

<p>Fiche adaptation</p> 	<h2 style="text-align: center;">Solutions d'adaptation technique des systèmes de grandes cultures</h2> <p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Liste de pratiques d'adaptations possibles des systèmes de grandes cultures</li> <li>✓ Identification de ressources pertinentes à creuser</li> </ul>
---	---

## 1. Structure de la fiche

Les pistes d'adaptations sont organisées selon le type de stratégie retenu ainsi que selon la temporalité de mise en œuvre des mesures. Des ressources détaillées sont indiquées en note de bas de page pour certaines mesures d'adaptation spécifiques. Une liste de références et d'études de cas est fournie en fin de fiche.

Cette fiche est centrée sur les adaptations techniques des systèmes de grandes cultures pour faire face au manque d'eau dans les prochaines décennies. Les impacts des événements climatiques autres que la sécheresse (gel, épisodes de froid notamment) ne sont pas abordés dans cette fiche.

## 2. Stratégies d'adaptation des systèmes de grandes cultures à l'échelle de la parcelle

Un manque d'eau affecte négativement le métabolisme des plantes (fermeture des stomates, diminution de l'assimilation de l'azote, germination difficile, etc.) et peut ainsi engendrer une baisse des rendements agricoles.

L'agriculteur dispose de plusieurs stratégies d'adaptation pour faire face aux faibles disponibilités hydriques. Il peut jouer à la fois sur les pratiques culturales, le stockage de l'eau dans le sol ainsi que sur les pratiques et les infrastructures d'irrigation.

### 3.1 Adaptation des pratiques culturales

L'adaptation des pratiques culturales concerne aussi bien les systèmes irrigués que non irrigués.

On distingue trois grandes familles de stratégies d'adaptation à la sécheresse<sup>1</sup> :

- **Stratégie d'esquive** : Il s'agit de déplacer ou de réduire la durée des cycles culturaux des plantes, de sorte à ce qu'elles soient soumises à des demandes évaporatives plus faibles.
- **Stratégie d'évitement** : Il s'agit de diminuer la demande en eau en période végétative (évapotranspiration) afin de conserver une partie de la ressource pour les phases ultérieures de forte croissance (floraison, remplissage du grain).
- **Tolérance (ou amélioration de l'efficacité de l'eau)** : Il s'agit d'augmenter le rapport entre la quantité de biomasse produite et la quantité d'eau transpirée.

Le tableau suivant résume les principales stratégies d'adaptation des systèmes de grandes cultures à la sécheresse :

Type de stratégie	Stratégie d'adaptation	Temporalité
Esquive	Choisir des <b>variétés plus précoces</b> : permet d'esquiver le stress de fin de cycle	Court terme
	Choisir des <b>variétés à cycles plus courts</b> : permet également d'esquiver le stress de fin de cycle. En revanche, le rendement maximal est moins important car le rayonnement intercepté est plus faible.	

<sup>1</sup> INRA, « Sécheresse et Agriculture- Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. », 2006.

	<p><b>Avancer la date de semis des cultures d'été</b> : permet un décalage du cycle mais nécessite que la plante tolère les basses températures, et qu'elle résiste éventuellement au gel.</p> <p>Choisir des <b>cultures semées à l'automne ou en fin d'hiver</b> : décale la phase de croissance active vers les périodes de demande évaporative modérée. La durée de végétation est cependant supérieure pour les plantes d'hiver, ce qui ne réduit donc pas la quantité d'eau transpirée totale par rapport aux cultures d'été.</p>	
<b>Evitement</b>	<p><b>Limiter la croissance foliaire et la croissance des organes aériens</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limiter la densité de peuplement</li> <li>• Limiter la fertilisation azotée</li> </ul> <p>Cette stratégie diminue cependant le rendement maximum que la plante est susceptible d'atteindre.</p>	Court terme
<b>Tolérance des plantes</b>	<p>Choisir de plantes avec un système racinaire profond (ex : luzerne) et favoriser un <b>développement racinaire accru</b> (par le travail du sol notamment) pour permettre à la plante d'accéder à des ressources en eau supplémentaire.</p> <p>Favoriser le <b>stockage de l'eau dans le sol</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effectuer un travail minimum du sol avec un mulch de résidus de culture pour limiter l'évaporation et faciliter l'infiltration en réduisant le ruissellement ;</li> <li>• En climat aride (méditerranéen certaines années), dans le cas où les sols ne sont pas cultivés tous les ans : introduire une jachère pour stocker et conserver l'eau<sup>2</sup> ;</li> <li>• Effectuer un sous-solage (travail du sol en profondeur) afin d'augmenter la perméabilité du sol et donc ses capacités d'infiltration ;</li> <li>• Utiliser des cultures intermédiaires pièges à nitrates (ray grass et moutarde notamment): l'effet positif sur la réduction de l'évaporation du sol et sur l'infiltration compense le supplément de transpiration lié au couvert pourvu que celui-ci soit détruit assez tôt<sup>3</sup>.</li> </ul>	Court et moyen terme
	<p>Choisir des espèces plus tolérantes <b>à la sécheresse</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sorgho, tournesol pour les cultures d'été ;</li> <li>• Légumineuses (le lupin, féverole, pois, pois chiche, lentilles, haricots etc)</li> </ul> <p>Choisir des <b>variétés plus tolérantes à la sécheresse</b></p>	Moyen terme
<b>Tolérance économique</b>	<p>Aller vers un <b>système de culture plus résilient</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Diversifier les cultures</b> (cycles et espèces) : accroît la résilience de l'exploitation face au risque de sécheresse et permet de répartir les pointes de travail</li> <li>• <b>Réduire les charges des exploitations</b>, pour assurer une rentabilité non dépendante de l'obtention de rendements élevés et ainsi assurer une meilleure résilience face aux aléas climatiques. Cette réduction des charges peut par exemple passer par « l'extensification »<sup>4</sup> des systèmes et l'accroissement de la valeur ajoutée de la production.</li> </ul>	Long terme

<sup>2</sup> L'utilisation de la jachère pour le stockage de l'eau fait partie des techniques des systèmes de « dry farming » utilisés en milieu aride. Ce système repose sur un labour très profond qui permet d'atteindre les couches humides du sol. La terre n'est ensemencée qu'une année sur deux, ce qui favorise l'accumulation de réserves d'eau. La sole mise en jachère est ensuite labourée pour ameublir la terre et renforcer sa capacité d'absorption des eaux pluviales.

<sup>3</sup> Eric Justes, Fruck Dorsainvil, et Pascal Thiébeau, « The Effect of Catch Crops on the Water Budget of the Fallow Period and the Succeeding Main Crop », 2002, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15720.11522>.

<sup>4</sup> Nicolas METAYER, SOLAGRO, « LIFE AgriAdapt : adaptation durable de l'agriculture au changement climatique », 2020, <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/rapport-agriadapt-adaptation-agriculture-changement-climatique-2020.pdf>.

Source : INRA<sup>5</sup>, LIFE AgriAdapt<sup>6</sup>

### 3.2 Adaptation des pratiques d'irrigation

Les choix stratégiques liés au dimensionnement des équipements d'irrigation et aux types de cultures à irriguer constituent des choix stratégiques de long terme pour l'irriguant. En effet, l'introduction d'un système d'irrigation implique des coûts d'investissement importants et des charges d'irrigation qui représentent 20 à 30% du produit brut (aides comprises) en grandes cultures<sup>7</sup>.

A l'avenir les irrigants risquent d'être confrontés à des restrictions à l'irrigation de plus en plus fréquentes, qu'elles soient liées à l'eau disponible dans le milieu ou aux dispositifs réglementaires (quotas volumétriques, interdictions préfectorales...). L'adaptation des systèmes d'irrigation deviendra donc une priorité.

Trois grandes stratégies d'irrigation existent, en fonction du choix de l'agriculteur de concentrer l'irrigation sur les cultures à plus forte valeur ajoutée ou au contraire répartir l'eau sur des surfaces plus étendues :

- **L'irrigation restrictive** : révision des objectifs de rendement, sans modification de l'assolement mais par modification des pratiques culturales. Revient à appliquer les stratégies d'esquive (raccourcissement du cycle cultural) et d'évitement (rationnement végétatif), afin de réduire les apports totaux et le calendrier d'arrosage, notamment en fin de cycle estival.
- **L'irrigation raisonnée** : maintien des objectifs de rendement, sans modification de l'assolement. Revient à mobiliser le matériel le plus efficient, à pratiquer les conditions d'application optimales, et à utiliser les outils d'aide au pilotage pour limiter les pertes d'eau.
- **L'irrigation « d'appoint »** (ou « irrigation starter ») : Révision des objectifs de rendement, avec modification de l'assolement. L'irrigation est ici limitée aux stades de croissance de la plante qui sont les plus sensibles à la sécheresse, ou aux cultures d'hiver ou de printemps peu consommatrices d'eau.

Les principales stratégies d'adaptation des systèmes irrigués (complémentaires à l'adaptation des pratiques culturales présentées plus haut) sont détaillées ci-dessous :

Stratégie d'irrigation	Description	Temporalité
Irrigation restrictive	<b>Adapter le calendrier des apports d'eau :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Privilégier les périodes les plus sensibles ;</li> <li>• Démarrer l'irrigation plus tardivement et l'arrêter plus tôt ;</li> <li>• Adapter le calendrier au climat en décalant les irrigations après une pluie.</li> </ul>	Court terme
Irrigation raisonnée	<b>Accroître l'efficacité et limiter le gaspillage de l'eau par un pilotage technique de l'irrigation :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effectuer un bilan hydrique pour calibrer les apports d'eau ;</li> <li>• Utiliser des sondes tensiométriques ou capacitatives pour évaluer la disponibilité en eau du sol. Représente un coût d'investissement important pour l'agriculteur ;</li> <li>• Choisir le matériel le plus efficient ;</li> </ul>	Moyen terme

<sup>5</sup> INRA, « Sécheresse et Agriculture- Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. »

<sup>6</sup> METAYER, SOLAGRO, « LIFE AgriAdapt : adaptation durable de l'agriculture au changement climatique ».

<sup>7</sup> INRA, « Sécheresse et Agriculture- Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. »

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utiliser des outils d'aide à la décision pour un pilotage stratégique de l'irrigation (logiciels LORA<sup>8</sup>, MODERATO<sup>9</sup>, COGITO<sup>10</sup>, simulateur IRMA<sup>11</sup>).</li> </ul>	
Irrigation d'appoint	<p><b>Privilégier l'irrigation de complément (d'appoint)</b> en substituant les cultures fortement irriguées par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Des cultures avec des besoins en eau relativement faibles et décalés vers le début de saison (céréales à paille, sorgho, tournesol) ;</li> <li>Des cultures pluviales (qui nécessiteront à l'avenir un apport d'eau d'appoint compte tenu du changement climatique).</li> </ul>	Moyen terme
Transversale	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Récupérer les eaux pluviales</b> sur les toitures des bâtiments agricoles ;</li> <li><b>Réutiliser les eaux usées épurées pour l'irrigation</b><sup>12</sup> : outre les économies d'eau, cette solution permettrait également de valoriser les nutriments présents dans ces eaux.</li> </ul>	Long terme

Source : INRA<sup>13</sup>, Chambre d'Agriculture du Gers<sup>14</sup>, CGEDD et CGAAER<sup>15</sup>

### 3. Remarques à l'échelle des filières

En complément des mesures d'indemnisation des pertes par les assurances publiques et privées, des mesures d'adaptation à l'échelle des filières existent. Plusieurs stratégies cohabitent :

#### 1. Stratégies d'ajustement de l'offre à la demande :

- **Pomper dans les nappes souterraines** : cette solution n'est pas envisageable sur tous les territoires, le niveau des nappes souterraines étant très variable. La direction européenne "eaux souterraines" réserve par ailleurs ces ressources en priorité à l'alimentation en eau potable et encadre fortement les prélèvements qui ne doivent pas excéder le niveau de renouvellement naturel des nappes par le cycle de l'eau<sup>16</sup>.
- **Créer de nouvelles retenues artificielles** :
  - **Les réserves de substitution** : il s'agit de réserves remplies en hiver (généralement par le pompage d'eau souterraine ou plus rarement par ruissellement) en remplacement d'un prélèvement estival.
  - **Les retenues artificielles** : il s'agit de réserves remplies en hiver par ruissellement (retenue collinaire) ou par pompage en nappe ou en rivière) mais sans remplacement d'un prélèvement estival.

<sup>8</sup> Logiciel conçu par l'INRA et Arvalis pour déterminer un assolement qui maximise la marge de l'agriculteur sur un périmètre irrigable en envisageant un scénario d'irrigation restrictive.

<sup>9</sup> Logiciel conçu par l'INRA et Arvalis pour simuler les stratégies de conduite de l'irrigation du maïs en contexte limitant

<sup>10</sup> Logiciel développé par l'INRA et Agro Transfert Poitou-Charentes pour effectuer des simulations de scénarios permettant d'organiser une animation collective à l'échelle d'un périmètre d'irrigation entre les collectifs d'irrigants et les autorités administratives responsables de la gestion des ressources en eau.

<sup>11</sup> Logiciel développé par l'INRA et Arvalis qui reconstitue pour un scénario climatique donné, des calendriers d'irrigation et en évalue les conséquences sur l'état hydrique du sol, la satisfaction des besoins en eau des cultures, les rendements et les marges brutes.

<sup>12</sup> Un projet de Plateforme expérimentale de réutilisation d'eaux usées en irrigation, financé par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse est actuellement en cours d'expérimentation.

<sup>13</sup> INRA, « Sécheresse et Agriculture- Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. » Plus d'information dans *Pour aller plus loin* en bas de ce document.

<sup>14</sup> Chambre d'Agriculture du Gers, « L'amélioration de l'efficacité de l'irrigation à la parcelle », consulté le 17 juin 2021, <https://gers.chambre-agriculture.fr/agroenvironnement/eau/le-pilotage-de-lirrigation/amelioration-de-lefficiency-de-lirrigation-a-la-parcelle/>.

<sup>15</sup> CGEDD et CGAAER, « Changement climatique, eau, agriculture. Quelles trajectoires d'ici 2050 ? », juillet 2020.

<sup>16</sup> Journal Officiel de l'Union européenne, « Directive 2006/118/CE du Parlement européen et du Conseil sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration », consulté le 23 juin 2021, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006L0118&from=FR>.

Le stockage de l'eau dans ces réserves est cependant moins efficace qu'un stockage dans le sol, une partie de l'eau étant évaporée. Par ailleurs, les prélèvements hivernaux ne sont pas sans conséquence sur le milieu naturel puisqu'ils diminuent la recharge naturelle des aquifères. Enfin, bien que ces réserves soient censées garantir à l'agriculteur un volume d'eau suffisant au moment de la saison sèche, le remplissage de la réserve en hiver n'est en pratique pas toujours possible (notamment si le débit est trop faible en raison des faibles pluies).

## 2. Incitations au changement de système de culture

- **Mettre en place des incitations financières pour les économies d'eau :**
  - **Mesures agro-environnementales (MAE) « désirrigation »**<sup>17</sup> : les régions peuvent co-financer des mesures de compensation pour les agriculteurs qui décident d'abandonner définitivement les grandes cultures irriguées.
  - **Tarifification de l'eau incitative** : de très nombreuses études économiques internationales (notamment de l'OCDE<sup>18</sup>) ont plaidé pour le recours aux outils tarifaires pour réguler la demande agricole en eau et envoyer un « signal » sur la rareté de la ressource. Ces tarifs peuvent être fixés localement et être modifiés périodiquement (en fonction du niveau de remplissage des nappes par exemple) en concertation avec la profession agricole.
- **Soutenir la structuration de filières pour les assolements plus diversifiés et plus économes en eau :**
  - Soutien nationaux et locaux aux investissements (production, transformation, stockage, conditionnement et distribution) dans des cultures économes en eau. Des financements sont notamment dans le cadre du Plan de relance, avec des appels à projet de BPifrance<sup>19</sup>.
  - Soutien aux systèmes de qualité ;
  - Soutien aux projets de recherche et de développement, notamment pour des semences plus résistantes à la sécheresse (également prévu dans le cadre du Plan de relance).

## 3. Dynamiser la gouvernance territoriale et concertée pour la gestion de l'eau

- Soutenir la mise en place des **projets de territoire pour la gestion de l'eau (PTGE)** pour réfléchir collectivement à des stratégies d'adaptation pour l'agriculture qui soient acceptables pour les agriculteurs ;
- Soutenir la mise en place d'une **gestion collective de l'eau destinée à l'irrigation**, par le biais d'Associations syndicales autorisées (ASA) ou de CUMA ;
- Soutenir la création de **groupes d'exploitations agricoles économes en eau**, par exemple via la constitution de Groupements d'Intérêt Economique et Environnemental (GIEE), pour favoriser les échanges d'expérience, massifier l'irrigation de précision, construire et diffuser ces références locales en matière de gestion de l'eau en lien avec la recherche et le développement agricole.

---

<sup>17</sup> Liliane Bonnal et Ornella Boutry, « L'environnement institutionnel a-t-il un impact sur les pratiques d'irrigation ? », *Revue d'Economie Régionale Urbaine* Décembre, n° 5 (2016): 947- 76.

<sup>18</sup> OECD, « Trends and Drivers of Agri-environmental Performance in OECD Countries », Text, 2019, [https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/trends-and-drivers-of-agri-environmental-performance-in-oecd-countries\\_b59b1142-en](https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/trends-and-drivers-of-agri-environmental-performance-in-oecd-countries_b59b1142-en).

<sup>19</sup> Bpifrance, « Plan de relance : 1.2 milliard d'euros pour soutenir la filière agricole », septembre 2020, <https://www.bpifrance.fr/A-la-une/Actualites/Plan-relance-1.2-milliard-d-euros-pour-soutenir-la-filiere-agricole-50571>.

#### 4. Pour aller plus loin

Logo	Nom	Détails
	<p>Changement climatique, eau, agriculture.</p> <p>Quelles trajectoires d'ici 2050 ? (Juillet 2020)</p>	<p>Recommandations politiques pour rapprocher et mettre en synergie les politiques publiques conduites par les ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement, en matière de gestion de l'eau dans l'agriculture.</p> <p>Propositions de stratégies d'adaptation à l'échelle des filières et des exploitations agricoles, étayé par des études de cas dans les régions françaises.</p> <p><a href="https://agriculture.gouv.fr/changement-climatique-eau-agriculture-quelles-trajectoires-dici-2050">https://agriculture.gouv.fr/changement-climatique-eau-agriculture-quelles-trajectoires-dici-2050</a></p>
	<p>Sécheresse et agriculture.</p> <p>Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau (2006)</p>	<p>Rapport d'expertise scientifique collective réalisé par l'INRA à la demande du ministère de l'Agriculture. Traduit l'impact du manque d'eau sur les plantes, et propose des solutions d'adaptation techniques et modalités d'actions économiques et politiques pour accompagner ces transitions.</p> <p>Synthèse : <a href="https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/synthese-72-pages.pdf">https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/synthese-72-pages.pdf</a></p>
	<p>LifeAgriAdapt. Adaptation de l'Agriculture au changement climatique (2020)</p>	<p>Évaluation des risques climatiques à l'échelle de fermes pilotes situées dans quatre zones de risque en Europe pour caractériser leur vulnérabilité. Proposition de mesures d'adaptation et évaluation de leur durabilité (eau, air, sol, bien-être, impacts socio-économiques). Quatre grandes stratégies d'adaptation sont abordées : diversification des systèmes de cultures, conservation des sols, extensification, bâtiments d'élevage.</p> <p><a href="https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/rapport-agriadapt-adaptation-agriculture-changement-climatique-2020.pdf">https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/rapport-agriadapt-adaptation-agriculture-changement-climatique-2020.pdf</a></p>
	<p>Économiser l'eau pour l'irrigation par les changements de pratiques agricoles (2018)</p>	<p>Cette étude, mandatée par le Ministère de l'Agriculture, analyse les dispositifs incitant à modifier les pratiques agricoles pour économiser la ressource en eau à l'échelle des exploitations et des filières. Elle s'appuie sur une revue de littérature, des entretiens avec des experts, et 7 études de cas dans 5 pays (Chypre, Espagne, Grèce, Italie, Roumanie).</p> <p><a href="https://agriculture.gouv.fr/economiser-leau-pour-lirrigation-par-les-changements-de-pratiques-agricoles">https://agriculture.gouv.fr/economiser-leau-pour-lirrigation-par-les-changements-de-pratiques-agricoles</a></p>