'arboriculture;
- **Le goutte-à-goutte enterré**, en profondeur (env. 30 - 45 cm) pour certaines cultures maraîchères et des grandes cultures et de manière récente en arboriculture et en vigne.

Figure 2 : Illustrations du goutte-à-goutte de surface et du goutte-à-goutte enterré (CA40)



Dans cette fiche, nous ne traiterons que du goutte-à-goutte sur le maïs (grain, semences ou fourrage) car c'est la principale grande culture annuelle qui a fait l'objet de tests et d'expérimentation. Nous n'avons pas trouvé ou eu accès à des expérimentations sur les autres grandes cultures annuelles.

Le goutte-à-goutte est déjà développé dans certaines cultures annuelles de légumes ou fruits (melon, asperge, fraise par exemple). Les problématiques d'irrigation sont différentes de celles des céréales et ne sont pas traitées ici.

Enfin, une synthèse est dédiée à la micro-aspersion et au goutte-à-goutte en arboriculture (Fiche n°6).

Dans le cadre des économies de ressources en eau, le goutte-à-goutte arrive progressivement en grandes cultures, principalement sur le maïs. Plusieurs expérimentations ont été menées ou sont en cours pour évaluer les intérêts du goutte-à-goutte sur le maïs surtout. Des agriculteurs avec les constructeurs de matériels, ont aussi mis en place des installations de goutte-à-goutte à titre d'essai ou de développement.

Les premières expérimentations mises en place (IRSTEA, CACG) ont porté sur la comparaison de l'écartement des goutteurs et des lignes, en goutte-à-goutte de surface (GGS) et/ou en goutte-à-goutte enterré (GGE), et leurs impacts sur le rendement des cultures. Le pilotage de l'irrigation a été adapté aux matériels présents sur les sites. La stratégie d'irrigation est établie pour subvenir aux besoins des plantes (à 85 à 90% de l'ETM pour la Mirandette et 80% à Lavalette par exemple), en modulant la fréquence et la dose des apports selon les systèmes. Dans certains cas, la stratégie est de réduire fortement les apports d'eau d'irrigation pour évaluer le comportement des plantes et le rendement.

Les systèmes de pilotage utilisés sont basés sur le suivi de l'évolution de l'état hydrique du sol par mesure avec des sondes tensiométriques ou des sondes capacitatives selon les sites d'expérimentation.

2 Quantification des économies d'eau

Les économies d'eau permises par le goutte-à-goutte en grandes cultures peuvent être établies à partir des expérimentations spécifiques menées sur ces systèmes.

2.1 Amélioration de l'efficience de l'application

La meilleure efficacité de l'irrigation permise par le GAG (Association générale des producteurs de maïs Juin 2013) est due à la quasi-absence de pertes par évaporation (selon les systèmes) et à l'absence de perte par dérive (due au vent). L'efficacité de l'application est d'environ 95 % en goutte-à-goutte enterré alors que pour les systèmes par aspersion elle varie de 70% (couverture intégrale) à 95 % (pivot) selon les systèmes.

Tableau 1 : Efficacité de l'application et qualité de la répartition de l'eau pour les différents matériels d'irrigation d'après (Deumier 2014)

Type de matériel	Efficacité de l'application	Qualité de la répartition sans vent et avec vent ()
Canon enrouleur	80 à 95%	++ (+)
Pivot – Rampe Rampe – enrouleur	90 à 95%	+++ (+++)
Couverture intégrale	70 à 95%	++ (+)
Goutte-à-goutte	Proche de 95%	++++ (++++)

Efficacité de l'irrigation : volume d'eau reçu par la culture et le sol / volume sorti des buses

Les témoignages d'agriculteurs retranscrits dans la presse agricole sur les économies engendrées par la mise en place de goutte-à-goutte en grandes cultures donnent une image très prometteuse de cette technique d'irrigation, jusqu'à 40% (Quenin 2015) (MELIX 2011).

Des agriculteurs rencontrés pour les diagnostics d'exploitations (cf. fiches) nous indiquent quant-à-eux des économies d'eau faibles voire nulles, qui s'expliquent dans le cas d'un agriculteur par un manque de recul dans la mise en œuvre (deux ou trois ans d'utilisation), le manque d'éléments permettant la comparaison avant/après ainsi que des incidents non prévisibles survenus au cours des campagnes (voir Encadré 1), tandis que pour le second, il raisonne les doses apportées par le goutte-à-goutte de la même manière que sur le reste de l'exploitation équipé de pivots ou d'enrouleurs. En l'absence de précision sur les méthodes de calcul de ces économies d'eau et la validité des comparaisons, il est nécessaire d'être prudent lors de la lecture de ces divers résultats d'économies d'eau.

Encadré 1 : estimation des économies d'eau difficile dans le cadre du diagnostic d'exploitation agricole

La comparaison des quantités d'eau consommées sur l'exploitation suite à l'introduction du goutte-à-goutte de surface n'était pas faisable avant/après la mise en place de l'action dans la mesure où le système a été implanté sur une parcelle nouvellement acquise. La comparaison au sein de l'exploitation entre une parcelle irriguée par du goutte-à-goutte et une autre avec un autre système était aussi difficile car les sols n'étaient pas comparables. Par ailleurs, la quantification des volumes consommés sur la parcelle équipée du goutte-à-goutte n'est pas représentative d'une utilisation optimale car :

- Des variétés de maïs semence différente ont été cultivées selon les années, avec des dates de récolte différente (p.ex. : début novembre (Capuzi et Portile) en 2014 ou début septembre (Backari) en 2015,
- le peigne était défectueux en 2014, ce qui a entraîné des inondations à 2 ou 3 reprises ;
- la gaine a été dégradée par du petit gibier en 2015 (l'exploitant agricole n'est pas inquiet par rapport à ce risque car selon lui cela peut être pallié par la mise en place de grillage ou de soucoupes sous les goutteurs) ;
- l'exploitant ne maîtrise pas encore de manière parfaite le système d'irrigation.

Selon l'exploitant agricole, les deux années d'utilisation du goutte-à-goutte sont des tests pour lesquelles les volumes consommés ne permettent pas de juger du potentiel que le goutte-à-goutte lui laisse entrevoir en termes d'économie d'eau.

2.2 Synthèse des expérimentations sur le goutte-à-goutte

Les expérimentations menées sur le Sud-Ouest indiquent des résultats d'économie d'eau pour le goutte-à-goutte variables de 0 à 25% selon les contextes et les pratiques d'irrigation, avec des systèmes en référence divers.

Les valeurs de synthèse indiquées dans le

Tableau 2 ci-dessous sont une moyenne pour les différentes années de suivi. Les contextes pédoclimatiques et les systèmes d'irrigation « témoins » sont différents pour chacune de ces expérimentations, ce qui ne facilite pas la synthèse.

Les économies d'eau mesurées varient de 0 à 25 % en moyenne pluriannuelle sur les différents sites. Elles s'expliquent d'une part par des climats plus ou moins secs qui impliquent une consommation d'eau d'irrigation pour le système par aspersion plus ou moins forts, d'autre part par les modalités de pilotage de l'irrigation des différentes parcelles et systèmes. Par exemple sur le site du Magneraud (sol caillouteux de groies superficielles), une économie d'eau « nulle » est la moyenne de 2 années qui donnent des résultats différents avec un effet « année » très marqué (Bouthier et al., 2016). Le protocole d'expérimentation prévoit de mesurer le rendement du maïs selon des conduites d'irrigation différentes avec des répétitions, des parcelles étant conduites en volume non limitant (satisfaction des besoins de la culture) et d'autres en volume restrictif (15 %, 30 % ou 50 %). Les pilotages de l'irrigation (par aspersion, et pour les 2 systèmes de GAG) sont tous optimisés. Pour le contexte de l'expérimentation, le système de référence est une rampe basse pression, qui limite les pertes par le vent et qui n'est pas le système le plus fréquent sur les exploitations agricoles. Les dispositifs de la CACG et de la CA40 n'ont pas de répétition.

Tableau 2 : Liste des expérimentations publiques identifiées de goutte-à-goutte sur maïs en Adour-Garonne (non exhaustive) et principaux résultats

Porteur de l'essai / expérimentation	Irstea	CACG	CA40	ARVALIS
Localisation	Lavalette Montpellier (34) / Masseube Station La Mirandette (32)		Saint Cricq - Villeneuve (40)	Le Magneraud (17)
Date de début (1 ^{ère} campagne d'irrigation)	2008	2012	2012	2014
Surface GAG (ha)	2,3	1,0	1,3	2,0
Type de sol	Limono-argileux	Limoneux	Sableux	Terres de groies
Matériels	GGE / enrouleur et CI	GGE / CI	GGE / pivot	GGE / GGS / rampe BP sur enrouleur
Economie d'eau	Plus de 15%	15%	25%	0%
Evolution rendement maïs du	+/-0% (selon les années)	+/- 0% (comparables)	-8% (pas directement lié à l'irrigation)	+/- 0% (selon années) les

GGE : goutte-à-goutte enterré (différentes modalités d'écartement et de profondeur selon les sites – cf. bibliographie). GGS : goutte-à-goutte de surface. CI : couverture intégrale. Rampe BP : rampe basse pression.

2.3 Conclusion

Devant la diversité des situations d'expérimentations (dont les protocoles de pilotage de l'irrigation et la capacité technique d'irrigation), il est difficile d'avoir une conclusion tranchée sur le niveau d'économies d'eau permis par le goutte-à-goutte sur les cultures de maïs d'autant plus que la « référence » est différente dans les expérimentations (système d'irrigation, dimensionnement et pilotage de l'irrigation). La plage d'économie d'eau la plus vraisemblable est de 0% (en particulier les années humides) à 20% (en particulier les années sèches), en comparaison avec l'aspersion par enrouleur ou par pivot classique. La différence de pilotage des systèmes est à prendre en compte. Des incidents de campagne (fuite impromptue non détectée, dégâts d'animaux) peuvent être aussi des facteurs de variabilité. La technique peut donc être prometteuse mais sa connaissance nécessite d'être confortée.

Il semble donc nécessaire de poursuivre les expérimentations sur le goutte-à-goutte de surface et enterré en station expérimentale.

Il est aussi souhaitable de développer des démonstrations chez les agriculteurs ou sur des parcelles de démonstration, en imposant des protocoles de suivi simplifié des installations.

Les diagnostics effectués en tâche 2 pourront permettre de mieux cerner les modalités d'usage de cette technologie par certains agriculteurs. Dans le cas des essais chez des agriculteurs, il pourrait être utile de définir un « cahier des charges » à appliquer, définissant les méthodes et matériels à utiliser, en acceptant que ces campagnes de mesures soient imparfaites, pour être capable à minima de comparer de manière relativement homogène les résultats d'économies d'eau et les rendements des cultures¹.

A noter que la technologie du goutte-à-goutte en grandes cultures pourrait aussi permettre une baisse du débit de prélèvement instantané dans les cours d'eau, ce qui peut s'avérer particulièrement intéressant dans le cas des pompages en cours d'eau déficitaires. Toutefois, ce gain de débit à l'échelle individuelle de l'exploitation ou du pompage doit être confirmé à l'échelle territoriale du bassin versant car la simultanéité et la fréquence des apports sont plus élevées en goutte-à-goutte qu'avec les systèmes par aspersion, sachant que les doses à apporter aux cultures (par ha et par jour) sont les mêmes au delta près du gain d'efficacité de l'application et de la surface effectivement arrosée.

3 Autres impacts agronomiques et environnementaux

Les principaux avantages et inconvénients techniques du goutte-à-goutte identifiés dans la bibliographie (Deumier, 2013, AGPM, 2013, Deumier, 2014) sont listés ci-dessous.

3.1 Liste des avantages du goutte-à-goutte

3.1.1 Cas général (valable pour goutte-à-goutte enterré et de surface) :

- Bonne homogénéité de répartition de l'eau et adaptation aux différentes formes de parcelles (jusqu'au bord du champ) et à la topographie
- Adaptation à toutes formes de parcelles qui ne sont pas forcément irrigables avec un système par aspersion (proche d'habitations, parcelle triangulaire), éventuellement pour compléter des systèmes par aspersion (par exemple bords de parcelles, bordures de pivot...).
- Relativement compatible en termes de pression pour compléter un pivot sur une même pompe.
- Pas de risque de dérive liée au vent lors de l'irrigation
- Réduction du risque sur certaines maladies (pas de mouillage des feuilles) : ex. mildiou sur feuilles des pommes de terre et réduction des utilisations de fongicides
- Fertigation : bonne productivité de l'azote. Le goutte-à-goutte permet d'optimiser la fertilisation en utilisant le réseau en place pour apporter des solutions liquides solubles. Cette localisation autorise une réduction et un fractionnement des apports. Le fractionnement des apports peut améliorer l'efficience de l'azote (Deumier, 2013 et AGPM, 2013)
- Moins d'herbe sur les parcelles en goutte-à-goutte
- Système d'irrigation discret et non métallique (moins de vandalisme : vol de métaux et dégradation de matériel)
- Mais également gros avantage de ne pas utiliser de tracteur pendant la campagne pour des agriculteurs notamment qui réalisent des chantiers, en prestation de

¹ L'installation de compteurs d'eau spécifiques et leurs relèves très régulières combinés avec le rendement des cultures constitue un système minimal qui n'a pas été accessible dans le cadre des diagnostics d'exploitation effectués.

service et qui ont besoin des tracteurs à ces moments là (témoignage dans Melix, 2011) ;

- Réduction de la battance des sols par rapport aux enrouleurs.

3.1.2 Spécifique goutte-à-goutte enterré :

- D'après (Bargain 2013), meilleure exploration racinaire du maïs avec le goutte-à-goutte de surface (20-30% de plus chez cet agriculteur en Loire-Atlantique). Meilleure résistance à la sécheresse et permet aussi de décompacter le sol.
- Réduction de l'évaporation du sol
- Forte réduction du développement des adventices (limite la germination des graines, le sol étant sec en surface en été) donc potentiellement moins de désherbant
- Matériel à l'abri sous terre : peu (voire très peu) de dégâts d'oiseaux, de rongeurs, d'insectes perforateurs

3.1.3 Spécifique goutte-à-goutte de surface :

- Pas de modification du travail du sol (pose après semis)
- Mieux adapté que le goutte-à-goutte enterré aux cultures avec des racines peu profondes
- Adaptation possible du maillage de l'installation en fonction de la culture, impossible avec le GGE
- Pas de modification de l'itinéraire technique de l'exploitation (pose des gaines en surface après semis), contrairement au GGE

3.2 Liste des inconvénients du goutte-à-goutte

3.2.1 Cas général (valable pour goutte-à-goutte enterré et de surface) :

- **Risque de colmatage** : nécessité de réaliser **une filtration performante et des nettoyages** fréquents, en particulier pour les agriculteurs utilisant des retenues collinaires où le risque d'eutrophisation est plus élevé.
- Risque également si concentration en fer > à 15 ppm.
 - Cela nécessite un dispositif de filtration performante qui doit être installé pour éviter le colmatage (Deumier, 2014) ;
- Inadapté sur terrains avec une pente de plus de 3% (ruissellement le long du tuyau)
- Peut favoriser certaines maladies racinaires : ex. gale commune sur pommes de terre ou d'acariens sur maïs
- Problème du recyclage des goutteurs autorégulants qui possèdent une membrane en silicone et qui ne sont pas constitués de 100% de polyéthylène donc plus difficilement recyclables.
- Risques de dégradations des goutteurs par les insectes, les rongeurs et les oiseaux

3.2.2 Spécifique goutte-à-goutte enterré :

- **Très peu de recul sur la durée de vie** des équipements (expérimentation au maximum sur 8 ans alors que la durée de vie annoncée est de 15 ans).
- **Risque de colmatage**. Implique une surveillance difficile des tuyaux enterrés (nécessite des systèmes de suivi de la consommation d'eau adaptée)

- Les travaux de labour et sous-solages ne sont plus possibles : modification importante des pratiques culturales (semis direct) ou adaptation important du travail de sol selon le réseau en place
- Installation difficile voire impossible ou très coûteuse lorsque la pierrosité est élevée. De même, si le sol est compacté, tout travail avec sous-soleuse et décompacteur n'est plus possible (Deumier, 2014)
- Contrainte liée à la récolte : il faut éviter de tasser le terrain, ce qui pourrait écraser les gaines ou les déplacer (Bargain, 2013)
- Peut parfois nécessiter de réaliser une irrigation de surface (aspersion) pour la levée si les pluies printanières ne sont pas suffisantes (AGPM, 2013). Nécessite donc une gestion délicate au moment de la germination : il faudra soit semer plus tôt pour bénéficier au maximum de l'humidité du sol, soit prévoir un substitut à cette période (Chopin, 2013) ;
- Non visible : surveillance du bon fonctionnement du système plus difficile

3.3 Conclusions

La difficulté principale de l'analyse consiste en l'absence des informations pour mener une comparaison « toutes choses égales par ailleurs », en particulier : des parcelles comparables, l'irrigation prise en référence et la mesure des rendements des cultures. Ces éléments ont déjà été soulevés dans l'analyse des résultats des expérimentations, mais manquent encore plus pour les retours d'expérience chez les agriculteurs. Le rendement obtenu reflète entre autres la sévérité de l'année climatique et les apports d'eau (par la pluie et par l'irrigation), avec éventuellement des contraintes de restriction sur une partie de la période d'irrigation. Les conditions de la comparaison entre le goutte-à-goutte et le système pris en référence ne sont pas suffisamment explicitées à ce jour.

Pour les autres aspects environnementaux, le goutte-à-goutte permet des apports d'engrais par l'irrigation au plus près des plantes et des racines. Il doit permettre une meilleure valorisation de l'azote par l'évitement des pertes dans l'air ou l'eau. Les essais de fertirrigation ne permettent pas de conclure sur ce point pour l'instant.

Enfin, pour les aspects « déchets », comme cela existe pour les cultures de légumes de pleins champs utilisant assez largement du goutte-à-goutte, les filières de recyclage des systèmes de goutte-à-goutte en grandes cultures doivent être mis en place. Pour l'instant, les distributeurs de goutte-à-goutte récupèrent les déchets.

4 Analyse socio-économique

La principale source d'information utilisée dans cette partie est l'étude réalisée par Arvalis et l'IRSTEA en 2015 (Lacroix et al., 2015), car c'est l'étude la plus complète et la plus robuste disponible. Par exemple, cette étude est la seule fournissant des estimations des charges fixes et opérationnelles. L'ANNEXE 1 détaille brièvement le protocole utilisé dans cette étude. Les résultats présentés ci-dessous sont issus majoritairement de cette étude. Ils sont obtenus pour une parcelle fictive rectangulaire de 30 ha de monoculture de maïs, ce qui est un cas « théorique ».

4.1 Le montant de l'investissement et les charges fixes annuelles

Les différentes sources bibliographiques, en particulier l'analyse conduite par Arvalis et Irstea (Lacroix et al., 2015), montrent que le coût d'investissement, en considérant le matériel de forage, la pompe, les canalisations, EDF et le matériel d'irrigation, en euros ramenés à l'hectare (voir Tableau3) :

- est beaucoup plus important dans le cas des systèmes d'irrigation goutte-à-goutte enterré (3450 €/ha) et goutte-à-goutte de surface avec des lignes de goutteurs cylindriques (3 600 €/ha) par rapport aux systèmes d'irrigation par aspersion (1 783 €/ha et 2 017 €/ha pour les enrouleurs et les pivots respectivement) ;
- du goutte-à-goutte de surface avec des lignes de goutteurs plats réutilisables (1 567 €/ha) et avec des gaines souples non réutilisables (1 417 €/ha) sont moins élevés que ceux des systèmes avec canon-enrouleurs (1 783 €/ha) et pivot (2 017 €/ha).

Cependant, pour pouvoir réellement comparer la rentabilité d'un matériel par rapport à un autre, il faut prendre en compte l'ensemble des charges fixes, c'est-à-dire l'amortissement du matériel, l'entretien de celui-ci, les réparations et l'abonnement EDF. Dans le cadre l'étude Arvalis et Irstea (2015), les charges fixes sont basées sur du matériel neuf en cours d'amortissement, comprenant le matériel d'apport, la filtration pour le goutte à goutte, l'installation de pompe et les canalisations nécessaires à l'acheminement de l'eau à la parcelle, le forage et le compteur EDF. Le manque de recul sur l'utilisation du goutte-à-goutte a conduit Arvalis à faire des hypothèses sur la durée de l'amortissement, estimée entre 1 à 8 ans selon les systèmes considérés1 et 8 ans.

Le Tableau 3 ci-dessous synthétise les résultats de l'étude. Ils permettent de conclure que **les charges fixes annuelles par hectare du goutte-à-goutte sont plus élevées que celles de l'enrouleur et du pivot : elles sont environ 2 fois plus élevées pour du goutte-à-goutte enterré comparé au pivot et l'enrouleur et presque 3 fois plus élevés pour du goutte-à-goutte de surface avec des gaines non réutilisables. En effet, les charges fixes de l'enrouleur et du pivot sont de respectivement de 240 et 226 €/ha, tandis que les coûts fixes du goutte-à-goutte sont compris entre 518 et 643 €/ha.**

Compte tenu de sa courte durée de vie, le goutte-à-goutte de surface avec des gaines souples non réutilisables est le système d'irrigation avec les charges fixes les plus importantes.

Comme il l'a été souligné ci-dessus, les hypothèses sur la durée de vie ne sont pas encore stabilisées, il se pourrait qu'elles soient plus longues ou plus courtes, ce qui réduirait ou augmenterait les écarts entre les montants des charges fixes.

Tableau 3 : Synthèse des charges fixes des différents systèmes d'irrigation sur une base de 30 ha de maïs.
Source : Lacroix et al. (2015)

Type de matériel	GaG enterré	Goutte-à-goutte de surface			Autres matériels d'irrigation	
		Lignes de goutteurs réutilisables		Gaine souple non réutilisable		
		Cylindriques	Plats	Enrouleur	Pivot	
Obsolescence (années)	15	15	3	2	15	20
Usure maximum du matériel (h)	3 000	3 000	600	400	15 000	30 000
Durée d'amortissement calculée (années)	8	8	2	1	9	13

Investissements	(€)	103 500	108 000	47 000	42 500	53 500	60 500
valeur à neuf	(€/ha)	3 450	3 600	1 567	1 417	1 783	2 017
Charges fixes (€/ha/an)		518	563	570	643	240	226

4.2 Les charges opérationnelles de l'irrigation par goutte-à-goutte

Les charges opérationnelles sont proportionnelles à la quantité d'eau utilisée, elles sont la somme des charges de consommation d'énergie (pompage et mise en pression) et de redevance prélèvement.

Selon l'étude réalisée par Arvalis en 2015, l'économie d'eau de 10 % à 20 % liée à l'utilisation du système du goutte-à-goutte par rapport aux enrouleurs permet une diminution des coûts liés à l'eau de l'ordre de 3 à 7 €/ha/an compte tenu de l'hypothèse de consommation d'eau considérée.

Le goutte-à-goutte nécessite l'utilisation d'une pompe avec moins de puissance qu'en aspersion, permettant ainsi une économie d'énergie². Les auteurs estiment ainsi que la mise en place du goutte-à-goutte permettrait de **réduire la consommation d'électricité de 50 % par rapport à l'irrigation par enrouleurs** (33 €/ha contre 71 €/ha avec les enrouleurs) et **de 43 % avec le pivot** (33 €/ha contre 58 €/ha avec le pivot central) (Lacroix et al., 2015). Ces résultats sont équivalents à ceux trouvé par la CA 40 pour les enrouleurs (Quenin 2015) ainsi que ceux d'agriculteurs installés en Loire-Atlantique ayant adaptés la puissance de leur pompe lors de l'acquisition du matériel (Bargain 2013).

Dans le cadre des diagnostics réalisés, le coût d'une pompe basse pression 10 ou 20 m3/h et 7 cv a été estimé à 3 441 € HT, sur la base d'un devis fourni par l'exploitant, soit 11.5 €/ha/an en considérant une durée d'amortissement de 10 ans sur 30 ha de maïs irrigué. Soit, en considérant d'une part le coût de la pompe et d'autre part les économies d'énergie, un gain de 26.5 /ha/an en faveur du goutte-à-goutte par rapport à un enrouleur, hors investissement du matériel en lui-même.

Ces économies d'énergie ne sont pas négligeables dans un contexte d'augmentation constante du prix de l'énergie. Ainsi, le poste énergie est un poste de coût qui devient essentiel en termes de charges d'irrigation avec l'augmentation constante du prix de l'électricité depuis plusieurs années et l'application de la loi « Nouvelle Organisation du Marché de l'Electricité » (NOME) dans laquelle figure notamment la suppression des tarifs réglementés Jaunes et Verts (Deumier, 2014).

Le changement de pompe n'est pas toujours faisable en cas d'investissement dans du goutte-à-goutte, pour des raisons structurelles (p.ex. agriculteur en ASA) ou des raisons « logistiques » (utilisation de la pompe à la fois pour un enrouleur et du goutte-à-goutte, bien qu'il soit aussi possible de d'équiper le moteur d'un variateur de vitesse). Un des agriculteurs rencontrés a souligné que l'opportunité de faire des économies d'énergie par l'acquisition d'un système de goutte-à-goutte était séduisante, mais qu'il aurait besoin que le concessionnaire ou un conseiller l'aide à estimer ce retour sur investissement à long terme pour le décider à investir dans ce matériel.

² En effet, en mettant en place du goutte-à-goutte, il est possible d'étaler le prélèvement et de réduire le débit instantané prélevé. Ainsi, selon l'étude réalisée par Arvalis et l'IRSTEA en 2015, seuls 12 kW sont nécessaire en goutte-à-goutte contre 30 kW pour faire fonctionner deux canons-enrouleurs (dans le cadre d'une parcelle de 30ha de maïs) et 18,5 kWh pour un pivot central. Nous nous plaçons dans le cas d'une parcelle de 30 ha rectangulaire de monoculture de maïs

4.3 Impact sur la main d'œuvre

Le goutte-à-goutte est un système d'irrigation qui permet, par rapport aux systèmes d'aspersion par enrouleur, de réduire très fortement le recours à une main d'œuvre en cours de campagne avec l'automatisation des systèmes d'irrigation goutte-à-goutte. D'après l'étude réalisée par Arvalis en 2015 Lacroix et al., 2015, les coûts de main d'œuvre durant la campagne sont ainsi près de 3 fois moins importants que pour les systèmes d'irrigation par enrouleurs. Les systèmes par pivot nécessitent, eux, des coûts de main d'œuvre équivalents à ceux des systèmes goutte-à-goutte (voir le Tableau 4).

En revanche, **les systèmes goutte-à-goutte nécessitent un travail de pose et de dépose du matériel**. Le goutte-à-goutte de surface doit en effet être installé chaque année et nécessite par ailleurs le nettoyage des systèmes au cours de l'hiver. La durée de pose des systèmes de goutte-à-goutte de surface dépend également du type de cultures irriguées, les gaines n'étant pas positionnées de la même manière selon les cultures³.

Dans le cas du goutte-à-goutte enterré, le temps de pose la première année est important : une étude hydraulique et un plan de réseau doivent ainsi être réalisés avant la pose et le chantier s'effectue en plusieurs étapes : creusement de deux tranchées de chaque côté de la parcelle (l'une pour la ligne d'amenée d'eau, l'autre pour la ligne de purge), pose des lignes de goutteurs, raccordement des lignes. Néanmoins, des économies de main d'œuvre sont faites une fois le système installé.

Ainsi, les systèmes d'irrigation par goutte-à-goutte de surface se révèlent plus coûteux en main d'œuvre que les systèmes d'aspersion, tandis que le pivot est, lui, très peu consommateur de temps lorsqu'on cumule le temps de travail sur toute la période. Cependant, le travail n'est pas réparti de la même manière au cours de la campagne et le goutte-à-goutte permet de réduire la pénibilité du travail lié aux déplacements des enrouleurs durant la campagne et de diminuer le stress lors de cette période. La meilleure organisation du travail est l'un des avantages de ce système cités par les agriculteurs rencontrés. L'utilisation du goutte-à-goutte sur une partie de l'exploitation permet de libérer la disponibilité des autres matériels (par exemple des enrouleurs).

Tableau 4 : Synthèse des charges de main d'œuvre des différents systèmes d'irrigation sur une base de 30 ha de maïs (€/ha/an) Source : Lacroix et al. (2015)

Type de matériel		GaG enterré	GaG de surface			Autres matériaux d'irrigation	
			Lignes de goutteurs réutilisables		Gaine souple non réutilisable		
			Cylindriques	Plats	Enrouleur	Pivot	
Charges de main d'œuvre	durant la campagne	23	23	23	23	78	20
	montage et démontage	68*	162	213	145	-	-**
	Total	91	185	236	168	78	20

³ Pour le maïs, le démontage des lignes de goutteurs est plus rapide (3h/ha) que pour les pommes de terre (entre 4 et 8h/ha), l'absence de butte n'obligant pas les exploitants à décoller les gaines (Pagliarino 2012)

*Les charges de main d'œuvre pour la pose et le démontage des équipements de goutte-à-goutte enterré ont été réparties sur les années d'utilisation de l'installation.

** le temps d'installation du pivot a été considéré comme négligeable.

4.4 Autres coûts

4.4.1 Changement de pratiques culturelles liées à la mise en place du goutte-à-goutte enterré

Comme expliqué précédemment, la mise en place de goutte-à-goutte enterré peut entraîner une modification importante des pratiques culturelles avec la mise en place de semis direct ou une adaptation importante du travail du sol selon le réseau d'irrigation en place. Ce changement de pratique peut avoir des coûts non négligeables qui ne sont pas pris en compte dans les études préalablement étudiées (Chambre d'agriculture des Landes 2014).

4.4.2 Coût de la fertilisation

Le goutte-à-goutte permettant d'optimiser la fertilisation en apportant des solutions liquides solubles de manière localisée par une réduction et un fractionnement des apports, des économies en termes de coût de la fertilisation pourraient être observées (Chopin 2013) : les études pointent du doigt cet enjeu sans fournir de données chiffrées. La seule information disponible dans la bibliographie à notre disposition parle d'une économie de fertilisants jusqu'à 70% (selon le fabricant Netafim) (Bargain 2013).

4.5 Conclusion

L'étude d'Arvalis et de l'IRSTEA conclut que les coûts totaux annuels du goutte-à-goutte sont environ 1.5 à 2 fois plus élevés que ceux d'un enrouleur et entre 2 et 2.5 fois plus élevés que ceux d'un pivot dans le cas d'une parcelle rectangulaire de 30 ha de monoculture de maïs. Ceci s'explique en particulier par le fait que le montant de l'investissement dans le goutte-à-goutte est entre deux et trois fois plus élevé que celui des matériels d'aspersion. Cette différence n'est pas compensée par les économies d'énergie générées par le goutte-à-goutte en cas de changement de pompe.

Enfin, le temps de travail cumulé est plus important pour les systèmes goutte-à-goutte, en particulier pour le goutte-à-goutte de surface à cause du temps nécessaire pour la pose et la dépose du matériel chaque année. Cependant, l'organisation et la pénibilité du travail sont améliorées lors du passage en goutte-à-goutte : en effet, l'automatisation du système permet de réduire à du temps de surveillance le travail en cours de campagne. Un temps de pose et dépose, en début et fin de campagne, est à prendre en considération.

Tableau 5 : comparaison des coûts totaux de différents équipement d'irrigation (30 ha de maïs) (€/ha/an)
source Lacroix et al 2015

Type de matériel	GaG enterré	Goutte-à-goutte de surface			Autres matériels d'irrigation			
		Lignes de goutteurs réutilisables		Gaine souple non réutilisable				
		Cylindriques	Plats					
					Enrouleur	Pivot		

Charges fixes	518	563	570	643	240	226
Charges opérationnelles	50	50	50	50	87	75
Charge de main d'œuvre	En cours de campagne	23	23	23	23	78
	Montage/démontage	68	162	213	145	
COUT TOTAL ANNUEL	659	798	856	861	405	321

Il serait cependant intéressant de faire une étude comparative des coûts d'investissement en considérant des surfaces plus petites que celle utilisée par Arvalis, de l'ordre de 10 et 20 hectares, pour comparer la rentabilité relative des systèmes d'irrigation. En effet, comme il l'est montré dans la fiche AEE 3, des seuils peuvent être observés en-dessous ou au-delà desquels certains investissements deviennent plus intéressants que d'autres. Par exemple sur des surfaces plus petites que celles utilisées dans l'étude d'Arvalis, l'investissement dans un pivot pourrait peut-être devenir moins rentable que le goutte-à-goutte. C'est le cas pour les agriculteurs rencontrés dans l'étude qui utilisent ou souhaiteraient utiliser du pivot sur de petites surfaces isolées du reste de l'exploitation (voir Encadré 2).

Encadré 2 : illustration des avantages du goutte-à-goutte dans le cas des diagnostics réalisés

Dans le cadre des diagnostics réalisés, le montant des investissements dans le goutte-à-goutte était de 8 150 € pour 2 ha de goutte-à-goutte réutilisable, soit 4 075 €/ha en goutte-à-goutte réutilisable et 25 000 € pour 17 ha en goutte-à-goutte jetable, soit 1 470 €/ha. Le montant des amortissements pour du goutte-à-goutte a été estimé à environ 600 €/ha/an sur une durée d'amortissement de 5 ans par ces deux agriculteurs (sur la base des devis des agriculteurs et en considérant 300 €/ha d'achat de gaines jetables tous les ans pour l'agriculteur utilisant ce système), auxquels il faut ajouter environ 100-150 € pour l'achat ou la location du matériel de pose et de dépose du matériel tous les ans. Dans ce calcul, il n'est pas inclus le montant des réparations et de l'entretien, non estimés par les agriculteurs.

Un investissement dans un pivot n'était pas envisageable dans le cadre de ces exploitations, soit parce que la surface concernée était très petite (2 ha, ce qui reviendrait pour un pivot à 60 000 € amorti sur 13 ans à un coût d'amortissement de 2 300 €/ha/an), soit parce que la forme de la parcelle ne se prêtait pas à son utilisation.

Les agriculteurs ne souhaitaient pas non plus investir dans un enrouleur qui aurait pu être moins coûteux que le goutte-à-goutte car ce dernier permet de leur libérer du temps de travail et d'alléger les contraintes en termes de rotation de l'enrouleur sur l'exploitation, surtout pour des parcelles isolées du reste de l'exploitation. De plus, pour un des deux agriculteurs, l'utilisation d'un enrouleur risquait d'accentuer la battance du sol sur la parcelle équipée en goutte-à-goutte.

A noter cependant que pour l'agriculteur souhaitant équiper sa parcelle de 2 ha en goutte-à-goutte, l'investissement n'a pas été réalisé en raison de son coût trop élevé.

5 Analyse coût-efficacité de l'action

Le goutte-à-goutte apparaît comme une technique d'irrigation qui promet d'être efficace en terme **d'économie quantitative d'eau les années sèches (de 0 à 20%), d'énergie en cas de changement de pompe** (environ 45-50% par rapport aux enrouleurs et aux pivots) et probablement de fertilisants dans le cas d'une fertirrigation (aucune référence n'a été trouvé concernant ce point). Cependant, **elle mérite des connaissances technico-économiques plus approfondies.**

Le coût de l'investissement dans ce type de matériel est 2 à 3 fois plus élevé en moyenne que les systèmes d'aspersion malgré les gains de consommation d'eau et d'énergie en cas de changement de pompe. A souligner par ailleurs que :

- Les hypothèses sur la durée de vie des systèmes de goutte-à-goutte ne sont pas encore bien stabilisées, or elles impactent l'estimation des coûts fixes annuels de ce matériel et donc la comparaison de la rentabilité relative des systèmes d'irrigation.
- Sur des surfaces plus petites, le pivot peut probablement devenir moins rentable que le goutte-à-goutte, mais aucune étude n'a été réalisée pour déterminer ce point. Par exemple, comme montré dans la fiche AEE3, le pivot est moins rentable que l'enrouleur sur des surfaces de moins de 20 hectares. Ainsi, pour les surfaces inférieures à 20 hectares, la rentabilité du goutte-à-goutte est à comparer à celle de l'enrouleur uniquement.

Par rapport aux enrouleurs, le goutte-à-goutte présente l'avantage d'améliorer les conditions et le temps de travail des agriculteurs en étant moins consommateur de temps au cours de la campagne d'irrigation.

En conclusion, le rapport coût-avantage du goutte-à-goutte par rapport à d'autres matériels d'irrigation (enrouleur, couverture intégrale, pivot ou rampe) doit être considéré au cas par cas, en considérant notamment les paramètres suivants :

- la taille de la surface irriguée concernée par l'équipement et l'isolement des parcelles ;
- la forme des parcelles et les autres contraintes structurelles (route, arbre, lignes électriques, etc.);
- le type de culture irriguée et leur valeur ajoutée ;
- le nombre d'UTH et le nombre d'équipements d'irrigation disponibles sur l'exploitation agricole;
- le type de ressource considérée (ASA, risque d'eutrophisation, débit de l'eau, etc.) ;
- la possibilité de changer de pompe conjointement à l'acquisition du matériel, etc.

Il serait intéressant de proposer un appui-conseil par les chambres d'agriculture, au-delà de celui fourni par les concessionnaires, auprès des agriculteurs pour les accompagner lors de projets d'acquisition de matériel et identifier le matériel le plus efficient, le plus rentable et le plus avantageux à utiliser en prenant en compte l'ensemble des contraintes de l'exploitation (parcellaire, taille des parcelles concernées, économie d'énergie possible, etc.). Le soutien à l'investissement pourrait être justifié dans le cas où des économies d'eau, voire aussi d'énergie, conséquentes seraient réalisées mais que l'investissement dans du goutte-à-goutte ne serait pas rentable pour l'agriculteur, cette rentabilité et avantages relatifs étant établis au cas par cas sur la base d'un diagnostic prenant en compte l'ensemble des contraintes de l'exploitation et du type de matériel utilisable.

6 Freins et leviers pour son développement

Pour compléter cette analyse, le Tableau 6 récapitule les principaux avantages et inconvénients du goutte-à-goutte en grandes cultures par rapport à l'aspersion. Certains éléments sont communs au goutte-à-goutte de surface (GGS) et au goutte-à-goutte enterré (GGE) et d'autres plus spécifiques à un des deux systèmes. On notera que beaucoup de ces éléments sont communs aussi au goutte-à-goutte en arboriculture, qui bénéficie d'un retour d'expérience plus ancien en France. L'encadré 3 présente le raisonnement d'un des agriculteurs rencontrés lors de l'étude l'ayant entraîné à acquérir un système de goutte-à-goutte de surface plutôt qu'un autre matériel.

Tableau 6 : Principaux avantages et inconvénients du goutte-à-goutte en grandes cultures (parfois spécifique à un type) comparé à l'aspersion

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Economie d'eau possible : potentiel d'environ 20% • Bonne homogénéité de répartition de l'eau et pas de perte par évaporation et dérive • Pas de contrainte liée au vent • Automatisation avancée : moins de main d'œuvre en saison et facilité d'action • Pression de fonctionnement faible et volume réduit engendrant des économies d'énergie, sous réserve d'utilisation d'une pompe adaptée • Fertirrigation : meilleure productivité potentielle de l'azote • Pas de mouillage des feuilles (moins de risque maladie) • Moins d'adventices car sol sec (surtout en GGE) • Meilleure acceptabilité sociale du goutte-à-goutte enterré car irrigation non visible, peu susceptible d'être accusée de gaspiller l'eau aux heures chaudes (JC MAILHOL 2013). • GGE : main d'œuvre annuelle réduite par rapport au GGS (pas de pose et dépose) • GGE : matériel enfoui sous terre, pas (ou peu de risque) de dégâts d'oiseaux, rongeurs, insectes, contrairement au GGS 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût d'investissement relativement élevé pour le goutte-à-goutte enterré par rapport aux autres matériels d'irrigation • Charges fixes annuelles des systèmes GG deux à trois fois plus élevés que les pivots et enrouleurs • Nécessite un dispositif de filtration performant pour éviter le colmatage avec maintenance préventive régulière (injection acide et javel) • Nécessité de ne pas interrompre les apports d'irrigation en GG pour maintenir le bulbe humide. Problématique en cas de restriction de pompage. • Surveillance de la distribution de l'eau difficile (non visible directement) • Dispositif d'aspersion nécessaire pour la levée de semis en cas de printemps sec • Risque de dégâts d'acariens, accentué sur maïs • GGS : temps de pose et dépose à prendre en considération en début et fin de campagne • Nécessité de recycler les plastiques • GGE : pose lourde et nécessité d'une conduite enterrée de purge (condensation) • GGE : mise en place parfois impossible selon la pierrosité • GGE : Pas de possibilité de décompacter le sol (sous-soleuse, décompacteur interdit) • Pas d'aide à l'investissement actuellement sur ce type de matériel en Adour Garonne

Encadré 3 : Raisonnement d'un des agriculteurs rencontrés dans le cadre de l'étude pour choisir le goutte-à-goutte

L'exploitant voulait équiper une nouvelle parcelle récemment acquise destinée à la culture de maïs semence et tournesol semences. Son choix s'est porté sur le goutte-à-goutte plutôt que vers un autre type de matériel car pour lui : (i) l'enrouleur demande beaucoup de travail et n'est pas adapté au sol de la parcelle, car il accentuerait le phénomène de battance, (ii) la forme des parcelles ne se prête pas à l'utilisation d'un pivot, (iii) la couverture intégrale manuelle nécessite trop de travail et (iv) une couverture intégrale automatique présente trop de risques de fuite.

Les autres arguments avancés par l'agriculteur en faveur du goutte-à-goutte étaient les suivants :

- Curiosité pour cette technique d'irrigation ;
- Absence d'effet bordure, ce qui garantit la régularité de la culture ;

- Prévenir les maladies sur le tournesol semence
- Optimisation du débit adapté à la faible pression du réseau de l'ASA sur laquelle l'agriculteur prélève (5 bars disponibles)
- Meilleure efficience de l'eau (réduction des pertes par le vent).

7 Eléments de développement potentiel (territoires, types d'exploitations...)

Le potentiel de développement du goutte-à-goutte en grandes cultures, sous réserve de la validation des économies d'eau qu'il peut engendrer, peut être important en particulier dans les bassins versants sous contrainte. Il n'y a pas eu à notre connaissance d'autres études territoriales sur le développement potentiel de goutte-à-goutte en dehors de celle de la Chambre d'Agriculture des Landes, dont les résultats principaux sont évoqués ci-dessous. Elles seraient utiles dans les bassins déficitaires, en complément des autres possibilités d'économie d'eau.

Dans le prolongement de l'expérimentation sur le goutte-à-goutte enterré menée chez un agriculteur, la Chambre d'agriculture des Landes estime dans son étude sur les potentialités de développement⁴ du goutte-à-goutte enterré (Chambre d'agriculture 40 2015) sur la portion de l'unité de gestion qui n'est pas réalimentée des bassins déficitaires du Midou et du Ludon (UG151), que le développement du goutte-à-goutte enterré pourrait potentiellement concerner 765 ha (soit 52 % de la surface irriguée et 47 des 102 pompages) ce qui engendrerait un gain de débit d'étiage à l'exutoire de +0,32 m³/s hors périodes de restriction (pour un débit total de prélèvements de 1,1 m³/s et un débit seuil de restriction DSR fixé à 1,0 m³/s). Cette évaluation résulte d'un diagnostic sur les points de pompage en rivière, car il a été considéré que les pompages en nappe impactaient peu le débit d'étiage à l'exutoire (Chambre d'agriculture 40 2015).

Les résultats de cette étude ne peuvent pas être représentatifs du potentiel de cette action sur l'ensemble du bassin Adour Garonne. Les configurations des ressources prélevées, les systèmes de pompage présents, les périodes de prélèvement et d'étiages sont spécifiques à chaque territoire. Ils permettent tout de même de donner un éclairage sur la place possible que peut prendre une action de ce type (changement d'ampleur des matériels d'irrigation) sur un territoire.

Le développement du goutte-à-goutte n'est pas envisageable à « grande échelle » dès à présent. La technologie, prometteuse en complément des autres actions d'économies d'eau, mérite d'être mieux connue. Les expérimentations en cours doivent être poursuivies et consolidées. Des opérations de « démonstration » chez des agriculteurs pionniers doivent d'une part être suivies pour permettre une consolidation de ces expériences dans le temps.

Dans le cadre de l'évaluation des gisements d'économies d'eau, afin d'évaluer un volume potentiel d'économies d'eau sur les territoires par le développement du goutte-à-goutte en grandes cultures, nous proposons de retenir les hypothèses génériques suivantes (paramètres modifiables éventuellement par bassin) :

- Ciblage sur les bassins déficitaires ;

⁴ La chambre d'Agriculture des Landes souhaiterait développer le goutte-à-goutte enterré sur ce territoire, en particulier sur ce bassin versant déficitaire, pour favoriser les économies d'eau et chercher à réduire les coûts par des aides et des achats groupés

- Surface convertible à échéance 10 ans : à préciser collectivement en comité technique ;
- économie d'eau générée : 20% par ha « converti ».

Ces hypothèses seront le support d'échanges en COTECH et COPIL.

8 Bibliographie

Association générale des producteurs de maïs. "Irrigation par goutte-à-goutte, des avantages mais encore bien des freins." Juin 2013.

Bargain, V. «Reportage – Vous et votre entreprise. Ils ont fait le choix du goutte à goutte enterré.» *Réussir Grandes cultures*, Juin 2013: 76-78.

BOUTHIER, et als. «Le goutte-à-goutte évalué en terres de groies.» *Perspectives Agricoles*, juillet 2016: 4.

Chambre d'agriculture 40. Gestion quantitative de l'eau : programme d'incitation à l'utilisation de matériel d'irrigation économique en eau sur les bassins déficitaires du Midou et du Ludon. CA Landes - Conseil général Landes, CA 40, 2015, 18.

Chambre d'agriculture des Landes. «Gestion quantitative de l'eau. Programme d'incitation à l'utilisation de matériel d'irrigation économique en eau sur les bassins déficitaires du Midou et du Ludon.» Novembre 2014 (2014).

Chopin, S. «Le goutte à goutte veut percer en grandes cultures.» *La France Agricole*, 2013: P. 36-37.

CHOPIN, S. «Le goutte à goutte veut percer en grandes cultures.» *La France Agricole*, Novembre 2013: P. 36-37.

Deumier, JM. «Irrigation. Répondre aux nouveaux défis.» *Perspectives agricoles*, Octobre 2014: P. 60-62.

Granier J., Deumier JM. "Efficience hydraulique et énergétique: les nouveaux critères de performances pour les systèmes d'irrigation du futur." *Sciences Eaux et Territoires*, n.d.: 30-34.

JC MAILHOL, P. RUELLE, C. DEJEAN, P. ROSIQUE. «Le goutte à goutte enterré : une solution innovante pour irriguer sous conditions restrictives en eau.» *Sciences Eaux et Territoires*, 2013: 26-29.

Lacroix B., Berrodier M., Gendre S., Molle B., Dejean C., Deumier JM, Fontaine B., Bouthier A. "What interest of drip for cash crops in France ?" *26th Euro-mediterranean Regional Conference and Workshops "Innovate to improve Irrigation performances"*. Montpellier, France: International Commission on Irrigation and Drainage, 12-15 october 2015, 2015. 6.

MELIX, F. «Je produis autant de maïs avec moins d'eau.» *La France agricole*, 9 Décembre 2011: 30-31.

MOLLE, B. «Colloque « eau et agriculture durable ». Choix des matériels d'irrigation en fonction de leurs performances – Des adaptations possibles pour une meilleure maîtrise des arrosages.» 1 Mars 2015. 1-7.

MOLLE, DEJEAN, COLIN, DEUMIER, MARSAC. «Gagner en performance avec son matériel d'irrigation.» *Colloque au champ Irrigation 2014*. ARVALIS, 2014.

Pagliarino, JM Deumier, G. Espagnol, B. Lacroix, S. Marsac, M. Berrodier. «L'irrigation par goutte à goutte des grandes cultures en France : pratiques, axes de recherche et perspectives.» Arvalis, Novembre 2012. 1-35.

Quenin, H. "J'ai économisé de l'eau grâce au goutte-à-goutte." *France Agricole*, 2015 йил Septembre: 36-37.

V. PAGLIARINO, JM DEUMIER, G. ESPAGNOL, B. LACROIX, S. MARSAC, M. BERRODIER. «Micro-irrigation des grandes cultures : pratiques, travaux de recherche et perspectives.» s.d.

ANNEXE 1. Présentation de l'étude d'Arvalis et de l'IRSTEA comparant plusieurs dispositifs de goutte-à-goutte avec d'autres matériels d'irrigation

Afin de comparer les coûts opérationnels, les coûts fixes et les coûts en main d'œuvre entre plusieurs matériels d'irrigation, il s'agit d'utiliser des conditions pédoclimatiques identiques, des surfaces couvertes équivalentes (économie d'échelle possible) et les mêmes cultures, etc. C'est ce que permet l'étude d'Arvalis, dans la mesure où elle a été conduite dans l'objectif précis de faire cette comparaison avec des hypothèses équivalentes entre les différents systèmes.

On note cependant des écarts importants d'estimation entre les études d'Arvalis et d'autres références trouvés dans la bibliographie. Par exemple, pour les coûts d'investissement, on trouve des écarts de 500 et 600 €/ha entre les montants minimal et maximal estimés pour les systèmes de goutte-à-goutte et 1 500 €/ha pour les enrouleurs et pivots auxquels ils sont comparés, notamment en fonction de la taille de la parcelle considérée.

Arvalis a conduit une première étude en 2012 (Pagliarino 2012). Celle-ci est basée sur une enquête menée auprès de 33 agriculteurs utilisant le goutte-à-goutte sur grandes cultures (11 en pommes de terre, 1 en maïs fourrage, 9 en maïs grain et 12 en maïs semence), de 4 fabricants de matériel, de 7 distributeurs de matériel⁵ et de 11 expérimentateurs (IRSTEA et Chambres d'Agriculture essentiellement)⁶. Ces exploitations sont localisées sur l'ensemble du territoire français.

La seconde étude complète la première au travers d'informations collectées lors d'une deuxième série d'entretiens et d'observations réalisées depuis 2012 (Lacroix B. 2015).

Ces deux études ont permis d'obtenir des références économiques sur le goutte-à-goutte et d'effectuer une comparaison avec des données concernant l'irrigation par aspersion. Les caractéristiques des six systèmes d'irrigation sont les suivantes :

- Goutte-à-goutte enterré : lignes de goutteurs plat autorégulants et anti-siphon, écartées de 1,20m. La parcelle est divisée en 4 peignes de 7,5 ha. Filtration avec filtre à sable ;
- Lignes de goutteurs cylindriques autorégulants espacées de 1,60m. Division de la parcelle en 4 peignes de 7,5ha. Filtration avec filtre à sable ;
- Lignes de goutteurs plats autorégulants espacées de 1,60m. Division de la parcelle en 4 peignes de 7,5ha. Filtration avec filtre à sable ;
- Gaine souple d'irrigation de surface utilisée un an : gaines souples espacées de 1,60m avec goutteurs intégrés. Filtration par filtre à tamis ;
- Irrigation avec canon-enrouleur : deux enrouleurs de type 82/300m pour irriguer les 30ha (15ha chacun) ;
- Irrigation par pivot central.

Pour permettre la comparaison, les installations sont dimensionnées pour irriguer une surface en maïs de 30 ha avec une dose d'irrigation de 3 000 m³ par hectare en année sèche sur la zone du Lherm, en Haute-Garonne (31), en sols de boulbènes moyennes, ce

⁵ Les distributeurs de matériel sont les intermédiaires entre les fabricants et les clients agriculteurs. Ils sont également les installateurs du goutte-à-goutte et s'occupent du service après-vente.

⁶ Les expérimentateurs rencontrés sont les suivants : IRSTEA Montpellier (UMR G-eau), IRSTEA Aix-en-Provence (UMR G-eau LERMI), Groupe coopératif Terrena, CA de l'Hérault, CA de l'Ain, CA des Landes, CA du Lot-et-Garonne, CA du Bas-Rhin, Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne, SPSMS Rhône Languedoc, GITEP.

qui correspond à 6 mm/jour. Les calculs de coûts sont basés sur une utilisation moyenne de 2 000 m³/ha/an pour l'ensemble des systèmes d'irrigation.

Les principales différences entre les deux études sont les suivantes⁷ :

- Les coûts d'investissement dans le goutte à goutte, que ce soit le goutte-à-goutte enterré ou celui de surface, sont moins importants dans le cadre de l'étude réalisée en 2015 par Arvalis (Lacroix B. 2015) que dans celle de l'étude de 2012 (Pagliarino 2012). Cela est principalement lié au fait qu'en 2015 les résultats de la première étude ont été affinés sur la base d'avis d'expert et que les pompes considérées n'étaient pas les mêmes dans les deux études.
- A l'inverse, l'estimation des coûts d'investissement de l'irrigation par pivot est plus élevée dans l'étude de 2015 (Lacroix B. 2015) car elle prend en compte le coût de la couverture intégrale de la parcelle (coût d'investissement dans des systèmes d'irrigation par pivot supplémentaires positionnés au niveau des bordures de parcelle) contrairement à l'étude de 2012 qui ne permettait pas d'estimer le coût de l'irrigation des bordures de parcelle⁸.

Dans l'étude d'Arvalis et Irstea (2015) la durée de l'amortissement est estimée en se basant sur l'utilisation annuelle du matériel, l'obsolescence de celui-ci (nombre d'années à partir duquel le matériel est considéré comme dépassé) et de l'usure maximale du matériel (durée de vie). Cette durée de vie est estimée à 8 ans pour le goutte-à-goutte enterré et les lignes de goutteurs de surface cylindrique, 9 ans pour les enrouleurs et de à 13 ans pour les systèmes avec pivot central. En effet, l'une des difficultés à laquelle se heurte l'étude est la durée de vie des équipements, particulièrement dans le cadre du goutte-à-goutte enterré qui est une technologie relativement nouvelle. La durée de vie des systèmes de goutte-à-goutte enterré est estimée à environ 15-20 ans mais il n'existe pas un recul suffisant (en France tout au moins) pour permettre de juger de ce paramètre. La durée de vie du goutte-à-goutte est variable selon les systèmes de goutte-à-goutte (de surface, enterré) et les dégradations en particulier sur les tuyaux et les goutteurs. A ce jour, il n'y a pas de repère clair, par manque de recul et d'analyse des situations locales. Toutefois :

- Le goutte-à-goutte de surface jetable a pour la partie du matériel de surface (gaines, goutteurs) une durée de vie de 1 à 2 ans voire 3 ans ;
- Le goutte-à-goutte enterré a pour certains sites plusieurs années d'ancienneté (5 ans à l'IRSTEA) ;
- Les installations fixes de pompage, filtration, réseau principal de distribution ont une durée de vie similaire à celle des autres systèmes d'irrigation.

Cette durée de vie impacte les aspects économiques mais aussi la main d'œuvre et le temps de travail pour la mise en place (pose en enterré, pose en surface, etc.) et pour le fonctionnement régulier (pilotage, automatisation plus ou moins poussée du vannage, surveillance). Cet élément est donc source d'incertitude sur le calcul des coûts.

⁷ Communication personnelle, 2016 je ne comprends pas la référence

⁸ Dans le cas de l'étude de 2012 : pivot avec une longueur de 309m pour irriguer la parcelle=> Ce système d'irrigation ne permet pas l'irrigation des bordures de parcelles. Dans le cas de l'étude de 2015 : pivot central d'une capacité de 205m couplé avec des systèmes de pivot d'une longueur de 26m positionnés au niveau des bordures de parcelle.