

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 :

- 7 ► Modification des conditions d'implantation
des cultures (dates de semis, précocité, variétés)

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 Date de semis et durée de cycle : quel compromis en situation restrictive ?	5
1.2 Comportement des variétés à la conduite sous contrainte hydrique	8
2. Impacts sur l'eau (quantité)	9
3. Autres impacts agronomiques et environnementaux	10
4. Analyse économique	12
5. Freins et leviers pour son développement	13
6. Analyse coût – efficacité de l'action	14
7. Eléments de développement potentiel (territoires, types d'exploitations...)	15
8. Bibliographie	17

Liste des fiches de synthèse des connaissances

Efficiences de l'application

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

Efficiences de la distribution

- AEE 2 - Equipements hydro-économiques 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

Efficiences 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 économes 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

L'objet de cette fiche est de traiter des économies d'eau qui peuvent être envisagées sans modifier les assolements, en adaptant les conditions d'implantation des cultures (dates de semis, choix des précocités et des variétés...) pour éviter les périodes de tension sur la ressource ou en améliorant la tolérance des variétés aux épisodes de sécheresse.

Le choix des variétés et des dates de semis du maïs, principale culture irriguée sur le bassin Adour-Garonne, est effectué selon les principaux critères suivants (ARVALIS, 2016) : la productivité (i.e. le rendement), la précocité adaptée (période de semis et de récolte, coût de séchage, qualité sanitaire), la facilité de récolte (tenue de tige correcte...) et la tolérance aux maladies. Selon les conditions agro-climatiques de l'exploitation, et compte tenu des cultures précédentes et suivantes, le choix de la précocité se fait en fonction de la date à laquelle l'agriculteur envisage de semer et celle à laquelle il souhaite récolter.

Dans le bassin Adour-Garonne, les semis sont en général effectués sur la période de mi-avril à mi-mai. Les variétés de maïs sont classées selon leurs précocités (demi-précoces, demi-tardives, tardives, et très tardives) qui correspondent à la durée du cycle de la plante entre le semis et la maturité physiologique. Les groupes de précocité sont exprimés en sommes de températures nécessaires pour que les plantes atteignent leur maturité. Ainsi il faut environ 1700 degrés-jours pour les variétés précoces de maïs grain et 2000 degrés-jours pour les variétés tardives. Les variétés tardives ont théoriquement un potentiel de rendement plus élevé que les variétés plus précoces car leur cycle jusqu'à la maturité est plus long. Les résultats d'essais des variétés donnent par groupe de précocité le rendement des variétés et d'autres caractéristiques agronomiques. Les écarts de rendements entre variétés sont parfois conséquents jusqu'à 10% (soit de l'ordre de 10 q/ha). En maïs grain, une variété plus tardive obtient en général un rendement supérieur de 0,5 à 2,5 q/ha par classe de tardivité, avantage contrebalancé par le surcoût dû au séchage.

Globalement, ARVALIS (ARVALIS - CETIOM, 2013) indique que l'intérêt des semis précoces de variétés plus tardives permet en allongeant le cycle du maïs, de valoriser l'augmentation des disponibilités en température et en rayonnement. Le choix d'une variété est un compromis entre le rendement et la précocité. Le choix de la précocité impacte les dates de récolte, sachant qu'il faut viser une date de récolte vers la mi-octobre avec un objectif de teneur en eau des grains de 33 à 25%. u sein d'une exploitation, la combinaison de différentes variétés et précocités peut apporter de la souplesse dans les dates de récolte (Maton et al. 2009).

Dans les bassins hydrographiques soumis à restriction régulièrement, les agriculteurs doivent adapter leurs assolements, les itinéraires techniques et les stratégies d'irrigation en particulier sur le maïs, culture principale le plus souvent. Le choix de dates de semis et de précocités peut contribuer à positionner les cycles végétatifs et à raccourcir les périodes de déficit hydrique, par effet d'évitement notamment dans un contexte de restriction précoce dans l'été (fin juillet / début août) en avançant période et durée des besoins de la culture au regard de la ressource en eau disponible en quantité et dans le temps.

Ces stratégies ont été particulièrement étudiées en Poitou-Charentes, sur des bassins en restriction forte de volume prélevable. Des expérimentations ont été menées à la station du Magneraud (dispositif des serres mobiles) par Arvalis et des simulations de comportement du maïs ont été effectuées sur des séries climatiques dans les sols différents. Les informations les plus récentes que nous avons trouvées sont extraites d'un Colloque organisé par ARVALIS et ses partenaires en avril 2014 au Magneraud. Nous n'avons pas eu accès à d'autres documents portant sur la conduite de l'irrigation en situation sous contrainte combinée avec des choix de date de semis et de groupe de précocité.

1.1 Date de semis et durée de cycle : quel compromis en situation restrictive ?

Si le choix de variétés plus précoces (cf. Figure 1) s'avère bénéfique en sol superficiel au maintien du rendement dans un contexte de restriction, ce choix n'apparaît pas bon en sol profond, et est même très défavorable les années où la pluviométrie estivale est normale (2006 par exemple). En sol superficiel, le choix de variétés précoces est favorable en contexte de restriction, et défavorable en contexte non limitant.

La variabilité des scénarios de pluviométrie estivale montre une telle dispersion sous nos climats d'influence océanique qu'il est difficile de conclure sur l'avantage de cette stratégie gagnante en années à déficit hydrique tardif mais perdante en années à déficit hydrique précoce (juin-juillet) avec un retour des pluies favorables aux variétés plus tardives.

Il est par conséquent compliqué pour les agriculteurs de choisir systématiquement des variétés plus précoces, la climatologie à venir étant inconnue au moment des semis. Cependant, le contexte territorial (conditions climatiques normales et fréquence des arrêtés d'interdiction de prélèvement) devrait être pris en compte afin d'anticiper cette orientation. Les outils d'aide à la décision de choix d'assolement et de variétés comme LORA pourraient aider à effectuer des choix stratégiques, mais cet outil n'est pas conçu pour être mis à disposition des agriculteurs pour faire des simulations. Son usage est plutôt prévu pour des simulations sur des exploitations-type d'un territoire donné et caractérisé.

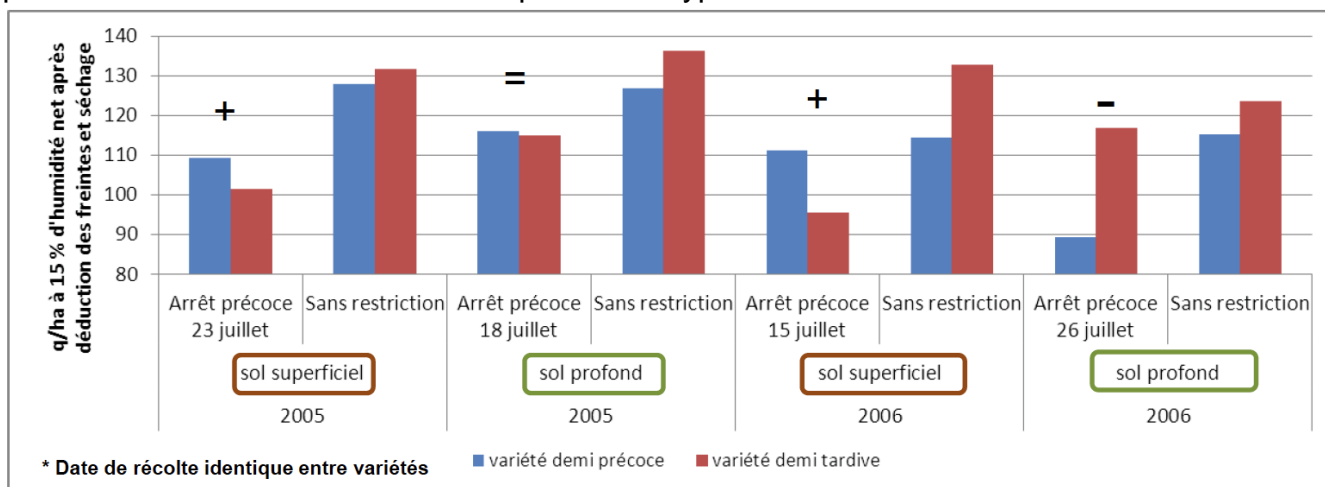


Figure 1 : Rendements du maïs selon les précocités des variétés, les types de sols pour les années 2005 (sèche en août) et 2006 (pluvieuse en août) en Poitou-Charentes (Bouthier, 2014)

Dans le cadre de simulations effectuées avec le logiciel IRMA (INRA-Arvalis), l'avancement de la date de semis est une pratique toujours favorable (cf. **Figure 2**) qui permet en situation de restriction (simulation d'arrêt de l'irrigation à partir du 1^{er} août) de mieux maintenir le rendement. Les pertes de rendement dues à cette restriction précoce varient selon le type de sol et la précocité des variétés, mais elles sont toujours plus limitées avec les semis précoces. Les semis précoces apportent aussi des rendements potentiels plus élevés. Selon ces simulations, dans les sols à faible réserve utile (ici 100 mm), l'avancée de la date de semis du 15 avril au 15 mars permet d'augmenter le rendement net (frais de séchage déduit) en moyenne de 3,5 q/ha sur la série 1991-2011. Sur les 10 années les plus sèches de cette série, le gain est plus important : de l'ordre de 4 à 5 q/ha selon les précocités. Avancer les dates de semis apporte de la souplesse dans le calendrier pour la récolte et un gain de rendement net, toutes choses égales par ailleurs.

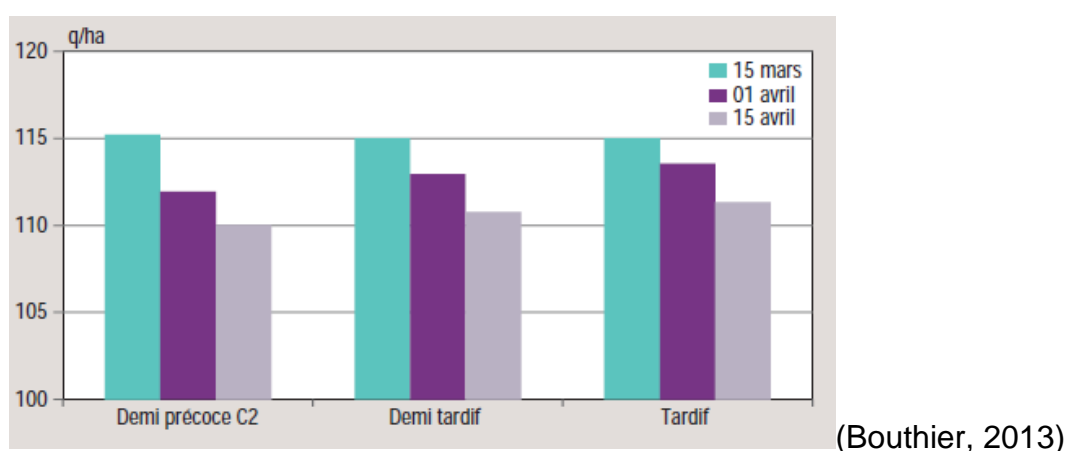


Figure 2 : Rendement net simulé selon la date de semis et la précocité, moyenne des 10 années les plus sèches de la période 1991-2011, en sol à RU 100 mm, pour un arrêt de l'irrigation le 1er août. Poste climatique du Magneraud (17).

D'après le Tableau 1, à même date de semis et de récolte, selon les estimations d'ARVALIS, une variété plus tardive permet un gain de rendement brut à 15% de 4 à 7 q/ha ce qui donne un gain net des freintes (et frais de séchage) de 1 à 4 q/ha (). Pour un semis avancé de 3 semaines (le 1/04 au lieu du 26/04) et une même date de récolte, une variété de même précocité apporte un gain de rendement net de 2 à 4 q/ha et une variété plus tardive d'un groupe amène un gain de rendement net de 3 à 8 q/ha. Il est donc préférable de semer tôt et de choisir une variété plus tardive en situations à bon potentiel.

Tableau 1 : Impact de la date de semis et de la précocité sur le rendement du maïs d'après Bouthier, 2014 et Lorgeou, 2012 (Variétales).

Date de semis et récolte	Choix de précocité	Rendement brut à 15 %	Rendement net après déduction des freintes et séchage
A mêmes dates de semis et récolte	Variété plus tardive d'un groupe	4 à 7 q/ha	1 à 4 q/ha
Pour un semis 1/04 au lieu du 26/04 et même date de récolte	A même précocité de variété	0 à 2 q/ha	2 à 4 q/ha
	Variété plus tardive d'un groupe	4 à 9 q/ha	3 à 8 q/ha

Ces résultats ont été obtenus par simulation des conditions de production et du climat des 20 dernières années. Le document, en l'état, ne précise pas les modalités de l'irrigation (sans contrainte ou restrictive). Il indique juste que les économies d'eau d'irrigation sont variables selon les années.

En revanche, avancer la date de semis présente aussi quelques limites liées aux conditions printanières de l'année : des conditions d'implantation parfois plus défavorables pour la préparation du sol avant semis (dont l'impact sur le rendement est important), et un risque d'exposition plus longue au froid des jeunes plantes après leur levée dans des sols plus froids.

A noter enfin que certains agriculteurs, en monoculture de maïs, ont une stratégie inverse¹, à savoir retarder les semis en juin avec une récolte repoussée fin novembre voire décembre, parfois en situation de gel. Bien que risqué vis-à-vis de la faculté à réaliser la récolte dans les parcelles, ces stratégies permettent aussi de décaler les périodes de besoins d'irrigation sur des périodes de pluies plus fréquentes (« orages du mois d'août » par exemple). Elles peuvent aussi s'expliquer par la difficulté à semer tôt au printemps. Nous n'avons pas trouvé d'expérimentation relative à cette pratique.

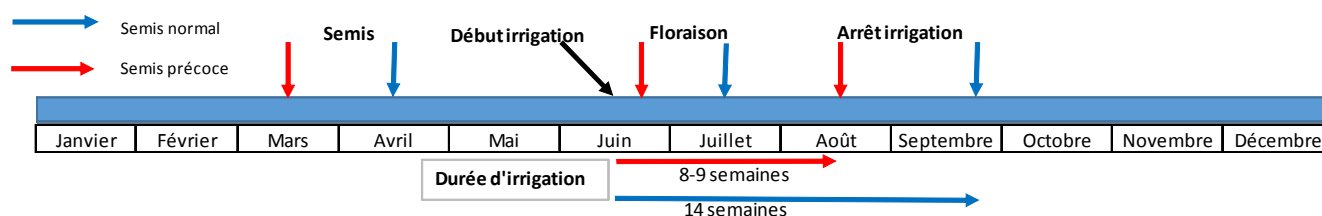
Enfin, il y a aussi la stratégie de semis précoces de variétés précoces pour récolter avant tout le monde et profiter du marché de soudure (Maton et al. 2009) en permettant de limiter les périodes de restrictions en eau.

¹ Signalé lors d'entretien d'acteur INRA à partir de témoignages d'agriculteur sur le bassin Aveyron aval.

Encadré 1 : exemple de stratégie adoptée par un agriculteur de Charente en polyculture-élevage rencontré dans le cadre de l'étude

Afin de pallier le sous-équipement de son exploitation en matériel d'irrigation, un agriculteur rencontré dans le cadre de l'étude, réalise un semis précoce du maïs grain et utilise des semences dites « adaptées à des contextes climatiques » (semence Aquamax proposée par le semencier Pioneer et DKoptim'eau proposé par Dekalb). Il utilise une grande gamme de précocité : indice FAO de 400 à 600 soit des indices souvent utilisés dans le département de la Charente.

Ainsi, depuis 2008, l'agriculteur sème son maïs environ 2 à 3 semaines plus tôt qu'auparavant et que ses voisins, soit un semis entre le 15 mars et le 1^{er} avril contre un semis réalisé précédemment vers le 15 avril. L'objectif est d'obtenir une floraison la plus précoce possible, afin que cette dernière ne coïncide pas avec la période où le risque de sécheresse est le plus important (autour du 15 juillet). Le décalage de la date de semis permet ainsi un décalage de la période de floraison et de la période de fin d'irrigation (graphe ci-dessous)



Cette stratégie de modification de la date de semis est également motivée par les conditions pédoclimatiques de l'exploitation, favorables à ce type de pratiques. En effet, l'ensemble des parcelles sont constituées de groies superficielles caractérisées par :

- une RU très faible ;
- la capacité de sécher rapidement, ce qui rend possible un semis précoce à partir du mois de mars.

1.2 Comportement des variétés à la conduite sous contrainte hydrique

Le comportement des variétés est probablement testé dans des conditions de stress hydrique différenciées, mais nous n'avons pas identifié (à ce jour) les expérimentations correspondantes, excepté une vitrine² décrite ci-dessous. Comme TARDIEU, (2015) l'indiquait en conclusion de son exposé lors du Séminaire de l'UMT eau en avril 2015, « les références d'irrigation doivent changer vers des maïs moins irrigués et à rendement maintenu en déficit hydrique », sachant que les besoins en eau ne sont pas modifiables génétiquement, que le progrès génétique existe et se poursuivra, même en conditions futures de sécheresse, en cherchant dans la variabilité génétique de la résistance à la sécheresse, et qu'il est impossible de trouver des plantes à haut rendement en climat aride.

Une vitrine sur les variétés de maïs (Chambre d'Agriculture du Lot-et-Garonne, 2015) a été mise en place lors de la campagne 2015 par la Chambre d'Agriculture du Lot-et-Garonne

² Une vitrine a une vocation de démonstration du comportement des variétés testées en les mettant côté à côté sur une même parcelle. Il n'y a pas de répétition des variétés au sein de la parcelle, ni d'analyse pluri-annuelle.

dans le cadre du programme régional d'utilisation rationnelle de l'eau (PURE) en Aquitaine. Elle porte sur la comparaison des rendements de 15 variétés de maïs dans le cadre d'une situation restrictive d'eau avec pour objectif d'évaluer le comportement de résistance au stress hydrique des variétés. Les variétés, fournies par cinq obtenteurs, présentent des caractéristiques commerciales d'adaptation aux contextes hydriques difficiles.

Elles sont de deux groupes de précocité : tardive et demi-tardive. Deux modalités d'irrigation sont testées : irrigation « i+ » avec des apports proches de l'optimum des besoins (soit environ 180 à 200 mm), et irrigation « i- » avec un maximum de 3 à 4 tours d'eau (soit 100 à 120 mm). Pour cette dernière, la stratégie consiste à diminuer la fréquence des apports, en les concentrant sur la période de forte sensibilité au manque d'eau, soit autour de la floraison/fécondation du maïs. L'analyse de cette première année indique que le rendement de certaines variétés est très impacté (de -7% jusqu'à -25%) par les 2 tours d'eau d'irrigation en moins, alors que pour d'autres variétés, le rendement est similaire (0% +/- 2%). Sous contrainte hydrique (modalité « i- »), les variétés du groupe « tardif » présentent un écart au rendement du témoin de -18% à +15% selon les variétés, et celles du groupe « demi-tardif » un écart de rendement de -8% à +2%. En conclusion, cette vitrine, menée que sur la campagne 2015 permet de montrer que par comparaison entre les deux modalités d'irrigation testées ou avec les témoins adjacents conduits par l'agriculteur, certaines variétés semblent répondre à l'objectif de stabilité de rendement affiché commercialement. Certaines variétés dans les groupes tardif et demi-tardif se comportent mieux que d'autres aux contraintes hydriques, avec des rendements voisins (écart inférieur à 5%) pour des apports d'irrigation réduits de 30% (120 mm au lieu de 175 mm). Les auteurs rappellent aussi que l'essentiel est toutefois d'obtenir une implantation et un développement racinaire optimal de la culture, le travail du sol n'ayant pas pu être fait dans les conditions optimales (conditions trop plastiques pour un passage de vibroculteur en sol humide, ayant provoqué une compaction du sol et par conséquent une perte de rendement).

2. Impacts sur l'eau (quantité)

L'avancement de la date de semis et de la précocité des variétés a un impact favorable³ sur les économies d'eau, en particulier dans les sols à faible réserve utile et dans des situations de volume restreint. Les économies d'eau engendrées peuvent être importantes, avec comme conséquence principale une baisse des rendements du maïs, surtout si on compare avec une situation où l'irrigation est non limitée en volume par ha. Les expérimentations ont souvent portés sur l'impact des choix (date de semis, groupe de précocité, variétés) sur le rendement du maïs selon diverses stratégies d'irrigation et pilotage de l'irrigation.

Les expérimentations de Poitou-Charentes montrent que les semis précoces sont une alternative pour faire face à une ressource limitée, aussi bien par restriction du volume prélevable (volume global restreint) que par arrêt précoce de l'autorisation de prélèvement. Les gains d'eau d'irrigation sont d'environ 20 mm pour ce type de sol, et plus globalement d'un tour d'eau (soit de 20 à 30 mm).

Les résultats du Magneraud indiquent aussi une économie de l'ordre de 1 tour d'eau (20 à 30 mm) par précocification d'un groupe.

³ A noter cependant que à long terme, avec en entrée en étiage plus précoce, cette stratégie risque de ne plus fonctionner.

L'expérimentation variétés du Lot-et-Garonne indique que les écarts de rendement en condition restrictive dépendent aussi des variétés et de leur résistance au stress hydrique.

Dans leur situation restrictive, le gain d'eau d'irrigation est de 55 mm, soit -30%. Nous n'avons pas trouvé de documentation permettant de généraliser ces constats pour savoir si certaines variétés sont toujours plus à même de maintenir le rendement en condition restrictive que d'autres, ce qui pourrait amener à les préconiser. Ces travaux de comparaison des variétés sous conditions hydriques restrictives devraient être développés et diffusés dans les différentes situations du bassin Adour-Garonne (selon les types de sols et de climat).

Encadré 2 : Quantification de l'économie d'eau sur maïs grain pour l'exploitation de polyculture élevage diagnostiquée en Charente sur cette action

Grâce à un semis réalisé entre le 15 mars et début avril, soit 2 à 3 semaines avant les autres exploitations du département, l'irrigation est arrêtée entre trois et cinq semaines plus tôt comparée à ce qu'il faisait auparavant et par rapport à ces voisins (mi-août ou fin août selon les années, contre fin septembre préalablement). L'économie d'eau estimée est de deux tours d'eau de 30 mm, soit 600 m³/ha. Sa décision d'arrêter l'irrigation est réalisée en fonction selon l'aspect visuel du grain (égrenage de ce dernier) et grâce à une analyse de l'humidité du grain réalisée à la coopérative.

Encadré 3 : Exemple de semis précoce sur une exploitation en Dordogne – Polyculture Elevage et canard gras (Chambre d'Agriculture de Dordogne, 2014)

Pour ses cultures de maïs pour l'élevage de canard gras, l'exploitant agricole a mis en place une série d'innovations qui ont toujours pour objectif de limiter les coûts et de garantir une production suffisante pour son élevage, dans un contexte de ressource en eau très limitée. Il a notamment mis en place un itinéraire à bas coût avec du semis direct sous couvert, détaillé dans la fiche de la CA de Dordogne. Il a également mis en place des semis précoces de maïs, en se basant sur les données météo, particulièrement les risques de gelée, associé à un maïs à cycle court pour s'affranchir un maximum de la sécheresse estivale. Par exemple, en 2014, il a semé tôt, mi-mars. Le maïs a reçu au maximum 3 tours d'eau à 25 mm, avec un pivot équipé de buses rotatives à basse pression (système i-Wob). Cela lui permet d'envisager une récolte dès la mi-septembre, qui, combiné avec une conservation en grain humide dans un silo inerté, lui évite aussi les frais de séchage et la ré-humidification pour le gavage.

3. Autres impacts agronomiques et environnementaux

Le principal impact de la modification des choix des dates de semis et de groupe de précocité est sur le **rendement** de la culture. La conduite de la culture devra être adaptée selon les choix et s'adapter au cours de l'année au climat. En particulier, la densité de semis est un facteur important pour le rendement. La densité optimale pour la variété doit être respectée (ARVALIS, 2013). En cas de semis précoce de la variété, il est préconisé d'augmenter de 5% environ pour compenser les pertes à la levée (Semence_de_France, 2015).

Récolter plus tôt permet de faciliter l'implantation de la culture suivante (blé...). Le raisonnement doit donc intégrer la succession des cultures et la rotation. Dans des exploitations de polyculture, avancer la récolte permet de semer les blés et autres cultures d'hiver dans de meilleures conditions. Dans les systèmes de monoculture, avancer les dates de semis permet d'envisager d'implanter des couverts végétaux venant rompre le cycle des adventices.

L'avancement des dates de semis est globalement faisable dans beaucoup de situations. Bien que les risques sur la culture soient différents, avec des aspects positifs et d'autres négatifs, variables selon l'année climatique, l'impact global d'une date de semis précoce et d'un choix de variétés plus tardives semble être favorable aux économies d'eau d'irrigation et à un certain maintien du rendement et de la production.

Le semis précoce peut aussi augmenter les risques agronomiques tels que le gel tardif, la levée dans des conditions peu « poussantes » pouvant engendrer une augmentation du risque ravageurs et de l'enherbement (temps de couverture des sols augmenté), et par conséquent du recours aux produits phytosanitaires.

Par ailleurs, l'avancement des dates de semis n'est pas réalisable dans tous les sols, en particulier ceux dont le ressuyage au printemps est fréquemment délicat. A noter que les paramètres agronomiques usuels (conditions de travail du sol, densité de semis, profondeur de semis) peuvent avoir un impact plus important sur le rendement et la production que les choix de la précocité et de la date de semis.

Il serait aussi nécessaire d'identifier plus régulièrement les variétés résistantes aux stress hydriques, et de les faire connaître de manière indépendante aux agriculteurs. D'après ARVALIS, Il y a effectivement une grande interaction entre lieux et années et réponses des variétés-précocités de maïs aux stress hydriques, notamment par des effets d'esquive. ARVALIS publie des indices de régularité informatifs. On peut retenir que les variétés de maïs bonnes et régulières sont globalement les variétés qui fonctionnent le mieux en rendement moyen c'est-à-dire touchées par un stress hydrique.

Encadré 4 : Impacts du changement de la date de semis sur maïs grain pour l'exploitation de polyculture élevage en Charente

Sur l'exploitation, le changement de date de semis sur maïs grain a eu un impact sur :

- le niveau d'humidité de la récolte
Un semis précoce d'une variété avec le même indice de précocité qu'auparavant permet une récolte plus précoce puisqu'elle est réalisée fin septembre-début octobre contre fin octobre préalablement. L'agriculteur estime que cette récolte plus précoce a permis de diminuer de 3 à 4 points l'humidité des grains. L'humidité était auparavant souvent supérieure à 30% alors que l'humidité des récoltes depuis l'avancement de la date de semis est souvent comprise entre 25 et 30%⁴.
- le rendement
Depuis la mise en place de l'action, l'exploitation n'a jamais été confrontée à des problèmes de gelées et de perte des semis. Les rendements n'ont pas diminué avec la mise en place du semis précoce. L'agriculteur estime même que le rendement a pu être augmenté car le semis précoce diminue le nombre de fleurs avortées lors de la floraison (en cas de période sèche) (esquive).

4. Analyse économique

Dans le cadre de cette étude, aucune information chiffrée n'a pu être collectée sur la rentabilité relative des différentes stratégies d'esquive détaillée ci-dessus. Les coopératives possèdent des résultats d'essais et d'expérimentations qui n'ont pas pu être communiquées, dans la mesure où elles représentent des informations stratégiques confidentielles.

De manière générale, comme il l'est expliqué dans la partie technique ci-dessus, « la valorisation économique des parcelles sera étroitement liée à leur rendement après déduction du coût de séchage car exceptée la densité de semis, les charges opérationnelles ne dépendent pas des variétés » (Arvalis et Terres Innovia, 2011).

La stratégie des agriculteurs concernant le choix des variétés et la précocité des dates de semis dépendra donc principalement des conditions pédoclimatiques de leurs parcelles et des contraintes d'accès à l'eau auxquelles ils sont soumis. Ainsi, les agriculteurs sont amenés à faire un arbitrage entre :

- Utiliser des variétés tardives dans l'objectif de maximiser les rendements mais en prenant le risque d'être confronté à des périodes de sécheresse qui ne permettront pas d'atteindre les rendements maximaux de ces variétés,
- Sécuriser les rendements, en utilisant des variétés précoces plus adaptées aux risques de stress hydrique ou en avançant les dates de semis pour esquiver les pics de sécheresse, en prenant par contre le risque de gel tardif.

⁴ Pour ARVALIS, dans cette baisse de l'humidité du grain à la récolte, il y a une part due à l'avancée de la date de semis et sans doute aussi du réchauffement climatique (années récentes plus chaudes donc maturité plus précoce). Mais on ne peut pas avoir à la fois récolte plus précoce et plus faible humidité :

- Soit récolte plus précoce avec même humidité que précédemment
- Soit récolte à même date que précédemment mais à humidité plus faible
- Soit si on a les 2 ce ne peut pas être le seul effet de l'avancement de la date de semis : voir donc l'effet réchauffement ou peut-être aussi un éventuel changement de précocité (variétés plus précoces).

Encadré 5 : Garantie sur le risque gel du semencier sur l'exploitation en Charente

Les changements de variété et de dates de semis sont considérés comme des prises de risque importantes par les agriculteurs, comme il l'est souligné précédemment. Un des agriculteurs rencontrés dans le cadre de l'étude a accepté d'adopter des variétés précoces grâce à un service de garantie sur le risque gel proposé par son fournisseur, qui a réduit sa perception du risque du changement. Ce service comprend l'obtention de nouvelles semences en cas de perte du semis lié au gel sans coût supplémentaire, une analyse de sol, une alerte pour aider à la prise de décision de précocité de semis. Ce service est intégré dans le prix de la semence, qui n'est pas plus chère que celles achetées habituellement.

Bien qu'il n'ait jamais eu besoin d'utiliser ce service, cette garantie proposée par le semencier a été un vrai élément déclencheur pour l'adoption de cette pratique par l'agriculteur. Maintenant, rassuré sur les performances de rendement des semis précoces, il achète également des semences à un autre semencier qui ne propose pas cette garantie sur le gel.

Sur le bassin Adour-Garonne, selon un des entretiens réalisés avec une coopérative, les agriculteurs auront un intérêt économique à utiliser des maïs plus précoces uniquement dans les zones à terres superficielles soumises à stress hydrique, en particulier dans les zones de coteaux de Midi-Pyrénées.

Cependant, **l'interlocuteur a précisé que les agriculteurs étaient souvent très réticents à adopter d'autres variétés que celles qu'ils utilisent habituellement**, de manière plutôt irrationnelle liée à un « *attachement à la génétique* ». Pour favoriser l'adoption de cette pratique, cette coopérative a mis en place des essais, pour démontrer aux agriculteurs que dans certaines conditions, les variétés plus précoces étaient techniquement et économiquement intéressantes. Par ailleurs, cette pratique est promue par la coopérative car elle est aussi intéressante d'un point de vue financier et logistique pour celle-ci, dans la mesure où elle permet d'étaler le calendrier de récolte du maïs au niveau des sites de collecte. Par conséquent, **cette coopérative contractualise avec certains agriculteurs pour qu'ils acceptent d'utiliser des variétés précoces, en diminuant par ailleurs les frais de séchage facturés à l'agriculteur.**

5. Freins et leviers pour son développement

Synthèse des freins et leviers techniques (technico-économiques, agronomiques et environnementaux) :

- Avancer le semis permet de diminuer par l'esquive l'effet de la contrainte réglementaire de restriction de prélèvement par décalage des besoins et apports d'irrigation
- Les variétés tardives sont choisies pour leur meilleur potentiel de production dans les conditions optimales sans contrainte ; en situation limitante, le comportement des variétés n'est pas suffisamment connu sur leur tolérance au stress hydrique et les rendements dans ces situations.
- Les variétés plus précoces peuvent permettre des économies d'eau mais leur adoption pénalise le niveau de rendement potentiel.

- Les conditions pédoclimatiques du printemps parfois défavorables (température et humidité des sols, température de l'air plus basses) engendrent pour les semis précoces un risque supérieur sur la culture (qualité de l'implantation, ...)
- Selon les années, le semis précoce n'est parfois pas possible de par les conditions de sol des parcelles au printemps. Un semis dans de mauvaises conditions sera toujours pénalisant.
- Dans certaines zones, déterminées par le contexte pédoclimatique et la contrainte d'accès à l'eau, les rendements obtenus sont supérieurs avec des variétés précoces.
- L'avancement de la date de maturité permet de récolter plus tôt ou plus sec, d'où des coûts de séchage plus faibles au moment de la récolte.
- Au moins une des coopératives interrogées propose des contrats à certains agriculteurs utilisant des variétés précoces.

6. Analyse coût – efficacité de l'action

- Dans les situations où la ressource en eau est non limitante, avec une conduite d'irrigation pilotée en temps réel (selon les pluies et avec les outils de pilotage adaptés), le rendement est supérieur avec les variétés de type tardif / demi tardif.
- Dans les situations où la ressource est limitée (volume prélevable connu avant la campagne, ou en cours de campagne par l'interdiction de prélèvement), les semis précoces sont plus favorables au rendement que les semis tardifs.
- La variabilité interne aux groupes de précocité est forte. Le bon choix de variété pourrait permettre de maintenir le rendement entre des situations de ressources non limitées et limitées (écart d'apport par l'irrigation de 30%). Cependant, ces informations, en dehors
- Des réseaux commerciaux, ne semblent pas facilement disponibles et la fiabilité de l'information (de résistance au stress hydrique) doit être confortée (développement des vitrines et/ou des essais dans ces situations comparatives) sur plusieurs campagnes, y compris par le test « grandeur nature » par les agriculteurs.
- Si les tendances pluriannuelles de modification des pratiques agricoles sont positives et en faveur des économies d'eau, chaque année climatique est différente. Il est indispensable de conserver une possibilité d'adaptation chaque année.
- Dans les situations sous contrainte probable, certaines variétés semblent avoir une bonne résistance à ces conditions de stress hydrique avec peu d'impact sur le rendement final. D'autres perdent fortement en rendement.
- L'information disponible sur le choix des variétés en situation restrictive est assez complexe à identifier. Les guides de choix des variétés indiquent que certaines sont « tolérantes » ou « ont un bon comportement », sans réellement être explicité et mis en avant dans les territoires potentiellement concernés.

En résumé, dans les configurations avec stress hydrique fort les agriculteurs peuvent avoir intérêt à mettre en œuvre cette action (semis précoce + variété précoce) pour maintenir les rendements (par rapport à une variété tardive dont le rendement ne pourrait s'exprimer du fait du manque d'eau). Dans ce cas, l'action présente un rapport coût-bénéfice intéressant : pas de coût supplémentaire (mêmes charges sans perte de rendement) et une économie d'eau faible mais présente : environ 1 tour d'eau (soit 20 à 30 mm selon les matériels et les sols).

Des outils de simulations de l'irrigation de cultures (IRMA, MODERATO, COGITO) ou d'assolement (LORA, MOUSTICS) peuvent être des aides pour juger des gains permis par

le changement de pratiques. Ils peuvent permettre d'évaluer la fréquence d'atteinte d'un résultat et de mieux évaluer la prise de risque dans une vision pluriannuelle. Plus ou moins complexes, ils nécessitent tous des paramétrages relativement fins qui ne permettent pas un usage « grand public ». Ils mobilisent des bases de données du climat et des sols, accompagnées des modèles de cultures, et peuvent parfois intégrer le climat à venir (scénarios climatiques). Une des difficultés est d'intégrer dans ces modèles des différences variétales en terme de tolérance au stress hydrique, mal connues et donc difficilement paramétrables.

Des études territoriales (Adour amont, Aveyron aval, Garonne amont, Tarn aval) sont en cours dans le bassin Adour-Garonne dans le cadre du programme MAELIA porté par l'INRA et ses partenaires (ARVALIS, CACG, Chambres d'agriculture, etc). La modification des dates de semis et choix de précocité des variétés pour décaler les besoins en irrigation devrait faire partie des actions étudiées.

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

Les territoires particulièrement concernés par cette action sont d'abord les territoires sous contraintes de ressources en eau, en déficit ou avec des arrêtés réguliers d'interdiction de pompage.

Dans ces territoires, l'avancement des dates de semis, le choix de précocités et le choix de variétés tolérantes au stress hydrique, permet de décaler les besoins des plantes à une période moins défavorable pour la ressource en eau.

Sur le bassin Adour-Garonne, des scénarios de choix de précocité et dates de semis ont déjà été faits dans le cadre de la thèse de Clément Murgue sur l'Aveyron aval (semis précoces de variétés précoces). Ils montrent que l'impact sur la réduction du déficit de ce bassin est mineure, même quand les modifications sont faites sur l'ensemble de la sole de maïs grain (-3.5% de prélèvements). Cela s'explique notamment par l'importance des prélèvements par les soles de production de semences et d'arboriculture sur ce territoire (cf. Murgue C. 2014, <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00002866/01/murgue.pdf>). Ces résultats obtenus lors des premières utilisations de MAELIA doivent être néanmoins encore consolidés pour ce territoire et ne sont pas extrapolables à d'autres territoires.

L'étude effectuée par l'IRSTEA sur la Drôme des Collines (26) indique que la mesure (adoption de variété précoce de maïs) est la plus intéressante en matière d'économie d'eau d'irrigation, avec un potentiel de 11% de réduction des prélèvements si elle était généralisée à l'ensemble des exploitations irriguées concernées (Rucheton, 2015). Ce potentiel d'économie d'eau est obtenu en considérant que 80% du maïs grain est substitué par des variétés plus précoces et des semis plus précoces, sur la base d'un travail préalable de typologie d'exploitations et de connaissance des pratiques actuelles sur ce territoire.

Dans le cadre de l'étude en cours, pour évaluer les gisements potentiels d'économie d'eau en irrigation des différentes actions, et dans l'attente des résultats des études territoriales en cours sur le bassin, le potentiel maximal de gisement d'économie d'eau de cette action peut être estimé à partir des règles suivantes :

- Dans les zones soumises à restriction (zones déficitaires et zones où arrêtés d'irrigation réguliers à partir de début août)

- Substitution de variétés tardives de maïs grain par des variétés plus précoces semées tôt sur maximum 80% de la sole en maïs⁵ (modifiable par territoire). La reproductibilité de cette hypothèse sera évaluée lors de l'analyse des gisements en s'appuyant notamment sur les hypothèses utilisées dans la thèse de C Murgue.
- Gain d'eau : 250 m³ par ha substitué.
- Hypothèse supplémentaire (sous réserve de la mise à disposition de la couche de données) : Substitution uniquement dans les zones avec sols à faible RU (< 100 mm).

Cette hypothèse de calcul des gisements potentiels d'économie d'eau sera discutée en comité de pilotage.

⁵ Hypothèse de substitution retenue par IRSTEA pour l'étude de la Drôme des Collines (Rucheton, 2015).

8. Bibliographie

ARVALIS - CETIOM. (2013, janvier). Maïs et tournesol - Sud-Ouest : tout pour choisir et conduire vos variétés. *Arvalis-Cetiom Infos Sud-Ouest*, 38. ARVALIS CETIOM.

ARVALIS. (2013). Maïs : choisir la bonne densité au moment de l'implantation. *Implantation du maïs : Quels sont les peuplements optimaux par groupe de précocité variétale ?* <http://www.arvalis-infos.fr/implantation-du-ma-s-quels-sont-les-peuplements-optimaux-par-groupe-de-precocite-varietale--@/view-20822-arvarticle.html>

ARVALIS. (2016). Maïs : variétés et interventions - préconisations Aquitaine et Midi-Pyrénées. *Choisir et Décider*, 73. ARVALIS.

Arvalis et Terres Innovia. (2011). Prime aux semis précoces - Choisir des variétés qui ont fait leur preuve. *Arvalis CETIOM Infos*, 3-7.

Bouthier, A. (2013, Avril). Avancer les dates de semis : utile en contexte de restriction d'eau. *PERSPECTIVES AGRICOLES*(399), p. 31-33.

Bouthier A., Deschamps T., Lorgeou J. (2014). Gagner en performance dans la conduite de son maïs irrigué. *Colloque au champ Irrigation 2014 - Le Magneraud*. ARVALIS.

Chambre d'Agriculture de Dordogne. (2014). Itinéraire à bas coût en maïs grain humide, semis précoce sous couvert. *Fiche technique collectif pour l'agroécologie en Périgord*, 4.

Chambre d'Agriculture du Lot-et-Garonne. (2015). Vitrine "maïs efficient à l'utilisation de l'eau" : bilan 2015. CA47.

INRA. (2006). Sécheresse et Agriculture : réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque de manque d'eau. INRA - Expertise collective. INRA.

Rucheton G., a. (2015). L'adaptation de l'agriculture à la disponibilité de la ressource en eau : le cas de la Drôme des Collines. (MAAF, Éd.) MAAF / CEP /SSP.

Semence_de_France. (2015). Maïs : choisir la date de semis et semis précoce.

Tardieu F.. (2015). Que peut-on attendre de l'amélioration génétique des plantes ? . *Séminaire thématique UMT Eau 9/04/2015*. Toulouse: UMT Eau.