

AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTERE
DU DEVELOPPEMENT DURABLE

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

PHASE 1

Synthèses bibliographiques :
5 ► Goutte-à-goutte et micro-aspersion
en arboriculture

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



Sommaire

1. Description technique et du contexte – Etat actuel.....	4
1.1 L'arboriculture et l'irrigation	4
1.2 Les systèmes goutte-à-goutte et micro-aspercion.....	5
2. Quantification des économies d'eau	8
3. Autres impacts agronomiques et environnementaux	12
4. Freins et leviers pour son développement.....	13
4.1 Freins	13
4.2 Leviers.....	14
5. Analyse coût-efficacité de l'action.....	15
6. Eléments de développement potentiel (territoires, types d'exploitations...)	16
7. Bibliographie	17

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 : enraveurs 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

Assolements & 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.

Cette fiche s'intéresse aux systèmes d'irrigation économies en eau en arboriculture, à savoir le goutte-à-goutte et la micro-aspersion, en comparaison aux systèmes les plus développés actuellement qu'est l'irrigation sur ou sous frondaison. La production de pomme a été particulièrement prise en exemple car c'est une culture dominante dans le sud-ouest et exigeante en matière d'irrigation pour obtenir des fruits de qualité.

1. Description technique et du contexte – Etat actuel

1.1 L'arboriculture et l'irrigation

L'arboriculture occupe une surface d'environ 50 000 d'ha sur le bassin Adour-Garonne (RA 2010) dont 40 000 ha ont été recensés dans le cadre de l'inventaire des vergers en production en 2013 (champ de l'enquête avec une surface minimale de 1 ha ou 0,5 ha selon les espèces, et non recensement des vergers non productifs ; valeurs cumulées pour les 4 « anciennes » régions du sud-ouest). Près de 5300 exploitations produisent des fruits en 2010, principalement en Aquitaine (53%) et Midi-Pyrénées (34%). Les principaux fruits cultivés sur le bassin sont, d'après l'inventaire des vergers en 2013 (Agreste, 2014) : la prune (13 200 ha soit 34% des surfaces), la pomme (11 700 ha - 30%), la noix (8 900 ha - 22%), puis le kiwi (7%), le raisin de table (3%), les pêche et nectarine (2%), la cerise (2%) et la poire (1%). Les autres espèces (telle que la noisette) ne sont pas incluses dans cet inventaire régional « 10 espèces » et nous ne disposons donc pas de leurs surfaces.

Concernant l'irrigation, les données disponibles dans le RA2010, regroupent les fruits en 3 catégories, sans plus de distinction :

- Les fruits à noyau (prune, pêche-nectarine) : 18 000 ha (principalement en Aquitaine)
- Les fruits à pépins (pommes, kiwi) : 17 000 ha (Midi-Pyrénées et Aquitaine)
- Les fruits à coques (noyer, noisette) : 16 000 ha (surtout en Aquitaine)

Le taux d'irrigation moyen varie selon les types de vergers (cf. Tableau 1 en annexe) : 60% pour les fruits à noyau, 80% pour les fruits à pépins et 40% pour les fruits à coques.

Etant donné la répartition des surfaces entre types de fruits, ces taux reflètent la pratique de l'irrigation plus ou moins prononcée des 3 principales espèces (prune, pomme et noyer-noisette respectivement). Si les vergers anciens de noyer et prunier étaient peu équipés en irrigation par le passé, aujourd'hui, l'irrigation est fréquemment installée. Pour le cas particulier des noisettes dont le développement est très important depuis ces 20 dernières années, 70% des nouvelles plantations sont équipées en goutte-à-goutte. Ce développement répond à des objectifs de qualité et de calibre en lien avec les marchés : pour la noisette par exemple, l'amondon grossit au moment où les arbres ont un fort besoin d'eau, entre le 15 juillet et le 15 août. UNICOQUE recommande donc la présence d'une ressource en eau de 2000 m³/ha pour garantir la qualité et par conséquent la rémunération des produits.

Nous n'avons pas pu obtenir une vision claire des divers systèmes d'irrigation installés par espèce fruitière sur le bassin Adour-Garonne. Seules des informations partielles semblent disponibles. En pommier, les principaux systèmes d'irrigation sont, d'après la Chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne¹ et le CEFEL²:

- L'irrigation sur frondaison et sous frondaison : 70 % des surfaces
- La micro-aspercion (micro-jets) et le goutte-à-goutte : 30 %

A noter que 10% des vergers de pommes dans le Tarn-et-Garonne disposent d'un système mixte aspercion et goutte-à-goutte. Avant le gel du printemps 1991, 70% du verger de

¹ La Chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne est référent régional Midi-Pyrénées pour la production fruitière et pour l'irrigation en arboriculture.

² CEFEL : Centre d'expérimentation des Fruits et Légumes, basé à Montauban (82).

pomme était équipé en goutte-à-goutte. Cet épisode climatique historique est resté dans la mémoire de la profession locale. Aujourd'hui, la priorité dans la réflexion sur l'irrigation **en pommier** est la lutte antigel au printemps et la disponibilité de la ressource en eau. Les systèmes économes en eau doivent donc dans ce contexte local, faire leurs preuves d'efficacité technique et de synergie dans la conduite du verger concomitante avec leur enjeu principal : la réduction de l'usage des produits phytosanitaires en production intégrée.

1.2 Les systèmes goutte-à-goutte et micro-aspersion

En arboriculture, le goutte-à-goutte existe sous deux formes : de surface ou enterré. Le plus fréquent et ancien est le goutte-à-goutte de surface. Les goutteurs de 4 l/h sont disposés le long d'une conduite suspendue à environ 0,8 à 1 m du sol sur chaque rangée d'arbres. L'apport d'eau peut être réalisé plusieurs fois par jour selon les besoins de la culture. Le débit est faible de 4 à 15 m³/h par ha (LARRIEU, 2011) ainsi que la pression (1 à 4 bars maxi avec des goutteurs auto-régulants). La dose apportée à chaque irrigation est déterminée par la durée de fonctionnement. Historiquement, le fonctionnement des « ouverture/fermeture » des tronçons était manuel. Maintenant le système est composée d'électrovannes que l'on ouvre automatiquement, soit par un programme ad hoc prédefini de manière séquentielle (par exemple, ½ heure toutes les x heures) et modifiable sur site, soit par commande à distance. Pour éviter le bouchage, une filtration fine à 100 µ est indispensable (filtre à tamis seul ou accompagné de filtre à sable). Les goutteurs créent un bulbe humide où les racines de la plante s'alimentent. Afin d'augmenter le nombre de bulbes et donc homogénéiser les apports sur la surface, les nouvelles installations sont maintenant réalisées avec plus de goutteurs de débit plus faible (2 l/h ou moins). La durée de vie des installations de surface est de l'ordre de 10 ans, mais leur bon fonctionnement dépend surtout de l'entretien régulier et la surveillance des équipements.

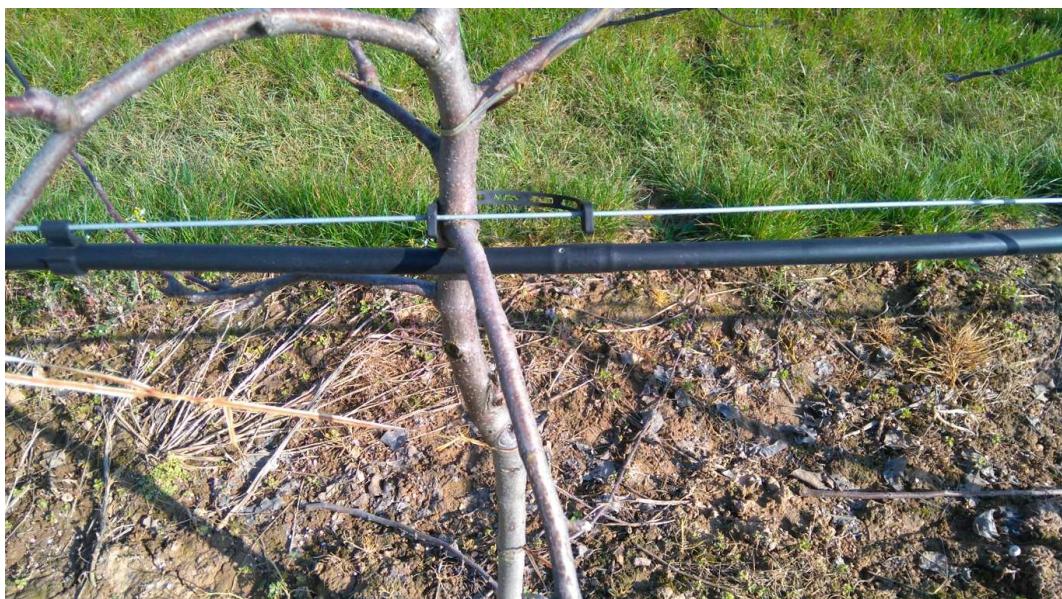


Figure 1 : Rampe de goutte-à-goutte au CEFEL (© Solagro)

Le goutte-à-goutte enterré est une technique récente (depuis les progrès technologiques sur les goutteurs intégrés, soit moins de 10 ans) et qui a fait l'objet ces dernières années, d'expérimentation un peu partout dans le sud de la France. L'objectif est d'apporter l'eau au plus près des racines et du chevelu racinaire. Les gaines sont enterrées à une profondeur de 20-25 cm en pomme et avec un écartement entre lignes de goutteurs de 25 à 35 cm, de

part et d'autre de la ligne de plantation. Ces règles changent selon les espèces, les densités de plantation et les besoins en eau (LE CORRE, 2016). La difficulté du système enterré est la taille du bulbe au regard du développement du système racinaire. La densité des goutteurs tente de « quadriller » le pourtour de chaque arbre. **Son principal atout est de réduire la pousse des adventices et plus globalement l'enherbement. Un sol sec en surface limite forcément l'enherbement ainsi que le microclimat du verger, plus sec et donc moins sensibles aux maladies.** De plus, avec ce système, la surface du sol est libre. Le désherbage mécanique et le travail superficiel du sol sur le rang sont facilités.

En revanche, il peut être une contrainte pour un travail du sol plus profond sur l'inter-rang, selon les outils utilisés. Il résiste mieux aux dégâts des sangliers, chevreuils et autres rongeurs, ainsi qu'aux dégâts involontaires provoqués lors des divers travaux au verger.

Son autre atout supposé est aussi de permettre une fertirrigation au plus près des racines des arbres. L'absence de possibilité de suivi visuel du fonctionnement des goutteurs impose l'installation de compteurs d'eau à chaque parcelle pour contrôler les volumes que l'on souhaite délivrer et le contrôle fréquent de la pression des lignes. L'installation nécessite des goutteurs plus sophistiqués (auto-vidangeables, anti-siphons, avec membranes anti-racines), des purges automatiques en fin de rampe (pour limiter les accumulations de particules et le colmatage), une filtration fine et un système d'injection pour la fertirrigation et le passage de l'acide indispensable à l'entretien régulier. La durée de vie du goutte-à-goutte enterré est mal connue à ce jour. Son expérimentation en grandes cultures est en place depuis 2010 (cf. fiche 5). La durée de vie dépend beaucoup de l'entretien régulier des gaines et des goutteurs pour lutter contre le colmatage.

L'IRSTEA travaille sur les pratiques de maintenance permettant faire durer au mieux le matériel. Les stations d'expérimentation fruitières sont aussi impliquées dans l'établissement des bonnes pratiques favorables à la durée de vie.



Figure 2 : Installation d'un goutte-à-goutte enterré après plantation (© (LE CORRE, 2016)) et plantation de noisetier chez M. Girardi avec goutte-à-goutte enterré (© (POISSONNET, 2016))

La micro-aspersion est un système d'irrigation de surface qui comprend des microjets de rayon de 1 à 2 m, disposés le long de la rangée d'arbres, tous connectés à une conduite fixée à une hauteur d'environ 80 cm à 1 m. Chaque mini-diffuseur, installé tous les 2 arbres, a un débit de 20 à 60 l/h avec une pression de 1,5 à 3 bars. Le débit global est de 20 à 50 m³/h par ha (LARRIEU, 2011). Les apports d'eau ne sont effectués que sur un quart à un

tiers de la surface du verger selon la densité de plantation. Ce type d'irrigation est adapté à tous types de sol. Les apports d'eau se font tous les 2 à 5 jours suivant les doses et les besoins des plantes. Les mini-diffuseurs sont sensibles au bouchage et nécessitent une filtration fine comme le goutte-à-goutte (CTIFL, 2002) (LARRIEU, 2011).

D'après Ardepi (Association Régionale pour la maîtrise des irrigations à Aix-en-Provence), le coût à l'hectare des systèmes de micro-aspersion est compris entre 1 900 à 2 700 €/ha³. De manière simpliste, en considérant un amortissement sur 10 ans (LERAY, 2010), cela représente un coût de 190 à 270 €/ha. Si l'on considère une production de pommes avec une marge brute comprise entre 8 550 et 25 050 €/ha⁴, les coûts de l'investissement représenterait entre 2 et 3% de la marge brute annuelle la plus faible et 0.7 et 1 % de la marge brute annuelle la plus élevée, ce qui reste un investissement raisonnable.

Le montant de l'investissement dans les différents systèmes d'irrigation (aspersion, micro-aspersion, goutte-à-goutte de surface et enterré) en arboriculture n'a pas pu être estimé dans le cadre de l'étude. Une enquête auprès des concessionnaires pourrait être réalisée pour estimer ces coûts et les comparer au système de micro-aspersion ci-dessus. Un travail de mise à jour des données économiques par la Chambre d'Agriculture du Tarn-et-Garonne est toutefois en projet pour 2017/2018 (cf. partie 0).



Figure 3 : micro-asperseur au CEFEL (© Solagro)

Les possibilités d'améliorations concomitantes de la gestion de l'eau et des pratiques phytosanitaires sont nouvelles et complexes à analyser. Dans un verger, les impacts sont multiples et peuvent être constatés plusieurs années après. Pour permettre d'avancer sur plusieurs terrains, tester des pratiques et diffuser les informations, la Chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne accompagne un groupe d'arboriculteurs pilotes intéressés pour évoluer sur ces deux dimensions. Le GIEE « Arbonovateur® », groupe d'agriculteurs accompagné par la chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne avec le CEFEL, s'est créé pour travailler

³ <http://irrigazette.com/fr/articles/irrigation-sous-frondaison-en-arboriculture-choisir-le-bon-distributeur>

⁴ Chiffres repères en arboriculture en 2013, CA82 et CER France

concrètement avec les producteurs sur la réduction de l'usage des produits phytosanitaires dans le cadre d'Ecophyto. Pour illustrer cette synergie entre facteurs à prendre en compte et à maîtriser, une des premières actions du GIEE a consisté à mettre en place des stations de pilotage de l'irrigation complètes (météo, sondes, dendromètres⁵ et suivi-conseils) dans les parcelles des adhérents car c'est un facteur important pour la protection phytosanitaire de la production. Ces parcelles permettent des comparaisons entre les systèmes d'irrigation car les arboriculteurs utilisent très souvent plusieurs systèmes dans leurs différentes parcelles. Des synthèses des actions sont en cours d'élaboration.

2. Quantification des économies d'eau

Les besoins en irrigation des vergers sont très variables selon les espèces et les années climatiques. Avec les techniques usuelles d'irrigation pas aspersion, les besoins moyens d'irrigation varient globalement dans les fourchettes suivantes pour les fruits les plus consommateurs d'eau d'irrigation (Chambre d'Agriculture Tarn-et-Garonne, -) selon les années climatiques :

- En pomme : de 2400 m³/ha à 4700 m³/ha⁶.
- En kiwi : de 2900 à 5500 m³/ha.
- En abricot : de 300 m³/ha à 1750 m³/ha.
- En prune de table (américo-japonaise principalement) : de 2400 m³/ha à 4400 m³/ha
- En prune d'Ente⁷ : 1500 à 2000 m³/ha.

A noter que la présence d'un couvert herbacé dans les vergers augmente les besoins en eau des parcelles. Le goutte-à-goutte et les microjets n'arrosant qu'une partie de surface, les besoins en eau du verger sont plus faibles de manière proportionnelle à la réduction de surface enherbée.

La période des besoins en eau dépend des espèces, des variétés et de la durée de leur cycle. Pour les principales variétés commerciales de pomme, la période d'irrigation démarre généralement souvent en mai et peut s'arrêter courant Octobre. Les besoins journaliers peuvent atteindre 7 à 8 mm/j.

Encadré 1 : Irrigation des noisetiers

UNICOQUE préconise d'avoir une ressource pour l'irrigation d'une nouvelle plantation de 2000 m³/ha. La coopérative incite au développement du goutte-à-goutte enterré : aujourd'hui 70% des nouveaux vergers sont équipés ainsi.

Le service de conseil au pilotage de l'irrigation (**MB, 2013**), basé sur 30 parcelles de références équipées de sondes capacitatives, élabore un bulletin envoyé aux producteurs (environ 300) tous les 3 jours, en déclinant par variété, tranche d'âge de vergers, type d'irrigation et petite région agricole, l'état de la consommation d'eau des 3 jours précédents et une prévision pour les 5 jours à venir en tenant compte des prévisions météorologiques. Ces informations sont disponibles pour les adhérents sur un espace dédié du site Internet,

⁵ Mesure du grossissement de la tige.

⁶ Cependant, la plupart des retours que le CEFEL peut avoir sur les pratiques courantes d'irrigation en aspersion se situent plus dans la partie haute de cette fourchette (4000 à 5000 m³)

⁷ Valeurs indiquées par « Coop de France » pour la prune d'Ente, qui précisent que l'irrigation n'est pas par aspersion sur frondaison et que l'objectif est de produire de la matière sèche (le prunéau) plutôt que de la matière fraîche (la prune).

par mail et fax.

Nous n'avons pas de bibliographie complémentaire qui permettrait d'avoir un retour d'expérience sur les consommations réelles d'irrigation pour la production de noisette. Un retour d'expérience des producteurs de noisettes sur les modalités de pilotage de l'irrigation serait utile.

A noter que cette culture étant en développement, l'optimisation de l'irrigation (goutte-à-goutte et optimisation de son pilotage) sur cette culture est un enjeu.

Il n'existe pas d'étude ou d'enquête sur les consommations d'eau utilisées par les arboriculteurs pour l'irrigation des pommiers. D'après la chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne et le CEFEL, les apports d'eau par l'irrigation sur pommier seraient en aspersion de l'ordre de 300 mm, et de 150 mm en micro-irrigation et goutte-à-goutte. Ces valeurs dépendent bien sûr du climat de l'année et des variétés. Ces apports sont obtenus avec un suivi régulier de l'irrigation, certaines pratiques usuelles faisant apparaître des consommations de l'ordre de 4000 voire 5000 m³/ha⁸. Ainsi, ces systèmes d'irrigation localisée permettraient jusqu'à 50% d'économie d'eau quand ils sont bien pilotés, sans qu'il y ait à priori de différence importante entre le goutte-à-goutte (de surface) et la micro-aspercion.

Cette économie d'eau provient :

- d'une part du fait que dans les vergers de pommiers, le couvert végétal est arrosé dans les systèmes par aspersion sur toute la surface alors qu'en microjet, seul 30% de la surface est arrosé et en goutte-à-goutte de surface moins de 20% (la ligne d'arbre).
- D'autre part, de l'efficacité de l'application, l'aspersion engendrant des pertes par dérive et évaporation par la verticalité du verger (mouillage du feuillage).
- En goutte-à-goutte, il est indispensable de démarrer l'irrigation plus tôt (10 à 15 j avant) pour maintenir un bulbe « grand », et de la poursuivre après les autres systèmes (idem) pour reconstituer les réserves des arbres. La période d'irrigation est plus grande que pour les autres systèmes, ce qui est une conséquence de la différence de zone couverte par les racines en goutte-à-goutte.

Aujourd'hui, l'irrigation et son bon pilotage ne sont pas réellement pris en compte par les arboriculteurs car elle représente une part très faible (quelques %) des coûts de production. Jusqu'à présent, les actions menées au sein du GIEE Arbonovateurs® ont permis de mettre en évidence des différences entre les modes de conduites de vergers de pomme et des économies potentielles intéressantes sur l'eau et les produits phytosanitaires, mais comme de nombreux facteurs interviennent (variétés, historique du verger, conduites de production, ressources en eau utilisées et parcelles), les économies d'eau annoncées, les rendements et la qualité de la production ne peuvent pas être comparées. Une expérimentation menée par le CEFEL a démarré en 2014 (plantations) sur la comparaison dans une même situation de trois systèmes d'irrigation (aspersion sur frondaison, micro-asperseurs et goutte-à-goutte de surface) et avec deux types de pilotage : d'une part, pilotage à la parcelle avec le système de mesures COMSAG (station météorologique,

⁸ On notera qu'un bon pilotage de l'irrigation permet aussi des économies substantielles d'irrigation, de l'ordre de 30%, sans changer de système d'irrigation (cf. fiche AEE1).

sondes capacitive et sondes tensiométriques, dendromètre), et d'autre part en suivant les préconisations du bulletin collectif d'irrigation de la Chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne. Les objectifs sont de comparer les résultats agronomiques (rendement, calibres des pommes, vigueur des arbres, qualité : fermeté, sucre et acidité) et les quantités d'eau apportées en optimisant les apports d'eau. Deux variétés (Gala et Fuji) ont été plantées en 2014 sur une même parcelle de 1,2 ha. L'expérimentation, conduite avec la Chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne, a démarré au printemps 2016 le pilotage de l'irrigation des différents systèmes. Les premiers résultats ne seront disponibles qu'en fin de campagne, et surtout après quelques années d'expérimentation.

Le goutte-à-goutte enterré a fait l'objet d'une série d'expérimentations dans différentes stations expérimentales : La Morinière (37), le CEHM (34), le GRCETA Basse-Durance (13), le SERFEL (30), la Purgère (13), et au domaine Tour de Rance de l'INRA à Bourran (47). Nous n'avons pas identifié d'expérimentation sur ce système dans le sud-ouest sur les pommiers ou autres fruits à pépin. Il ressort en synthèse (LE CORRE, 2016) que **le goutte-à-goutte enterré ne permet pas systématiquement des économies d'eau par rapport au goutte-à-goutte de surface dans les différentes situations**. Ce résultat pourrait s'expliquer par la colonisation du sol par le chevelu racinaire plus faible en goutte-à-goutte enterré qu'en micro-jet, car localisé au niveau du bulbe ce qui impliquerait une moins bonne absorption des pluies. Ces éléments sont aussi cités par le Tarn-et-Garonne.

L'INRA à la Tour de Rance (Bourran, 47) a obtenu une économie d'eau avec du goutte à goutte enterré sur pruniers d'Ente de plus de 50% (en comparaison au microjet) les trois premières années du verger, avec un suivi fin des réserves hydriques et un fractionnement des apports (LE CORRE, 2016). Les apports de nuit semblent très performants.

A noter que dans l'article, les systèmes en comparaison du goutte-à-goutte enterré dans les différentes expérimentations ne sont pas toujours explicitement précisés. Dans le cadre de l'étude, nous n'avons pas pu trouver les comptes rendus de ces diverses expérimentations pour affiner notre analyse.

L'article met aussi en évidence la technicité nécessaire pour sa mise en place et une précision dans le suivi du pilotage de l'irrigation et de sa maintenance. Une vigilance particulière sur de nombreux points a été relevée par les techniciens qui ont suivi les essais depuis 6 ans.

Il a été signalé que la conduite de l'irrigation des vergers est plus complexe que celle des cultures annuelles de par l'effet pluriannuel de la vigueur des arbres et des incidences pluriannuelles sur les maladies et les ravageurs. Par ailleurs, le système d'irrigation est mis en place lors de la plantation et pour une durée de l'ordre de 20 ans.

Enfin, ces 2 systèmes ne permettent pas de lutter efficacement contre le gel de printemps, assuré aujourd'hui principalement par une irrigation par aspersion sur frondaison. La micro-aspercion peut permettre de pratiquer la lutte antigel, mais les gains de température sont moins forts qu'en irrigation par aspersion, donc avec plus de risques. Sur le principe, le système de lutte antigel est le même qu'une irrigation sur frondaison, sauf qu'il doit concerner toutes les parcelles en même temps. Le débit instantané est donc très élevé, et les diamètres de canalisations d'amenée de l'eau supérieurs.

Les charges d'irrigation étant faibles (3 % des charges opérationnelles pour la production de pommes et 1.2% du produit brut moyen), les économies d'eau potentielles ne seront pas un levier pour adopter ces techniques d'irrigation.

Conclusions :

Les systèmes d'irrigation en arboriculture n'ont pas fait l'objet d'étude sur l'état des lieux, avec une description des principaux systèmes selon les espèces, les surfaces irriguées, les volumes d'irrigation et les pratiques.

En pomme, les systèmes les plus répandus sont l'irrigation sur frondaison de l'ensemble de la parcelle, arbre et herbe comprise. Ces systèmes d'irrigation engendrent des apports importants d'eau, de l'ordre de 3000 m³/ha en pomme avec un pilotage optimisé et 4 000 à 5 000 m³/ha sans optimisation. Il existe une très grande variabilité des apports d'eau selon les espèces fruitières et selon les variétés, sur la base de leur cycle cultural. **Il n'existe pas de données fiables de suivi des consommations d'eau en arboriculture.** De même pour la connaissance des systèmes d'irrigation en place (inventaire et modalités d'usage). Des synthèses publiques seraient bien utiles. La faible part de l'énergie et de l'irrigation dans les charges pour ces cultures à forte valeur ajoutée n'incitent pas les producteurs à être sensibilisés aux économies d'eau.

Le goutte-à-goutte de surface est une technique bien connue en arboriculture, ancienne, mais qui aujourd'hui connaît un regain d'intérêt grâce aux nouvelles technologies. La durée de vie est comparable aux autres systèmes, qui nécessitent tous des opérations d'entretien et de réparation au fil du temps pour un fonctionnement normal. Les économies d'eau en conduite optimisée sont de l'ordre de 50%, soit 1500 m³/ha en moyenne pluriannuelle en pomme. Ces données sont en cours de vérification dans une expérimentation au CEFEL. Il n'y a pas de référence locale à notre connaissance en goutte-à-goutte enterré en pomme ou autres fruits à pépins. Il existe une expérimentation en cours sur le bassin AG sur les fruits à noyau qui indique des gains significatifs. Toutes ces expérimentations visent à mieux connaître les pratiques d'irrigation et observer les modalités d'entretien et de maintenance des systèmes d'irrigation. La durée de vie des systèmes en fait partie.

Cependant, le système de micro-aspercion, aussi performant en terme d'apport d'eau par ha en pomme que le goutte-à-goutte de surface d'après les dires d'experts, est plus simple à développer car plus appropriable par les arboriculteurs et moins risqué sur la facilité de pilotage par les agriculteurs. Ces 2 systèmes n'assurent pas la lutte antigel de printemps. Des installations existent déjà avec des systèmes combinés chez des arboriculteurs.

3. Autres impacts agronomiques et environnementaux

En production fruitière, le système d'irrigation modifie les conditions microclimatiques au sein de la frondaison et influence le développement des bio-agresseurs en particuliers les maladies. Cependant, le choix du système d'irrigation est souvent dicté par des compromis entre l'efficacité agronomique, la possibilité d'une utilisation pour la protection contre le gel, le désherbage mécanique sur le rang, le coût du matériel, les contraintes d'organisation du travail... (LAGET G. P., 2012).

Les impacts agronomiques et environnementaux concernent dans le cas des vergers les aspects rendement et qualité de la production, et la protection phytosanitaire. La réduction de l'humectation de la frondaison doit contribuer à la limitation des bio-agresseurs, et combiné à d'autres actions, permettre de réduire l'intensité des traitements phytosanitaires utilisés en arboriculture. A minima, le lessivage des produits de traitements et la limitation des tâches sur les fruits dues à une eau calcaire sont deux des avantages des systèmes d'irrigation sous frondaison. Toutefois, l'aspercion sur frondaison peut présenter un intérêt contre certains bio-agresseurs (ex : psylle du Poirier, acariens). Dans le cadre de l'analyse de la bibliographie sur les systèmes d'irrigation hydro-économies en arboriculture, nous n'avons pas trouvé de résultats plus détaillés sur cet aspect.

La durée et la proportion de surface au sol maintenue humide jouent sur la dynamique de levée et de croissance des adventices sur le rang des arbres. Le système d'irrigation par goutte-à-goutte est le plus à même de limiter le développement des adventices, en particulier le goutte-à-goutte enterré qui permet de ne pas humecter le sol en surface (LAGET G. P., 2012). Dans les vergers en goutte-à-goutte enterré, le désherbage chimique es réduit de un tiers à la moitié des herbicides, voire en totalité selon les années (LE CORRE, 2016)).

En arboriculture, une variable complémentaire à celles fournies par les sondes de mesure de l'état hydrique du sol et qui doit être suivie de près est le grossissement des fruits. En effet, la saturation du sol en eau (avec percolation) mesurée par la sonde, n'engendre pas forcément une bonne alimentation hydrique des racines et donc le grossissement des fruits de la branche. Ces phénomènes peuvent être particulièrement présents dans les systèmes d'irrigation par goutte-à-goutte où seule une petite partie de la surface est arrosée. Le bulbe d'eau du goutte-à-goutte n'est pas régulier sur la surface et ne correspond pas à la totalité de la zone explorée par le chevelu racinaire. Par exemple, dans les suivis effectués par la Chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne pour le GIEE Arbonovateur, sur des branches qui sont mal alimentées en eau, au droit des racines correspondantes, les fruits peuvent s'arrêter de grossir, montrant ainsi l'absence d'eau au niveau du système racinaire, alors que le système de sonde indiquait la saturation en eau du sol. L'absence d'homogénéité de l'humectation du sol en goutte-à-goutte rend délicat le lieu de pose des sondes de pilotage de l'irrigation.

Le pilotage de l'irrigation par goutte-à-goutte est donc bien spécifique. La stratégie en début de période d'irrigation est de maintenir un bulbe humide « grand » (le plus grand possible) puis de le maintenir le long de la campagne pour alimenter un volume de chevelu racinaire maximal. Le pilotage doit s'ajuster pour reconstituer en permanence (plusieurs apports par jour) la RFU du bulbe du sol. D'après le retour d'expérience de la Chambre d'Agriculture, les années où la réserve utile du sol est consommée, le goutte-à-goutte entraîne des pertes de revenu par rapport à l'aspercion et la micro-aspercion. Concrètement, le pilotage est plus compliqué et les risques de déficit de calibre – qui engendre directement une baisse de revenu - existent plus fortement en goutte-à-goutte de surface qu'avec les autres systèmes d'irrigation.

Ce problème n'existe pas avec les autres systèmes d'irrigation. Le chevelu racinaire est réparti de manière homogène sur tout le tour de l'arbre, et l'arrosage est en adéquation. Dans ces systèmes, la réserve utile du sol peut être reconstituée par un apport d'irrigation, et sur la totalité de la surface colonisée par les racines des arbres, ce qui ne peut pas être effectué avec le goutte-à-goutte. En micro-aspersion, l'eau, apportée sous la frondaison des arbres, permet l'alimentation de tout le système racinaire de manière homogène.

Pour la Chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne, la micro-aspersion est le meilleur compromis entre modalité d'irrigation et qualité et valorisation des produits (calibre des pommes). Les meilleurs résultats technico-économique sont obtenus pour le moment en micro-aspersion, quelles que soient les conditions annuelles.

L'expérimentation menée par le CEFEL vise à analyser si avec les nouveaux goutteurs il est possible en année sèche de pallier les pertes de calibres en goutte-à-goutte.

Dans les expérimentations sur le goutte-à-goutte enterré, les autres impacts agronomiques relevés montrent des résultats à minima équivalents sur le rendement ou sur le calibre des fruits. Sur pruniers, à La Purgère (13), la croissance végétative, la production et le calibre des fruits sont identiques pour les 3 modalités étudiées (microjet, goutte-à-goutte de surface et enterré). A la Tour de Rance (47), le nombre de fruits par arbre est équivalent entre les modalités microjet et fertirrigation enterré. Sur pommiers, à la Purgère (13) et la Morinière (49), le rendement à l'arbre est, dans la modalité goutte-à-goutte double rampe enterré, supérieur de 24% à la modalité goutte-à-goutte monorang suspendu, grâce à un nombre de fruits plus élevé qui ne pénalise pas le calibre des fruits. Il serait nécessaire de suivre ces différentes expérimentations qui sont en cours et de prévoir d'ici 1 ou 2 ans une synthèse de ces travaux.

Encadré 2 : exemple de la lutte antigel avec l'aspersion d'une exploitation rencontrée dans le cadre de la présente étude

L'épisode de gel du printemps 1991 a été un tournant dans les systèmes d'irrigation des vergers de pomme dans le Tarn-et-Garonne et aux environs. Depuis, la lutte antigel est principalement mise en œuvre à partir de l'irrigation par aspersion. C'est la technique la plus simple et efficace pour protéger un verger. Les « tours à vent » et autres systèmes de brûlage ne sont pas satisfaisants ou sont polluants.

L'investissement spécifique est très élevé car il faut assurer un gros débit instantané d'eau (400 m³/h chez EARL du Miral par exemple, en comparaison au 40 m³/h pour l'irrigation) et un réseau d'aménée aux parcelles en gros diamètre (400 mm pour le réseau primaire au lieu de 90 mm pour l'irrigation). Des pompes spécifiques sur tracteur sont utilisées. Seuls 10 ha sont équipés en lutte antigel sur les 42 ha de verger.

4. Freins et leviers pour son développement

4.1 Freins

- D'après la Chambre d'Agriculture du Tarn-et-Garonne, l'irrigation ne représentant qu'une toute petite part des charges et des produits d'un verger, l'économie financière directe liée à l'économie d'eau est faible et peu mobilisatrice.

- Les données techniques de production en goutte-à-goutte ne sont pas encore clairement établies et nécessitent la poursuite des expérimentations en cours dans la durée.
- Le goutte-à-goutte nécessite un pilotage plus précis de l'irrigation, avec une surveillance accrue de l'humectation régulière du sol et de la croissance des branches. Le pilotage de l'irrigation et l'entretien des installations sont plus pointus.
- Le goutte-à-goutte impose un apport régulier de petites doses plusieurs fois par jour, qui n'est pas compatible avec les restrictions de pompage calendaire. C'est un frein majeur au développement du goutte-à-goutte comparativement à la micro-aspersion dont les tours d'eau sont similaires à ceux de l'aspersion. Par ailleurs, en situation de fortes chaleurs et donc de demande climatique élevée, le goutte-à-goutte seul ne suffit pas généralement au maintient des rendements.
- Les périodes d'irrigation sont décalées en goutte-à-goutte : elles démarrent généralement 10 à 15 jours plus tôt que l'aspersion, et la fin de l'irrigation intervient aussi 10 à 15 jours après. Le démarrage précoce peut poser des problèmes pour les agriculteurs en réseau collectif.
- Les systèmes hydro-économies en arboriculture (goutte-à-goutte et micro-aspersion) ne permettent pas la lutte antigel au printemps. Ils peuvent nécessiter un double équipement pour certaines productions dans les zones sensibles (cas de la pomme dans le Tarn-et-Garonne), augmentant le coût de la plantation.
- En l'absence d'éléments suffisamment explicites de coût et d'efficacité de l'irrigation, les organismes économiques (organisations de producteurs de pomme) ne sont pas encore prêts pour diffuser ces nouveaux systèmes. Ils observent et ont besoin d'arguments pour les développer.

4.2 Leviers

- La réduction potentielle des traitements phytosanitaires permise par le goutte-à-goutte ou le microjet (absence d'humectation de la frondaison) peut représenter une économie substantielle de charge (qui n'est pas évaluée dans les études jusqu'à présent).
- L'automatisation des systèmes permet de mieux gérer l'irrigation et de réduire la main d'œuvre affectée à cette tâche.
- La micro-aspersion est une technique d'irrigation plus proche de l'aspersion sur frondaison. Elle bouleverse moins les pratiques actuelles en lien avec l'irrigation et limite les risques économiques pour la production.
- Le goutte-à-goutte, et dans une moindre mesure le microjet, sont des systèmes d'irrigation discrets, favorable à la perception positive par les riverains et les consommateurs.
- Dans les zones de restrictions régulières des ressources en eau, la combinaison du pilotage adéquat et des équipements hydro-économies permet de satisfaire les besoins en irrigation des vergers tout en conservant une bonne qualité de production (volume et calibres).
- L'irrigation par goutte-à-goutte est plus complexe à piloter que celle par microjet ou aspersion. Le développement des outils de « bon pilotage » de l'irrigation (sondes, station météo, automatisme de commande des secteurs d'arrosage) permet un apprentissage collectif, favorable à l'intégration des compétences nécessaires pour piloter ultérieurement des systèmes avec goutte-à-goutte.

- Le GIEE Arbonovateurs® est une vitrine pour les essais aux champs chez les arboriculteurs et pour permettre la diffusion aux organisations de producteurs et aux autres arboriculteurs. L'innovation est attractive et intéresse particulièrement les jeunes producteurs (témoignage lors d'un diagnostic).

L'étude nationale du MAAF (effectuée par l'IRSTEA) qui est en cours sur les performances des matériels hydro-économies, devrait permettre de synthétiser les performances actuelles d'économies d'eau et de production ainsi que les perspectives d'amélioration.

5. Analyse coût-efficacité de l'action

Les systèmes hydro-économies en arboriculture (micro-aspersion et goutte-à-goutte) permettent des économies d'eau conséquentes en comparaison des systèmes par aspersion, de l'ordre de 50%, soit selon les espèces et variétés, jusqu'à 1500 à 2000 m³/ha.

En l'absence de données économiques comparatives, il n'est pas possible d'évaluer les différences de coûts de l'irrigation entre les systèmes par aspersion et les systèmes de micro-irrigation et de goutte-à-goutte. Les diagnostics effectués chez les 2 agriculteurs en arboriculture fourniront des exemples de coût et d'efficacité, si les données transmises le permettent.

Une étude économique sur les coûts d'investissements et de fonctionnement en arboriculture, pour les différentes cultures (pommes et autres fruits à pépin, fruits à noyaux, fruits à coques etc), serait nécessaire pour permettre de mener une analyse plus aboutie. Une opportunité pour réaliser cette étude serait de la coupler avec le travail que planifie de réaliser la chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne pour actualiser en 2017/2018 la synthèse sur les coûts de l'irrigation en arboriculture fruitière (LERAY, 2010) et d'effectuer une synthèse des coûts chez les adhérents du GIEE Arbonovateurs®. L'Agence pourrait échanger avec la CA82 sur les objectifs et le contenu de ces études, en proposant par exemple d'intégrer une comparaison des coûts des systèmes d'irrigation (coûts d'investissement, charges opérationnelles et temps de travail) sur différentes cultures.

Complément d'information :

COOP de France indique que des informations économiques existent sur la prune à travers les travaux du Bureau Interprofessionnel du Pruneau (BIP) et des filières. D'après le référentiel économique à la plantation du BIP, le coût d'installation en goutte à goutte est compris entre 2 200 et 2 600 €/ha hors pose. Les données France Prune pour la micro-aspersion donnent un coût d'installation moyen de 2 900 €/ha hors pose. La durée d'amortissement est en moyenne de 7 ans soit un coût annuel de 415 €/ha pour la micro-aspersion. Il serait intéressant de compiler ces différentes sources en s'assurant de l'homogénéité des méthodes d'estimation des coûts pour les différentes techniques d'irrigation.

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

Evaluer le développement potentiel des systèmes goutte-à-goutte et de micro-aspersion en arboriculture est complexe de part la diversité des espèces concernées et les inconnues actuelles sur l'état du parc et les coûts. Une des questions qui se posent est aussi de déterminer si les nouvelles plantations (quelques soient les espèces) sont, à l'échelle du petit territoire local et globalement sur le bassin AG, des cultures en sus ou des substitutions de surface dans le cadre de la rénovation des vergers. Cette dynamique des surfaces mérite d'être mieux connue pour évaluer ses impacts sur les volumes d'irrigation.

Pour les **pommes**, culture dominante et exigeante en eau, compte tenu de l'état des connaissances sur les deux systèmes hydro-économies (goutte-à-goutte de surface et micro-aspersion), seul **le système microjet est diffusable dès à présent avec une économie d'eau de 50% (soit environ 1500 à 2000 m³/ha en hypothèse moyenne)**, liée **au matériel associé à un meilleur pilotage**. A noter que la méconnaissance des volumes effectivement apportés en aspersion classique rend les estimations délicates. Les avis d'experts diffèrent sur les apports d'eau en aspersion et sur les économies permises par le pilotage et le changement de matériel, ce qu'il sera nécessaire de clarifier dans les années à venir. Il faut donc prendre ces valeurs comme des repères qui seront amenés à évoluer avec l'amélioration des connaissances. Cependant, les experts sont d'accord sur le fait que des économies conséquentes sont possibles dans de nombreuses situations. Ces chiffres seront à stabiliser avec le CEFEL et la Chambre 82 en comité technique lors de l'analyse des gisements.

Le système de microjets peut être développé sur tous les vergers de pommier, en substitution de l'aspersion sur frondaison :

- Pour les vergers existants, le remplacement n'est pas forcément simple techniquement (passage des gaines de distribution et équipements dans un verger adulte + électrovannes et commandes à distance + un système de filtration plus performant). Une étude spécifique devrait être menée.
- Pour les nouveaux vergers, dans l'état actuel des connaissances, l'installation en micro-aspersion est « sans risque » alors que le goutte-à-goutte de surface ou enterré nécessite d'attendre les résultats de l'expérimentation en cours au CEFEL et la production d'une synthèse de suivi chez les adhérents du GIEE Arbonovateur®.

Concernant les autres types de verger, il est d'abord nécessaire de mieux connaître les systèmes d'irrigation en place par culture, leur consommation moyenne d'irrigation et les pratiques de pilotage de l'irrigation. Les aspects économiques méritent d'être mieux cernés.

L'étude nationale de l'IRSTEA pour le MAAF portant sur l'expertise des potentialités d'économies d'eau au travers de la modernisation des systèmes et installations d'irrigation à la parcelle est en cours et devrait livrer ses résultats d'ici mi-2017.

7. Bibliographie

- Agreste. (2014, février). Inventaire des vergers en 2013 : surface régionale en production. AGRESTE - SSP.
- Chambre d'Agriculture Tarn-et-Garonne. (-). *Besoins moyens en irrigation en arboriculture fruitière en Midi-Pyrénées*. CA82.
- CTIFL. (2002). *Le pommier*. CTIFL.
- LAGET, G. P. (2012). *Guide Ecophytos Fruits - Partie 1 : Guide pour la conception de systèmes de production fruitière économies en produits phytopharmaceutiques*. Paris: GIS Fruits - INRA.
- LAGET, G. P. (2012). *Guide Ecophytos Fruits -Fiches techniques : Guide pour la conception de systèmes de production fruitière économies en produits phytopharmaceutiques*. GIS Fruits - INRA. Paris: GIS Fruits - Minsitère Agriculture.
- LARRIEU. (2011). Le raisonnement de l'irrigation en arboriculture fruitière. *Journée Agriculture Durable 24 mai 2011*. CRA Midi-Pyrénées.
- LE CORRE, M. (2016, mars). Avis mitigé sur le goutte-à-goutte enterré. *Réussir Fruits et Légumes*, n° 359, p. 3.
- LERAY, C. (2010). *Coût de l'irrigation*.
- MB. (2013, septembre). La noisette se projette dans l'avenir. n° 331, p. 2.
- POISSONNET. (2016, juin 03). *Noisette : place au goutte-à-goutte enterré*. Récupéré sur l'arboriculture fruitiere: <http://www.arboriculture-fruitiere.com/content/noisettes-place-au-goutte-goutte-enterre>

Etude pour le renforcement des actions d'économies d'eau en irrigation dans le bassin Adour-Garonne « Synthèse des connaissances » - Action 5 : Goutte-à-goutte et micro-aspercion en arboriculture

Tableau 1 : Nombres d'exploitations, surfaces des cultures dont surfaces irriguées pour les fruits et légumes frais (Source : RA 2010)

Code	Type Zone	Libellé Zone	RA 2010			Exploitations avec la culture		Exploitations irrigant la culture				Ratios			
			Nb exploitations ayant Culture :	Surface en ha de Culture :	SAU totale en ha	Nb exploitations irrigant la culture	Surface de la culture (ha)	Surface irriguée de la culture (ha)	Surface irriguée totale (ha)	SAU totale (ha)	% EA qui l'irrigue	Surf cult irriguée / culture	surf irriguée / surf totale culture	% surf cult irriguée / surf totale irriguée de ces EA	
Fruits à noyau															
05	Bassin Versant	ADOUR-GARONNE	3 303	18 232	134 360	1 599	12 772	10 671	27 974	77 695	48%	84%	59%	38%	
54	Region	Poitou-Charentes	94	149	3 342	25	93	90	773	1 527	27%	97%	61%	12%	
72	Region	Aquitaine	1 658	12 384	77 856	860	8 723	7 075	16 707	48 278	52%	81%	57%	42%	
73	Region	Midi-Pyrénées	1 538	5 732	52 997	717	4 019	3 568	10 879	28 543	47%	89%	62%	33%	
74	Region	Limousin	61	58	1 750	14	16	14	118	401	23%	92%	25%	12%	
Fruits à pépins															
05	Bassin Versant	ADOUR-GARONNE	2 564	16 942	97 195	1 627	14 290	13 799	30 732	67 874	63%	97%	81%	45%	
54	Region	Poitou-Charentes	222	1 541	12 183	98	1 420	1 392	3 815	7 525	44%	98%	90%	36%	
72	Region	Aquitaine	1 125	6 795	41 196	817	5 884	5 670	15 166	32 774	73%	96%	83%	37%	
73	Region	Midi-Pyrénées	995	7 252	36 562	676	6 938	6 868	13 747	28 722	68%	99%	95%	50%	
74	Region	Limousin	373	2 606	17 029	90	1 087	879	951	4 001	24%	81%	34%	92%	
Fruits à coque															

Etude pour le renforcement des actions d'économies d'eau en irrigation dans le bassin Adour-Garonne « Synthèse des connaissances » - Action 5 :
Goutte-à-goutte et micro-aspersion en arboriculture

05	Bassin Versant	ADOUR-GARONNE	3 800	15 815	137 187	747	7 699	6 480	12 545	36 467	20%	84%	41%	52%
54	Region	Poitou-Charentes	170	1 021	8 398	29	347	305	636	1 717	17%	88%	30%	48%
72	Region	Aquitaine	2 012	9 243	72 179	379	4 329	3 701	7 528	19 472	19%	85%	40%	49%
73	Region	Midi-Pyrénées	1 150	4 295	42 317	257	2 613	2 196	3 982	12 468	22%	84%	51%	55%
74	Region	Limousin	490	1 387	15 020	86	454	323	456	2 993	18%	71%	23%	71%