# L'irrigation agricole en France : défis et enjeux

**SYNTHESE TECHNIQUE N°22**

DE QUOI PARLE-T-ON ? 2
- Eau prélevee vs eau consommee 2
- Les cultures les plus dépendantes à L'irrigation 3
- Les cultures les plus consommatrices d'eau d'irrigation 4
- L'évolution des pratiques d'irrigation 5

LES LEVIERS POUR REDUIRE LA CONSOMMATION D'EAU D'IRRIGATION 7

AMELIORATION DE L'IRRIGATION 8
- Modernisation du matériel et précision technologique 8
- Pilotage précis de l'irrigation VIA UNE OAD 10

AMELIORATION DES SYSTEMES AGRICOLES 12
- Les différents leviers 12
- Les démarches territoriales 13

ZOOM SUR LA BIO 17
- Matériel d'irrigation 17
- Pilotage de l'irrigation 17
- Leviers d'évitement 17
- Leviers de tolérance et espèces cultivées 18
- Résultats sur la quantité d'eau d'irrigation 19

REFERENCES 21

# DE QUOI PARLE-T-ON ?

## EAU PRELEVEE VS EAU CONSOMMEE

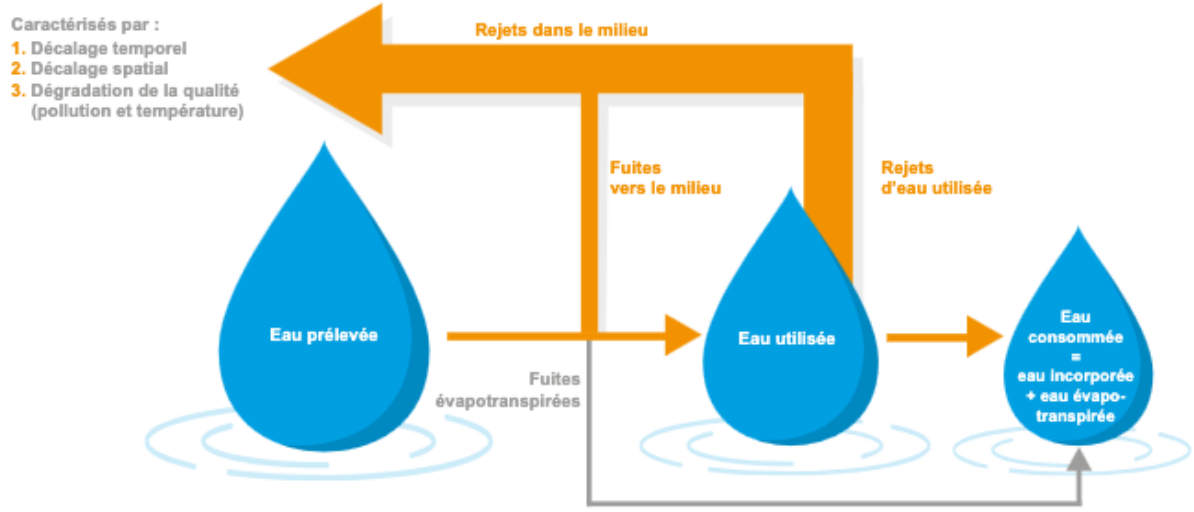


*Figure 1. Eau prélevée et eau consommée, deux concepts à distinguer (source : Arambou et al., 2024 – La note d'analyse de France Stratégie)*

Chaque année, environ **31 milliards de m³ d'eau douce sont prélevés en France** (hors DROM et hydroélectricité) pour les usages domestiques, industriels, agricoles, de navigation et d'énergie (Arambou et al. 2024).

Bien que ce volume soit faible au regard de la ressource renouvelable (210 milliards de m³), cette vision nationale masque des déséquilibres locaux. En effet, certains territoires subissent des prélèvements supérieurs à leurs ressources, entraînant tensions et surexploitation. L'approche annuelle cache aussi des pénuries saisonnières, notamment en période d'étiage, et les impacts sur les écosystèmes.

Les prélèvements proviennent majoritairement des eaux de surface (82 %), le reste des nappes souterraines (18 %), plus coûteuses à exploiter. L'eau de mer est également utilisée, surtout pour le refroidissement industriel et nucléaire.

Les **prélèvements d'eau** correspondent, selon la définition de l'OCDE, aux « volumes d'eau douce extraits définitivement ou temporairement d'une source souterraine ou de surface et transportés sur leur lieu d'usage ». Enfin, la **consommation** désigne la part de l'eau prélevée qui **ne retourne pas directement dans le milieu naturel** (évapotranspiration, incorporation dans les produits), même si elle réintègre ultérieurement le cycle de l'eau. Contrairement à une idée reçue, les prélèvements ont des effets même lorsque l'eau est restituée : pollution (rejets domestiques, industriels, agricoles), élévation de la température (refroidissement), modification des lieux de restitution et décalage dans le temps. Ces impacts peuvent perturber les milieux aquatiques et les usages en aval.

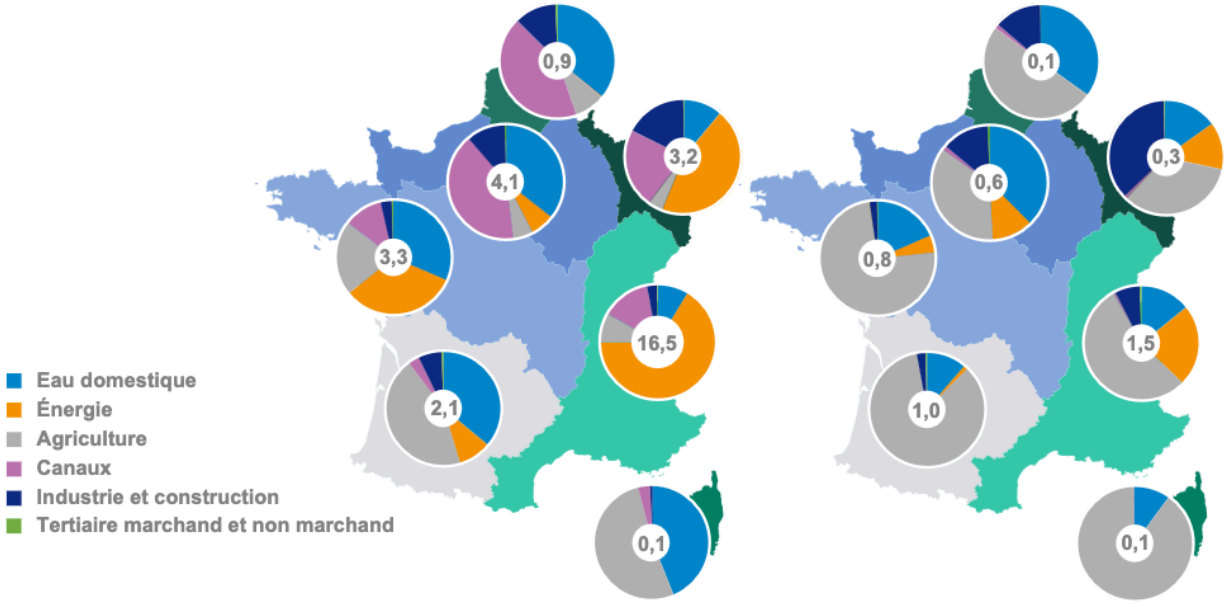


*Figure 2. Répartition des prélèvements (gauche) et consommations (droite) en eau à l'échelle des bassins versants de la France Métropolitaine (source : Arambou et al., 2024 – La note d'analyse de France Stratégie)*

En 2020, les **consommations sont estimées à plus de 4,4 milliards de m3** et l'irrigation agricole en représente près des deux tiers (irrigation des cultures destinées à l'alimentation humaine ou animale, principalement concentrée dans le sud et l'ouest de la France).

Il existe de forts contrastes territoriaux entre prélèvements et consommations d'eau en France : les volumes prélevés sont globalement dominés par la production d'énergie, notamment dans le bassin Rhône-Méditerranée, tandis que les volumes effectivement consommés sont nettement plus faibles et majoritairement imputables à l'agriculture, en raison de l'irrigation (figure 2). En 2020, 16,5 millions de m3 ont été prélevés dans le bassin versant Rhône-Méditerranée, dont 66% pour la production d'énergie et 1,5 millions de m3 ont été consommés dont plus de la moitié pour l'agriculture. Si une grande partie de l'eau prélevée est restituée au milieu, les pressions sur la ressource varient fortement selon les territoires et les usages, révélant des enjeux locaux importants en matière de gestion de l'eau.

## LES CULTURES LES PLUS DEPENDANTES A L'IRRIGATION

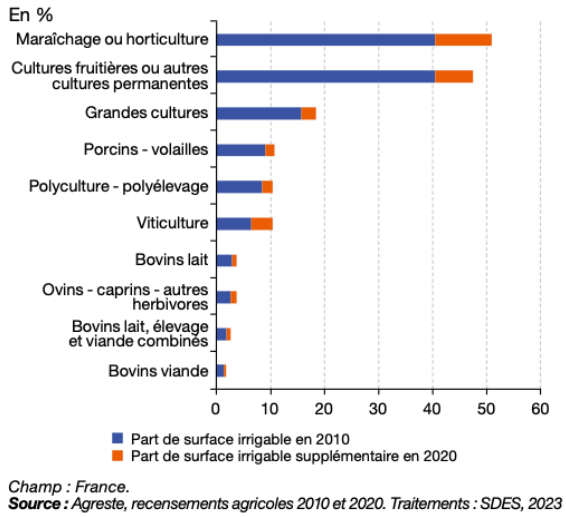


*Figure 3. Graphique de la part des surfaces irrigables par Otex en 2010 et 2020 (source : Agreste, RA 2010 et 2020. Pages et Parisse, 2010)*

En France, la dépendance des cultures à l'irrigation varie selon leur nature et leurs objectifs de production. Entre 2010 et 2020, les surfaces irrigables[1] ont augmenté dans l'ensemble des orientations technico-économiques des exploitations (Pages et Parisse 2010).

Certaines cultures y sont **fortement dépendantes**, notamment les productions à forte valeur ajoutée comme le maraîchage et l'arboriculture où l'apport régulier en eau est indispensable pour garantir rendement, qualité et régularité (Pages et Parisse 2010). Les exploitations de maraîchage-horticulture et de cultures fruitières présentent les parts les plus élevées, avec près de la moitié de leurs surfaces irrigables en 2020, en nette progression par rapport à 2010 (+10 points et +7 points respectivement) (figure 3)

Les grandes cultures d'été comme le **maïs et le soja** sont aussi très exigeantes en eau en période estivale. D'autres cultures, comme le sorgho ou le tournesol, recourent à une **irrigation d'appoint** en cas de stress hydrique, tandis que pour le blé ou le colza, l'irrigation reste plus ponctuelle, intervenant seulement à des stades clés du cycle (début ou fin). Enfin, certaines productions sont irriguées avant tout pour répondre à des **exigences de marché** : la pomme de terre, afin d'assurer calibre et qualité visuelle, ou la vigne, pour maîtriser le rendement et les caractéristiques du vin (notamment le degré d'alcool et les qualités organoleptiques).

## LES CULTURES LES PLUS CONSOMMATRICES D'EAU D'IRRIGATION

En France métropolitaine, la surface agricole irrigable s'élève en 2020 **à plus de 2,8 millions d'hectares,** en hausse de 23 % par rapport à 2010. Elle **représente 11 % de la SAU**, contre 9 % environ en 2000 et 2010. Les exploitations de grandes cultures concentrent les plus grandes superficies irrigables, avec plus de 1,6 million d'hectares (18 % des surfaces totales), en hausse de 18 % sur la période (Pages et Parisse 2010).

En 2020, le maïs est la culture la plus irriguée en France, avec environ 684 000 hectares au total (dont 590 000 ha de maïs grain et semence et 94 000 ha de maïs fourrage), soit 38 % des surfaces irriguées. Le recours à l'irrigation est nettement plus fréquent pour le maïs grain et semence (34 % des surfaces) que pour le maïs fourrage (7 %). Cette irrigation se traduit par des gains de rendement significatifs, le maïs grain irrigué produisant en moyenne 29 % de plus que le maïs non irrigué sur la période 2000-2020. (tableau 1).

| | Surface totale | Part irriguée (%) | Surfaces irriguées |
|---|---|---|---|
| Maïs grain et semence | 1 736 | 34 % | 590 |
| Blé | 4 512 | 5 % | 217 |
| Légumes frais, fraises, melons | 246 | 62 % | 153 |
| Cultures permanentes (vergers) | 261 | 51 % | 132 |
| Maïs fourrage et autres fourrages | 2 062 | 6 % | 126 |
| Autres céréales | 2 693 | 4 % | 108 |
| Prairies temporaires et permanentes | 10 652 | 1 % | 74 |
| Pommes de terre | 222 | 39 % | 86 |
| Betteraves industrielles | 419 | 12 % | 50 |
| Vignes | 779 | 9 % | 69 |
| Tournesol | 780 | 6 % | 46 |
| Soja | 187 | 28 % | 71 |
| Colza | 1 103 | 3 % | 28 |
| Autres cultures | 1 441 | 5 % | 76 |
| TOTAL | 24 712 | | 1 826 |

Source : Agreste (2023), *Graph'Agri 2022. L'agriculture, la forêt, la pêche et les industries agroalimentaires*, février

*Tableau 1 Surface irriguées par culture en 2020 - en milliers d'hectares (source : Arambou et al., 2024 – La note d'analyse de France Stratégie*

[1] Une surface est dite « irrigable » si elle est munie d'un moyen d'irrigation. Une surface est dite « irriguée » si elle a été arrosée au moins une fois dans l'année.

Le travail de France Stratégie publié en 2024 a permis d'estimer les usages des différentes surfaces irriguées (Arambou et al. 2024) . Cela met en évidence la répartition **des 3,3 milliards de m³ d'eau prélevés pour l'agriculture** en 2020 selon leurs usages finaux. Une très large majorité de ces volumes est consacrée à la production alimentaire, avec environ **44 % destinés à l'alimentation humaine** (cultures alimentaires directes) et **39 % à l'alimentation animale**, soit plus de 80 % au total. Ce poids important de l'alimentation animale traduit le rôle structurant de l'élevage dans les systèmes agricoles, via l'irrigation de cultures fourragères ou de céréales destinées au bétail (notamment le maïs).

Les autres usages apparaissent nettement secondaires : environ 5 % pour les biocarburants, 5 % pour les secteurs industriels (chimie, pharmacie, papeterie) et 7 % pour d'autres usages divers. Cette répartition souligne que l'irrigation est avant tout mobilisée pour soutenir la production alimentaire, mais aussi que les choix de systèmes agricoles — en particulier la place de l'élevage — influencent fortement la pression exercée sur la ressource en eau.

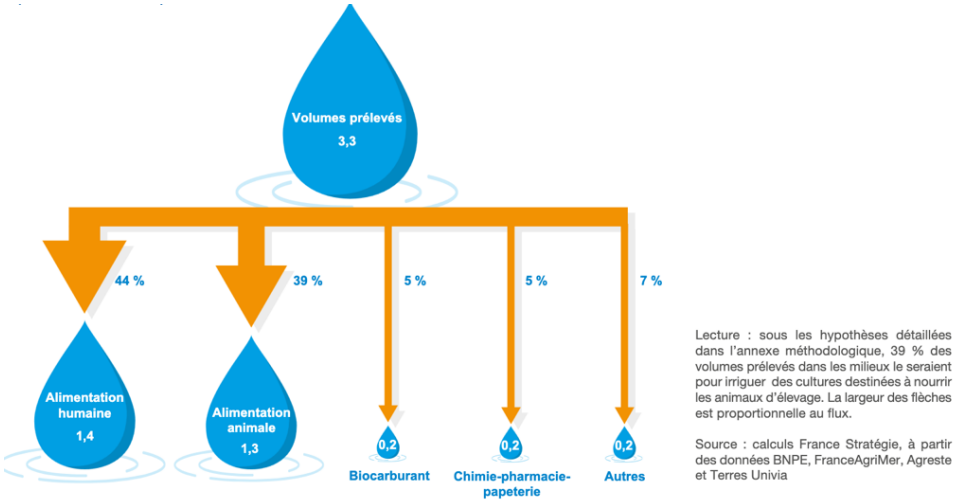


*Figure 4 Volumes prélevées en France pour les productions agricoles par usage en aval 2020 – en milliards de m3 (source : Arambou et al., 2024 – La note d'analyse de France Stratégie)*

## L'EVOLUTION DES PRATIQUES D'IRRIGATION

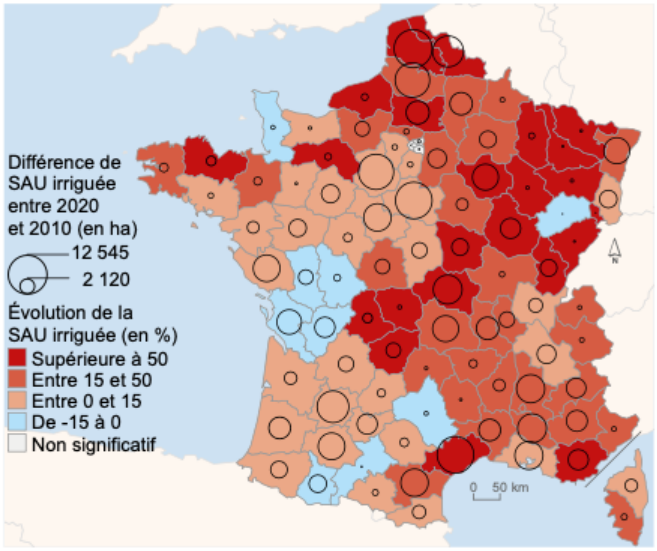


*Figure 5. Carte de l'évolution de la surface agricole utile irriguée par département entre 2010 et 2020 (source : Agreste, RA 2010 et 2020. Pages et Parisse, 2010)*

L'évolution des surfaces irrigables traduit les investissements réalisés par les exploitations pour sécuriser l'accès à l'eau, tandis que les surfaces réellement irriguées varient surtout selon les conditions annuelles (climat, types de cultures). Leur répartition territoriale ne coïncide donc que partiellement.

En 2020, **11 départements concentrent 37 % des surfaces irriguées** et irriguent au moins 20 % de leur surface agricole utile (SAU). Les niveaux les plus élevés se trouvent dans les Landes (49 %), les Bouches-du-Rhône (42 %) et le Loiret (41 %), tandis qu'un quart des départements, principalement au nord, irriguent moins de 1 % de leur SAU. Entre 2010 et 2020, les surfaces irriguées ont surtout progressé dans le nord, l'est et le centre, en lien avec des épisodes climatiques plus contraignants, notamment la sécheresse marquée de 2020 dans l'est (déficit de pluviométrie et fortes températures) (figure 5).

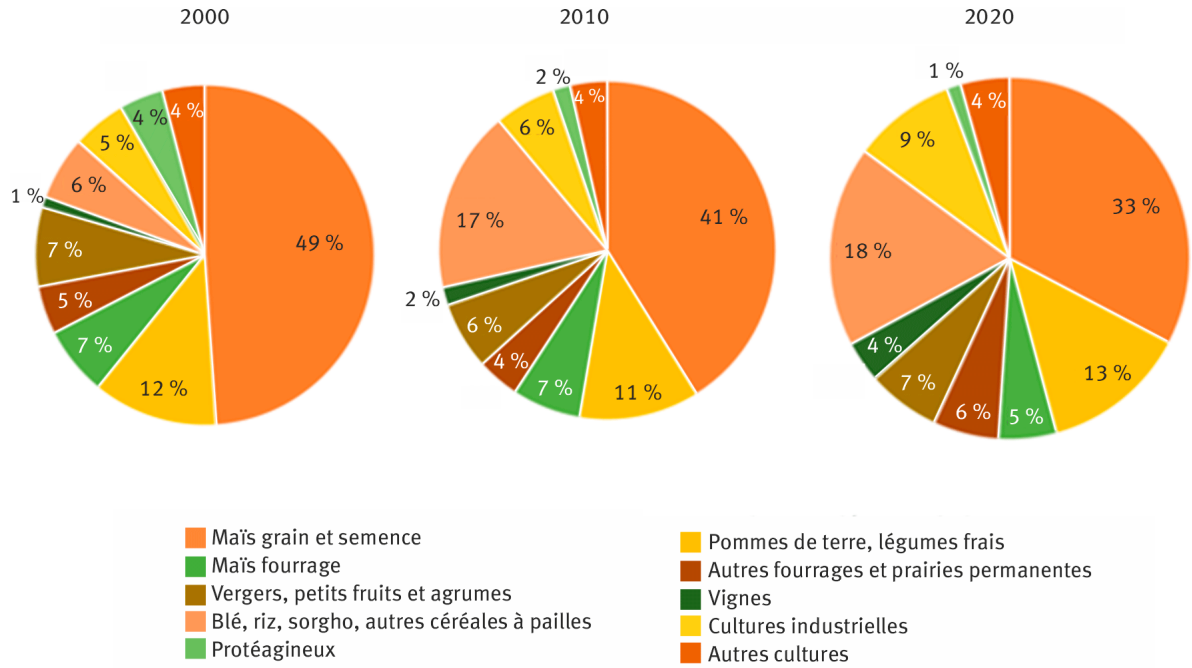


*Figure 6. Répartition des surfaces irriguées des principaux groupes de cultures (Scotti et Loubier, 2024)*

L'évolution globale de l'irrigation masque de fortes disparités selon les cultures. Le maïs reste la culture la plus irriguée, **avec 33 % des surfaces en 2020**, mais son poids recule nettement (49 % en 2000, 41 % en 2010) (figure 6). La baisse de ses surfaces irriguées sur la décennie **(-55 616 ha)** est compensée par la progression d'autres cultures : le soja (+181 %), les légumes et fruits (+27 %), les pommes de terre (+37 %) et les betteraves (+23 %) (Scotti et Loubier 2024).

Par ailleurs, l'augmentation des surfaces irriguées en fourrages et prairies (+20 %) traduit une volonté de sécuriser l'alimentation animale, notamment dans des zones d'élevage historiquement peu irriguées. Par ailleurs, certaines cultures connaissent une forte expansion de l'irrigation. C'est le cas de la vigne, dont les surfaces irriguées ont plus que doublé en dix ans (69 000 ha contre 29 000 ha), particulièrement en Provence-Alpes-Côte d'Azur et en Occitanie, sous l'effet du changement climatique et d'un assouplissement réglementaire depuis 2017.

Au total, **l'irrigation occupe une place centrale dans l'agriculture française**, tant pour sécuriser les rendements que pour répondre aux exigences économiques et alimentaires. Toutefois, son développement, sa diffusion géographique croissante et la dépendance de certaines cultures à l'eau accentuent les pressions sur une ressource déjà fragilisée par le changement climatique, les sécheresses plus fréquentes et les déséquilibres territoriaux.

Dans ce contexte, il devient essentiel de mobiliser des leviers pour réduire la consommation d'eau et plus largement, repenser les modèles agricoles et alimentaires afin de concilier production, résilience face au changement climatique et préservation durable de la ressource en eau.

# LES LEVIERS POUR REDUIRE LA CONSOMMATION D'EAU D'IRRIGATION

L'optimisation de l'efficience de l'irrigation dans un système agroécologique repose sur la combinaison de leviers techniques, technologiques et agronomiques visant à minimiser les pertes tout en maximisant le stockage et la valorisation de l'eau par les plantes (Leenhardt et Wittling 2024). Les leviers se regroupent comme proposé par Amal Zeggoud – mémoire FNAB (2020):

- L'amélioration de l'irrigation par le pilotage et le matériel (la technologie). Un regard critique sera apporté sur ce dernier levier.
- L'amélioration des systèmes agricoles par **des leviers d'évitement** qui limitent le stress hydrique en agissant sur le système sol-plante pour réduire l'évapotranspiration, **des leviers d'esquive** qui impliquent d'éviter les périodes aux conditions hydriques défavorables et **des leviers de tolérance** qui consistent à introduire des cultures plus résilientes face au stress hydrique.

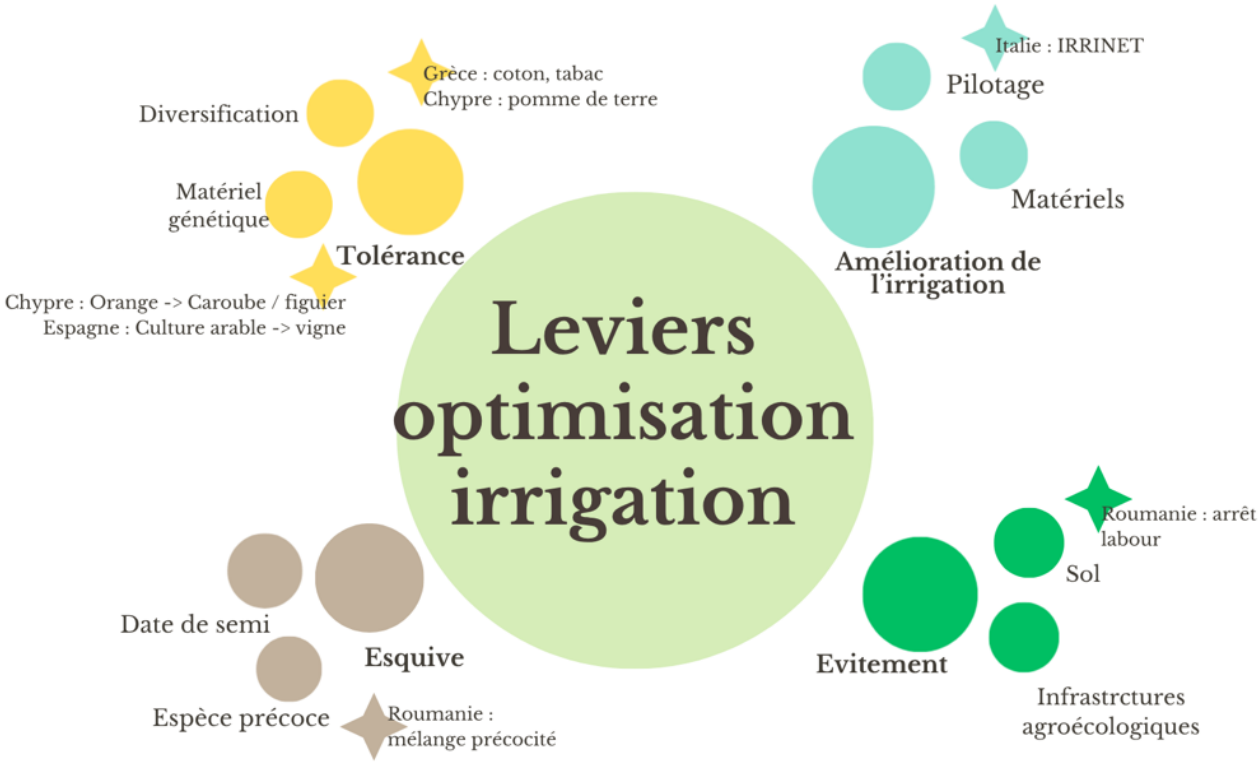


*Figure 7: Leviers d'optimisation de l'irrigation, les méthodes et les exemples de démarche territoriale (Solagro, Annabelle Richard)*

# AMELIORATION DE L'IRRIGATION

## MODERNISATION DU MATERIEL ET PRECISION TECHNOLOGIQUE

Le choix et l'entretien du matériel d'irrigation sont les premiers leviers pour réduire les pertes directes (évaporation, dérive, fuites) :

| Système | Efficience globale (%) | |
|---|---|---|
| | Moyenne | Min - Max |
| Gravitaire | 40 | 10-90 |
| Canon enrouleur | 70 | 55 -80 |
| Couverture intégrale | 70 | 60 - 85 |
| Pivot traditionnel | 80 | 75 - 90 |
| Micro-aspersion | 80 | 60 - 90 |
| Goutte-à-goutte de surface | 85 | 70 - 95 |
| Goutte-à-goutte enterré | 90 | 75 - 95 |

*Tableau 2. Efficacité d'irrigation selon les technologies adoptés (source : Leenhardt et Wittling 2024)*

Le tableau 2 met en évidence des différences importantes d'efficience globale entre les systèmes d'irrigation. Le **système gravitaire** apparaît comme le moins performant, avec une efficience moyenne de 40 % et une variabilité très élevée (de 10 à 90 %), traduisant des pertes importantes liées au ruissellement, à l'infiltration non contrôlée et à une gestion souvent peu précise. À l'inverse, les systèmes localisés, notamment le **goutte-à-goutte enterré**, présentent les meilleures performances, avec une efficience moyenne pouvant atteindre 90 %. Entre ces deux extrêmes, les systèmes d'aspersion comme le canon enrouleur ou la couverture intégrale affichent une efficience intermédiaire autour de 70 %, tandis que des dispositifs plus optimisés comme le pivot traditionnel ou la micro-aspersion atteignent environ 80 %.

Ces écarts s'expliquent en grande partie par des facteurs technologiques et opérationnels propres à chaque système. Des problèmes d'étanchéité ou de fuites dans les conduites d'amenée ou dans les équipements d'irrigation peuvent engendrer des pertes directes d'eau. Dans les systèmes d'aspersion, la taille et la vitesse des gouttes jouent également un rôle déterminant : les gouttes fines (diamètre inférieur à 500 µm) sont particulièrement sensibles à l'évaporation en cours de trajectoire, tandis que les très fines gouttes (inférieures à 150 µm) sont sujettes à la dérive sous l'effet du vent. À cela s'ajoutent des pertes par ruissellement lorsque l'intensité d'application dépasse la capacité d'infiltration du sol.

Le positionnement du système influe aussi sur les performances : les dispositifs aériens favorisent les pertes par évaporation à la surface du sol, contrairement aux systèmes enterrés qui limitent ce phénomène. Par ailleurs, une distribution hétérogène de l'eau au sein de la parcelle peut entraîner des zones sur-irrigées, générant des pertes par drainage, et des zones sous-irrigées, réduisant l'efficacité globale.

Dans ce contexte, l'adoption de systèmes plus efficients constitue un levier majeur d'économie d'eau. Le passage d'une irrigation par aspersion (efficience d'environ 70 %) à un système de goutte-à-goutte enterré (environ 90 %) permet de réaliser des économies d'eau significatives, pouvant dépasser 30 % (Leenhardt et Wittling 2024). Il est également possible d'améliorer les performances des systèmes existants, notamment en aspersion, grâce à l'utilisation d'arroseurs basse pression ou de cannes de descente sur pivots, qui réduisent la hauteur de chute des gouttes et limitent ainsi les pertes par évaporation et dérive.

Enfin, l'intégration de technologies de modulation intra-parcellaire (VRI, Variable Rate Irrigation) permet d'adapter les apports en eau aux besoins spécifiques des différentes zones d'une parcelle. Cette approche contribue à réduire les excès d'irrigation, à limiter les pertes par drainage et à améliorer l'efficience globale du système.

La grande étude réalisée avec le soutien du Ministère de de l'Agriculture et de l'Alimentation (C. S. Wittling et Molle 2017) a permis d'identifier et de quantifier les principales sources de pertes d'eau dans deux situations issues des références étudiées. Il en ressort que l'efficience globale de l'irrigation — définie comme le rapport entre l'eau effectivement transpirée par la culture et l'eau apportée à l'entrée de la parcelle — se situe généralement entre **50 et 65 % pour les systèmes par aspersion**.

Cette efficience pourrait être améliorée de manière significative selon deux leviers complémentaires. D'une part, le changement de système, notamment le passage de l'aspersion au goutte-à-goutte, permettrait un gain de 15 à 25 %. D'autre part, **l'optimisation du pilotage de l'irrigation** pourrait engendrer une amélioration supplémentaire de 10 à 40 %. Les gains en eau ne reposent pas donc uniquement sur la modernisation des infrastructures (réduction de l'hétérogénéité de distribution, des pertes par dérive et évaporation, ainsi que de l'évaporation du sol), mais également **sur une conduite adaptée de l'irrigation**, levier présenté à la suite, après avoir remis en perspectives la course à la technologie.

## Les limites de la technologie – retours d'expérience des pays du sud

Les analyses issues des travaux de la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) invitent à nuancer fortement l'idée selon laquelle les innovations technologiques constituent, à elles seules, une réponse efficace aux enjeux d'économie d'eau en irrigation (Perry et al. 2017). À travers plusieurs retours d'expérience des pays du sud, en passant de l'Espagne au Maroc et Pakistan..., ces travaux montrent que **la recherche systématique de performance technique peut parfois masquer des effets contre-productifs à plus grande échelle**.

Un premier point essentiel réside dans la **distinction entre les économies réalisées à l'échelle de la parcelle et celles observées à l'échelle d'un territoire ou d'un bassin versan**t. Si les technologies modernes améliorent indéniablement **l'efficience locale** en réduisant les pertes lors de l'application de l'eau, elles modifient aussi le devenir de cette eau. Une part plus importante est alors consommée par les cultures via l'évapotranspiration, au détriment des flux de retour vers les nappes ou les cours d'eau. Ainsi, ce qui était perçu comme une « perte » à l'échelle de l'exploitation peut en réalité constituer une ressource pour d'autres usages ou pour le fonctionnement des écosystèmes.

Par ailleurs, en rendant l'irrigation plus efficace et souvent plus rentable, les technologies incitent à une **intensification des usages**. Cela peut se traduire par une extension des surfaces irriguées, une transition vers des cultures à plus forte valeur ajoutée mais aussi plus consommatrices en eau, ou encore une augmentation de la biomasse produite, qui s'accompagne mécaniquement d'une hausse de la transpiration des plantes.

De plus, les fondements agronomiques rappellent l'existence d'un lien étroit entre production végétale et consommation d'eau : pour la plupart des grandes cultures, la biomasse produite est directement corrélée à l'eau transpirée. Chercher à maximiser les rendements à l'aide de technologies performantes conduit donc, dans la majorité des cas, à augmenter la consommation totale d'eau. Les observations montrent d'ailleurs que la productivité de l'eau (rendement par unité d'eau consommée) évolue peu malgré les progrès techniques (Perry et al. 2017).

Dans ce contexte, cette étude souligne que la technologie ne peut constituer un levier de sobriété que si elle s'inscrit dans un cadre de régulation strict. Sans limitation des prélèvements ou définition de quotas, les gains d'efficience risquent d'alimenter une augmentation globale de la demande. Certains exemples, comme celui de l'Espagne, illustrent que des investissements massifs dans la modernisation des systèmes d'irrigation n'ont pas nécessairement permis de réduire les consommations à l'échelle des bassins, et ont parfois contribué à leur augmentation.

Ainsi, loin de rejeter les apports de la technologie, ces analyses invitent à en repenser le rôle. Si elle permet des gains réels en termes de performance technique, de réduction des coûts ou d'amélioration des rendements, elle ne garantit pas, en elle-même, une économie d'eau. La sobriété hydrique repose tout autant, sinon davantage, sur les modalités de gestion, les choix agronomiques et les cadres de gouvernance de la ressource. Autrement dit, sans régulation et sans évolution des pratiques, la technologie risque davantage d'accompagner une intensification des usages que de répondre aux enjeux de préservation de l'eau.

## PILOTAGE PRECIS DE L'IRRIGATION VIA UNE OAD

Le **pilotage de l'irrigation constitue un levier essentiel** pour limiter ces pertes en apportant la juste quantité d'eau au bon moment. Le choix des dates, des horaires et des doses d'apport conditionne directement les pertes d'eau. Une irrigation mal ajustée peut entraîner des pertes par évaporation et dérive, notamment en conditions de fort rayonnement ou de vent, mais aussi par ruissellement lorsque l'intensité d'application dépasse la capacité d'infiltration du sol. À cela s'ajoutent des pertes par drainage profond, ainsi que par l'eau restant dans la zone racinaire après la récolte, considérée comme perdue à l'échelle de la saison culturale. L'utilisation de capteurs, tels que les tensiomètres, les sondes capacitives ou les dendromètres, permet de suivre finement l'état hydrique du sol et des plantes. Ces outils contribuent à éviter la sur-irrigation et peuvent générer des économies d'eau significatives, de l'ordre **de 20 % à plus de 60 %** par rapport à une gestion basée uniquement sur l'évapotranspiration maximale (C. Wittling 2024).

Le choix des plages horaires d'irrigation est également déterminant. Il est recommandé d'éviter les périodes les plus chaudes de la journée, notamment entre 11 h et 15 h, ainsi que les phases de vent chaud (souvent entre 12 h et 18 h), afin de limiter les pertes par évaporation et dérive.

Plus largement, le pilotage de l'irrigation repose sur l'ajustement des fréquences et des doses en fonction d'une stratégie intégrant à la fois les conditions climatiques et le statut hydrique du sol et de la plante. Cette approche peut être renforcée par l'utilisation de solutions digitales telles que les images satellitaires, les drones ou les stations agro-météorologiques connectées. Ces outils permettent d'affiner la gestion intra-parcellaire et pourraient conduire à **des économies d'eau supplémentaires de l'ordre de 15 à 20 %** par rapport à une irrigation conventionnelle (C. Wittling 2024).

### Démarche territoriale : IRRINET en Italie (Émilie-Romagne)

L'outil numérique Irrinet, développé en Émilie-Romagne par le Canale Emiliano-Romagnolo (CER), constitue un exemple concret de levier de pilotage de l'irrigation visant à améliorer l'efficience de l'usage de l'eau. Intégré aux mesures agroenvironnementales et climatiques (MAEC) en complément des engagements en production intégrée ou en agriculture biologique, cet outil d'aide à la décision repose sur un bilan hydrique permettant de déterminer précisément les besoins en irrigation (dates, doses et arrêt des apports). Accessible via ordinateur et par alertes SMS, il facilite son utilisation directement sur le terrain. L'utilisation d'Irrinet impose aux agriculteurs bénéficiaires de renseigner un ensemble de données (pluviométrie, pratiques d'irrigation, caractéristiques des parcelles), favorisant ainsi un suivi rigoureux des apports.

D'après l'étude financée par les programmes 215 du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation et 113 du ministère de la Transition Écologique et Solidaire menée par Oréade-Brèche, les résultats observés montrent des économies d'eau significatives, **de l'ordre de 20 % en moyenne (environ 500 m³/ha),** ainsi qu'une amélioration des pratiques, notamment dans la prise en compte des précipitations et le pilotage des périodes d'irrigation (Menet et al. 2018).

Cependant, malgré ces performances techniques et environnementales, la diffusion de l'outil via les MAEC reste limitée. Le faible niveau des aides financières (15 à 20 €/ha), jugé peu incitatif au regard des contraintes administratives, constitue un premier frein. À cela s'ajoute un contexte où l'eau est souvent facturée au forfait plutôt qu'au volume, réduisant l'intérêt direct des économies réalisées. Des réticences existent également chez certains agriculteurs, qui craignent une utilisation de leurs données pour restreindre leurs quotas d'eau (Menet et al. 2018).

Ainsi, le cas Irrinet met en évidence que, si les outils numériques peuvent contribuer efficacement à une meilleure gestion de l'irrigation, leur adoption dépend largement de facteurs institutionnels, économiques et sociaux. Leur succès repose non seulement sur leur performance technique, mais aussi sur des dispositifs d'accompagnement adaptés, des incitations cohérentes et un cadre de gestion de la ressource qui valorise réellement les économies d'eau.

# AMELIORATION DES SYSTEMES AGRICOLES

Les travaux de Leenhardt et. al (2025) présentent le terme **d'irrigation multiservice** avec en toile de fond l'adoption des **systèmes agroécologiques** pour répondre aux défis de réduire ou optimiser l'eau d'irrigation. En effet, l'approche agroécologique transforme le sol en un réservoir plus performant et adapte la plante à son milieu. L'agroécologie encourage une vision systémique où l'irrigation ne sert pas qu'au rendement.

## LES DIFFERENTS LEVIERS

### Leviers d'évitements

Les pratiques d'évitements visent généralement à agir sur la qualité physique, chimique et biologique du sol ainsi que la physiologie de la plante afin d'influencer la perméabilité du sol, l'évapotranspiration et l'accès au réservoir utilisable.

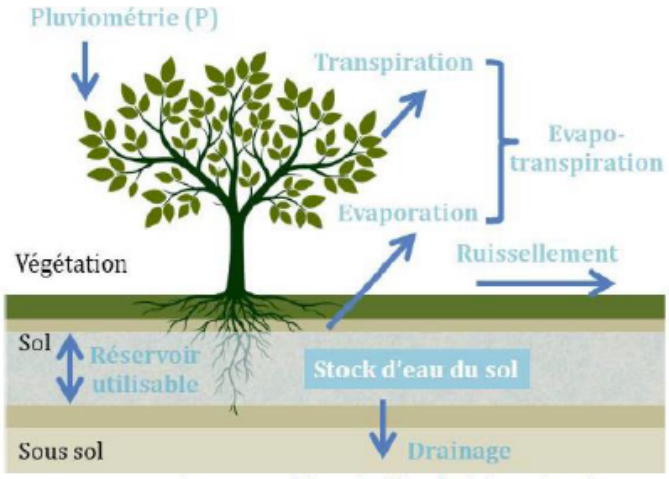


*Figure 8. Bilan hydrique (source : Zeggoud 2020)*

L'augmentation de la matière organique et la réduction du travail du sol permettent d'améliorer la **réserve utile (RU)** en eau, en augmentant la capacité de rétention et en favorisant une meilleure infiltration. L'**agriculture de conservation des sols (ACS)**, fondée sur le non-labour et la couverture permanente des sols (mulch), limite le ruissellement et réduit l'évaporation ; en maraîchage, elle peut entraîner une baisse des besoins en eau de 27 à 44 % (Leenhardt et Wittling 2024). L'**agroforesterie** et les haies créent un microclimat favorable en réduisant le vent et la transpiration des cultures. Les aménagements physiques (terrasses, cultures en courbes de niveau) permettent de mieux capter et stocker l'eau de pluie dans le sol. Enfin, certaines pratiques mobilisent des **services écosystémiques**, comme l'usage de l'irrigation pour favoriser l'implantation de couverts végétaux ou réguler le climat sous abri.

### Leviers d'esquive

Les **leviers d'esquive** reposent sur l'adaptation du calendrier cultural afin d'éviter les périodes de stress hydrique. Le **décalage des dates de semis ou le choix de variétés précoces** permettent d'éviter que les stades sensibles (comme la floraison) ne coïncident avec les périodes de sécheresse. Ces pratiques sont relativement simples à mettre en œuvre et répondent aussi à l'augmentation des températures. Elles peuvent s'appliquer à différentes cultures (par exemple le blé) mais aussi aux systèmes d'élevage, en ajustant les périodes de production (comme les vêlages) à la disponibilité en ressources fourragères.

### Leviers de tolérance

Les **leviers de tolérance** visent à renforcer la capacité des systèmes agricoles à supporter le manque d'eau. Cela passe par le choix d'espèces ou de variétés plus résistantes à la sécheresse, notamment celles à enracinement profond ou les plantes en C4 (comme le maïs ou le sorgho), plus efficaces dans l'utilisation de l'eau. La diversification des systèmes joue également un rôle clé : allongement des rotations, diversification de l'assolement, associations de cultures (céréales-légumineuses) ou mélanges variétaux. Cette stratégie permet de répartir les risques et de réduire globalement la consommation en eau, mais elle suppose aussi une adaptation des filières et des débouchés.

## LES DEMARCHES TERRITORIALES

### Roumanie

Le cas d'étude de la Roumanie porte sur une mesure agroenvironnementale et climatique (MAEC) intitulée « Adaptation au changement climatique », intégrée au Programme de Développement Rural (PDR) 2014-2020. Ce dispositif se distingue par son approche expérimentale visant à modifier les pratiques culturales plutôt que le simple assolement.

*Contexte et objectifs*

Le sud et le sud-est de la Roumanie font face à une augmentation des périodes de sécheresse et à une baisse des précipitations. L'irrigation y est peu développée car les systèmes hérités de l'époque communiste sont dégradés et les exploitations sont très fragmentées. L'objectif de la MAEC était de :

- Réduire la vulnérabilité des cultures au changement climatique.
- Favoriser la conservation de l'eau dans le sol et la séquestration du carbone.
- Toucher les petits exploitants (moins de 10 hectares) qui n'ont pas les moyens financiers d'investir dans du matériel d'irrigation moderne.

*Mesures techniques proposées*

Les agriculteurs engagés devaient respecter un cahier des charges complexe combinant plusieurs leviers :

- Semer simultanément, dans des proportions égales, des variétés de cultures (maïs, sorgho, tournesol ou soja) ayant des indices de précocité différents (précoce/tardif) pour éviter que les stades sensibles (floraison) ne coïncident avec des pics de chaleur.
- Pratiquer une rotation sur deux ans incluant au moins trois des quatre cultures éligibles.
- Pratiquer un travail minimum du sol excluant le labour (non-labour) et utiliser exclusivement des engrais organiques.
- Obtenir un certificat attestant du suivi d'une formation spécifique sur ces pratiques.

*Résultats et bilan*

Le dispositif a été un échec avec zéro souscription enregistrée depuis son lancement en 2015. L'ampleur du changement de pratiques et les économies d'eau sont par conséquent nulles. Plusieurs facteurs expliquent l'absence d'adhésion des agriculteurs roumains :

- Le risque technique lié au non-labour : L'interdiction du labour a été le frein majeur. Les agriculteurs ont estimé que cette pratique, qu'ils ne maîtrisent pas, impacterait trop négativement les rendements de cultures majeures comme le maïs ou le soja.
- Manque d'accompagnement : Aucune formation n'a pu être délivrée car il n'existait pas d'organismes compétents en Roumanie pour enseigner ces méthodes innovantes. De plus, la mesure a manqué de communication et de promotion sur le terrain.
- Faiblesse de l'incitation financière : L'aide de 125 €/ha a été jugée insuffisante au regard de la complexité des changements demandés et du risque de perte de revenus.

- Élaboration descendante (Top-down) : La mesure a été conçue sans concertation avec les agriculteurs, ce qui a mené à une mauvaise identification de leurs contraintes et de leur attachement aux pratiques traditionnelles.

En résumé, bien que pionnière dans sa volonté de promouvoir l'agriculture de conservation pour gérer le manque d'eau, la mesure roumaine s'est heurtée à une complexité excessive et à une absence totale de sécurisation technique pour les agriculteurs.

### Chypre et la pommes de terre

Chypre, deux mesures agroenvironnementales (MAE) ont été mises en œuvre pour faire face à un contexte de pénurie d'eau chronique où les ressources dépendent uniquement des précipitations et des retenues de barrages. La gestion de l'eau y est stricte, avec des quotas annuels et une tarification volumétrique basée sur des compteurs. Voici le développement des deux cas d'étude contrastés :

*Contexte et objectifs*

Cette mesure MAE, initiée sur la période 2007-2013 et reconduite en 2014-2020, visait à rompre la monoculture de pommes de terre, très exigeante en eau (~4 000 $m^3$/ha). L'objectif était de réduire l'usage de pesticides et d'engrais tout en améliorant la fertilité des sols et la gestion de l'eau.

*Mesures techniques proposées*

Les agriculteurs devaient pratiquer une rotation triennale : une année de pomme de terre, suivie d'une culture annuelle (hors Solanacées) et d'une année de jachère ou culture intermédiaire.

*Résultats et bilan*

Le dispositif a connu un fort succès (environ 5 500 hectares souscrits en 2010-2011). Ce succès s'explique par une convergence d'intérêts : la rotation permettait de lutter contre les nématodes (crise sanitaire) et de produire du fourrage local (légumineuses) pour répondre à la hausse des prix de l'alimentation animale importée.

Bien qu'une baisse des prélèvements ait été observée dans la région, l'économie d'eau directement liée à la MAE est jugée faible. La réduction globale de la consommation est davantage attribuée à la généralisation des compteurs, au contrôle des puits illégaux et à la salinisation des nappes qui empêche certains prélèvements.

### Chypre et les agrumes

*Contexte et objectifs*

Lancée sur la période 2014-2020, cette mesure visait à protéger les aquifères en remplaçant des cultures pérennes très gourmandes par des espèces plus sobres.

*Mesures techniques proposées*

Les agrumes (besoin moyen de 8 500 $m^3$/ha) devaient être arrachés et remplacés par de l'olivier, du caroubier ou du figuier de Barbarie. Le cahier des charges imposait un suivi de la consommation, du matériel d'irrigation efficient (goutte-à-goutte) et des plafonds stricts (ex: 4 300 $m^3$/ha pour l'olivier).

*Résultats et bilan :*

Ce dispositif a enregistré zéro souscription. Freins identifiés :

- Risque financier et différé : L'arrachage de vergers existants pour replanter de jeunes arbres représentait un investissement lourd avec un retour sur investissement différé de plusieurs années.
- Manque de maîtrise technique : Les agriculteurs manquaient de connaissances sur la conduite et les débouchés des cultures alternatives comme le caroubier ou le figuier de Barbarie.

- Conception "Top-down" : La mesure a été conçue par l'administration sans concertation avec les agrumiculteurs, ignorant leur attachement à leurs cultures et l'existence d'autres aides d'État qui soutenaient paradoxalement la production d'agrumes.

### Grèce et le coton

Substitution du coton par du blé dur et du tabac par de la féverole / avoine

*Contexte et objectifs*

L'agriculture en Grèce y représente 85 % des prélèvements totaux d'eau, entraînant une baisse des nappes souterraines et des intrusions salines.

*Mesures techniques proposées*

La MAE « Protection des zones vulnérables aux nitrates (ZVN) » visait simultanément la réduction de la fertilisation (-30 %) et de la consommation d'eau (-25 %). Les agriculteurs avaient deux options. L'Option B, choisie par 90 % des bénéficiaires, imposait l'introduction d'une culture en sec sur 20 % de la surface irriguée et une jachère permanente sur 5 %.

*Résultats et bilan :*

Les clés du succès (3 000 bénéficiaires en Thessalie) sont :

- Opportunité économique : La rentabilité du coton (culture dominante) chutait à cause de la baisse des aides couplées de la PAC. La rotation vers le blé dur est devenue attractive grâce à la présence d'usines de transformation locales (comme Barilla).
- Rôle des conseillers privés : Des consultants indépendants géraient l'intégralité du montage administratif des dossiers en échange d'une partie de la prime (environ 8-10 €/ha). Ils ont activement démarché les agriculteurs pour les inciter à souscrire.

Les résultats sont plus mitigés sur l'eau. Si le changement de pratiques a été réel (diversification vers le blé dur), l'économie d'eau est jugée faible. En l'absence de compteurs d'eau, les volumes maximums imposés par la MAE n'étaient pas contrôlés. Les agriculteurs ont continué à sur-irriguer (environ 2 000 $m^3$/ha de plus que le plafond) par peur de baisser leurs rendements.

Le cas d'étude de la Grèce est particulièrement instructif car il illustre comment des mesures incitatives peuvent réussir en termes d'adhésion massive tout en échouant à garantir des économies d'eau réelles faute de contrôles et de compteurs.

### Grèce et le tabac

*Contexte et objectifs*

La MAE « Rotation avec des cultures sèches » visait spécifiquement à soutenir les anciens producteurs de tabac après la réforme de l'OCM de 2010.

*Mesures techniques proposées*

Pour compenser la perte des aides au tabac, la mesure proposait une prime importante (600 €/ha) pour passer une part massive de la sole irriguée (65 % à 80 %) en cultures sèches comme l'avoine ou la féverole.

*Résultats et bilan :*

L'échec du dispositif s'explique par **un** risque jugé trop élevé, lié à des contraintes importantes qui remettaient en cause l'équilibre économique des exploitations, ainsi que par un calendrier inadapté, l'appel à souscription étant intervenu trop tard pour des agriculteurs déjà engagés dans d'autres systèmes de production.

## Espagne

*Objectif et contexte*

Dans la zone du Haut Guadiana, l'irrigation est responsable de la surexploitation sévère de deux aquifères (Mancha Occidental et Campo de Montiel) depuis 1987. Cette situation a été provoquée par l'augmentation massive des cultures arables intensives (maïs, betterave, luzerne) entre 1970 et 1990. La gestion était compliquée par le fait que la majorité des droits d'eau étaient privés (liés à la propriété foncière) et non des concessions publiques, limitant le pouvoir de régulation de l'État.

L'objectif principal était d'atteindre un « bon état quantitatif » en réduisant les prélèvements agricoles à 200 $Hm^3$/an, seuil correspondant au renouvellement naturel des nappes. Il fallait donc réorganiser les droits d'utilisation en transformant les droits privés en concessions publiques pour mieux contrôler la ressource.

*Mesures techniques proposées*

Le dispositif repose sur un instrument de marché plutôt que sur une aide agroenvironnementale classique :

- Rachat public de droits d'eau : L'administration a racheté des droits d'eau auprès de producteurs de cultures arables à des prix élevés, allant de 20 000 à 30 000 €/ha.
- Réattribution encadrée : Une partie des droits rachetés devait être restituée au milieu naturel (cible théorique de 70 %), tandis que le reste était **réattribué gratuitement à des viticulteurs ou des amandiers**, espèces jugées moins consommatrices.
- Plafond de consommation : Les agriculteurs bénéficiant d'une réattribution de droits ont l'obligation stricte de ne pas dépasser un volume de 700 $m^3$/ha.
- Outils d'accompagnement : Mise en place du SIAR, un service de conseil en ligne fournissant des bulletins météo et des calculs de besoins en eau en temps réel pour optimiser le pilotage.

*Résultats et bilan*

Le dispositif a entraîné une forte transformation de l'assolement, avec **un recul massif des cultures arables (maïs de 15 % à 1 %) au profit de la vigne (de 22 % à 60 %).** Cependant, son efficacité environnementale est restée faible : la majorité des droits d'eau rachetés a servi à régulariser des usages illégaux, avec très peu d'eau réellement restituée au milieu naturel. L'impact social et foncier est également limité, le dispositif ayant financé des départs à la retraite, avec une grande partie des terres laissées en friche.

Enfin, la durabilité n'est pas atteinte : la pression sur la ressource en eau demeure forte, les surfaces irriguées continuent d'augmenter et, faute de contrôles suffisants, des pratiques d'irrigation illégales persistent.

# ZOOM SUR LA BIO

Une étude récente vient de publier les données précises du RA entre bio et conventionnel pour identifier les externalités de la bio vis-à-vis de l'eau d'irrigation. Cette partie est l'occasion de passer en revue en quoi la bio mobilise ou non les leviers d'optimisation de réduction de l'eau d'irrigation.

## MATERIEL D'IRRIGATION

Les exploitations en AB utilisent plus fréquemment **la micro-irrigation** (goutte-à-goutte, micro-aspersion), qui est le mode le plus efficace car la quasi-totalité de l'eau arrive à la plante. Cette tendance s'observe dans toutes les régions et pour la plupart des types de production (OTEX), sauf pour les élevages. Cependant, pour les grandes cultures, les légumes et les bovins, cette adoption est davantage liée à la petite taille des exploitations bio qu'au mode de production lui-même ; l'AB « inclut » ici un effet de structure.

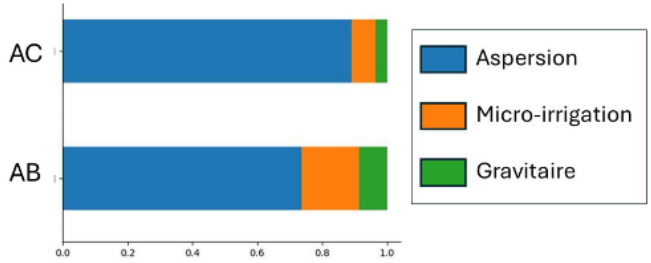


*Figure 9. Matériel d'irrigation utilisé en agriculture conventionnel et biologique (source :Traitement ITAB (Holvoet et Sautereau 2026))*

## PILOTAGE DE L'IRRIGATION

L'utilisation d'outils d'aide à la décision (OAD) pour piloter l'irrigation est globalement moins fréquente en AB que dans les exploitations conventionnelles (Holvoet et Sautereau 2026). La seule exception notable est la viticulture, où l'usage des OAD est similaire entre les deux modes. Les sources précisent que l'utilisation d'OAD n'est pas systématiquement synonyme d'une réduction des volumes d'eau, car ces outils visent l'adéquation aux besoins de la plante plutôt qu'une restriction systématique.

## LEVIERS D'EVITEMENT

Le travail du sol en AB présente des résultats contrastés :

Structure et infiltration : Grâce à des apports réguliers de matière organique et une faune du sol plus abondante, les sols en AB ont une meilleure capacité d'infiltration (+137 %) et une stabilité accrue des agrégats. Cela réduit le ruissellement de surface de 22 % en moyenne.

Travail du sol : À l'inverse, l'AB pratique plus souvent le labour pour la gestion mécanique des adventices, ce qui peut être perçu comme un levier « négatif » par rapport au semis direct ou au travail réduit du sol pratiqué en AC (souvent avec herbicides) pour préserver la porosité. Le binage, fréquent en AB, provoque un ameublissement superficiel qui limite l'évaporation par un « effet mulch ».

En parallèle, le développement en agroforesterie est bien plus développé en AB — 5 fois plus élevé — toutes OTEX confondues. Et la place des haies est bien plus élevée en AB avec 0,95 mètre linéaire par hectare en plus et pour 15 groupes de culture évalués.

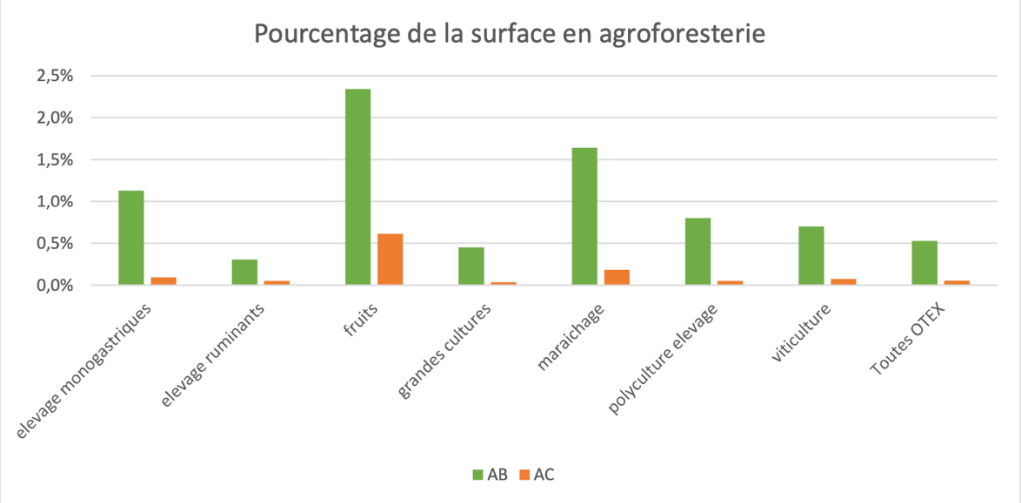


*Figure 10. Par des surfaces en agroforesterie en agriculture conventionnel et biologique (source :Traitement ITAB (Holvoet et Sautereau 2026))*

## LEVIERS DE TOLERANCE ET ESPECES CULTIVEES

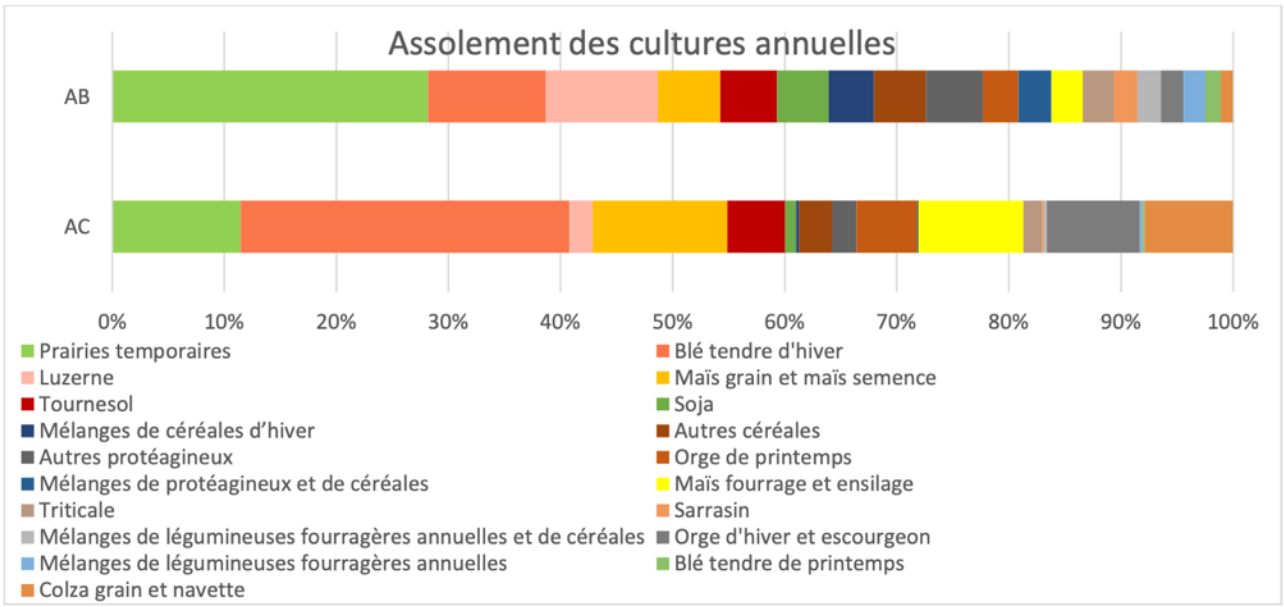


*Figure 11. Assolement de cultures annuelles en AB et AC (source : Traitement ITAB (Holvoet et Sautereau 2026))*

En première approche, l'analyse de l'assolement annuel permet d'intégrer indirectement les effets des rotations. Les données de l'Agence Bio montrent une relative stabilité de l'assolement biologique entre 2008 et 2024, avec peu de variations entre grandes catégories de cultures. La diversification est un atout majeur de l'AB :

- Rotations plus longues : Les successions culturales en AB sont significativement plus diversifiées, avec un indice de diversité temporelle (Simpson inversé) de 3,8 contre 3,0 en AC.
- Répartition du risque : Cette diversification permet de répartir le risque de sécheresse sur un plus grand nombre de cultures ayant des stades de sensibilité différents.
- Présence de prairies : Les rotations bio incluent massivement des prairies (permanentes ou temporaires), qui représentent 50 % de l'assolement AB contre 38 % en AC. Ces prairies améliorent les propriétés hydriques globales du système.

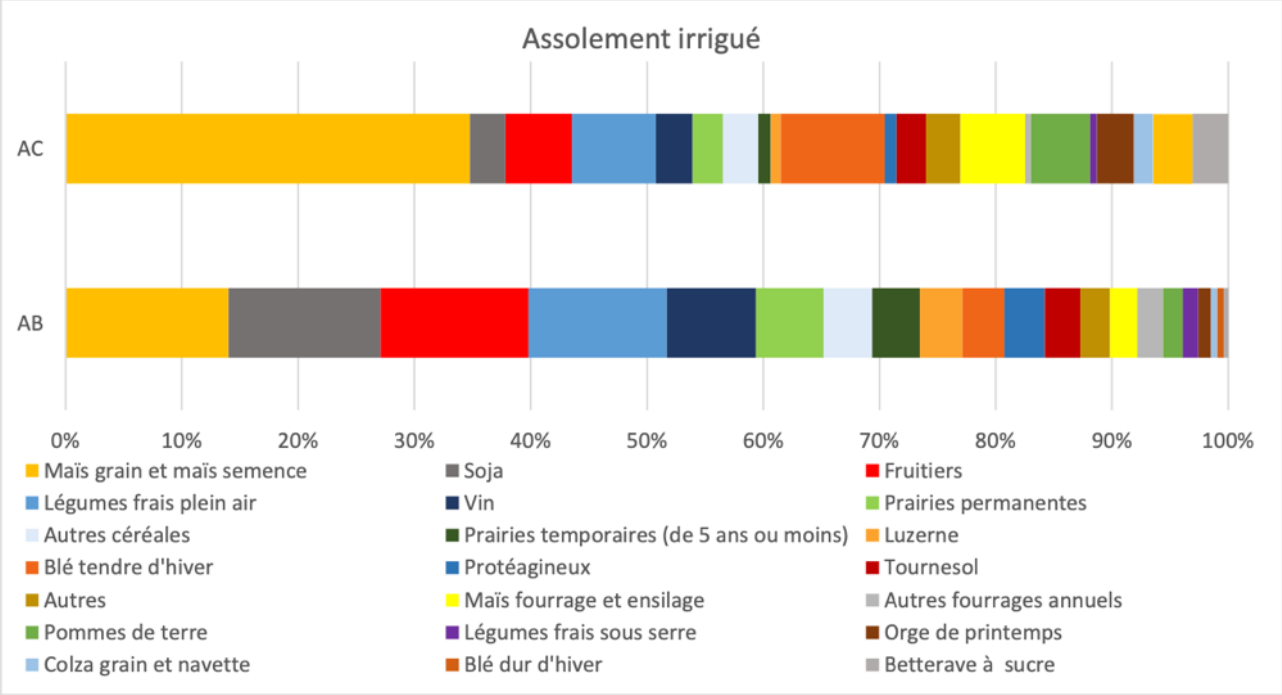


*Figure 12 Assolement de cultures annuelles e, AB et AC (source : Traitement ITAB (Holvoet et Sautereau 2026))*

En AC, 67 % des surfaces irriguées concernent le maïs (grain et fourrage), le blé tendre, les légumes, les fruitiers et la pomme de terre. En AB, les surfaces irriguées se répartissent différemment : maïs grain (seulement 14 % contre 35 % en AC), légumes, soja, fruitiers, vin et prairies permanentes. L'AB compte également beaucoup plus de légumineuses (20 % de l'assolement contre 2 % en AC).

## RESULTATS SUR LA QUANTITE D'EAU D'IRRIGATION

D'après l'étude sur les externalités de l'agriculture biologique sur le chapitre eau, les volumes d'eau d'irrigation apportés par hectare sont, pour la plupart des cultures étudiées, plus faibles en agriculture biologique (AB) qu'en agriculture conventionnelle (AC), avec des réductions allant généralement de 10 % à 33 % (Holvoet et Sautereau 2026) . Voici le détail des résultats par culture ou groupe de cultures :

### Cultures présentant une réduction significative en AB

Pour plusieurs productions, la différence est statistiquement significative en faveur de l'AB (consommation moindre) :

- Légumes : Les volumes sont inférieurs de 30 % en AB par rapport à l'AC.
- Vigne (Vin) : Une réduction de 29 % à 30 % des volumes par hectare est observée en AB.
- Fruitiers (groupe) : Globalement, les vergers en AB consomment 18 % d'eau en moins par hectare.
- Pomme de table : La réduction est particulièrement marquée avec -33 % de volume d'eau en AB.
- Maïs (grain et fourrage) : Les volumes sont souvent plus faibles en AB, mais la différence n'est significative que certaines années (par exemple en 2020 pour le maïs grain).

### Cultures sans différence significative marquée

Pour d'autres espèces, les écarts de consommation par hectare sont jugés très faibles ou non significatifs :

- Soja : Les volumes d'eau apportés sont très similaires entre les deux modes de production.

- Pomme de terre : Les résultats ne montrent pas de différence significative par hectare.
- Blé dur d'hiver : Bien que les moyennes puissent varier, aucune différence statistique nette n'est établie pour l'apport par hectare.
- Prairies permanentes : Les résultats sont hétérogènes en raison d'une grande variabilité des pratiques en AB, ne permettant pas de conclure à une différence significative.

### Facteurs explicatifs des volumes

Il est important de noter que le mode de production (AB/AC) n'est souvent pas que le facteur principal expliquant ces volumes. Les analyses montrent que :

- La région de production influence de manière beaucoup plus significative les quantités d'eau apportées que le fait d'être en bio ou en conventionnel.
- La taille de l'exploitation joue également un rôle : pour les grandes cultures, les exploitations de grande taille ont tendance à apporter des volumes plus importants, tandis que pour les légumes et les fruits, ce sont les petites structures qui appliquent des volumes plus conséquents.

# REFERENCES

Arambou, Hélène, Simon Ferrière, et Miquel Oliu-Barton. 2024. « Prélèvements et consommations d'eau : quels enjeux et usages ? » *La note d'analyse de France Stratégie* 136: 1-16.

Holvoet, Alice, et Natacha Sautereau. 2026. *Quantification des externalités de l'AB - Chapitre eau*. ITAB.

Leenhardt, Delphine, Crystele Leauthaud, Sami Bouarfa, et al. 2025. « L'irrigation et l'agroécologie peuvent-elles faire bon ménage ? Vers une irrigation multiservice. » *QUAE*.

Leenhardt, Delphine, et Claire Wittling. 2024. *L'irrigation au prisme de l'agroécologie*.

Menet, Laurence, Solenn Leplay, Elise Deniel, et Céline Nauges. 2018. *Économiser l'eau pour l'irrigation par les changements de pratiques agricoles : analyse comparée de politiques publiques et pistes d'amélioration en France*. Oréade-Brèches.

Pages, Emmanuelle, et Sandrine Parisse. 2010. « L'irrigation des surfaces agricoles : évolution entre 2010 et 2020 ». *Datalab Essentiel*. https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lirrigation-des-surfaces-agricoles-evolution-entre-2010-et-2020.

Perry, Chris, Pasquale Steduto, et Fawzi Karajeh. 2017. « Does Improved Irrigation Technology Save Water? Discussion Paper on Irrigation and Sustainable Water Resources Management in the Near East and North Africa ». *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS CAIRO*.

Scotti, Alice, et Sébastien Loubier. 2024. « Vers une augmentation structurelle de l'irrigation ? Enseignements du recensement agricole de 2020 ». *Sciences Eaux & Territoires*, n° 45 (septembre): 8246-8246. https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2024.45.8246.

Wittling, C. Serra, et Bruno Molle. 2017. *Evaluation des économies d'eau à la parcelle réalisables par la modernisation des systèmes d'irrigation*.

Wittling, Claire. 2024. « Efficience de l'irrigation à la parcelle. Quelles marges de manœuvre pour des économies d'eau ? » *Sciences Eaux & Territoires*, n° 45 (octobre): 8139. https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2024.45.8139.

Zeggoud, Amale. 2020. *La gestion quantitative de l'eau et l'agriculture biologique*.