



HAL
open science

SIMULTEAU, a collective water management tool for a large scale approach

Romain Lardy, Bernard Lacroix, Sophie Gendre, Olivier Therond, Delphine Burger-Leenhardt, Clément Murgue, Ecráh Hoba Ulrich Eza

► **To cite this version:**

Romain Lardy, Bernard Lacroix, Sophie Gendre, Olivier Therond, Delphine Burger-Leenhardt, et al.. SIMULTEAU, a collective water management tool for a large scale approach. Innovations Agronomiques, 2020, 79, pp.345-357. 10.15454/k9vq-mn67 . hal-02926240

HAL Id: hal-02926240

<https://hal.inrae.fr/hal-02926240>

Submitted on 31 Aug 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

SIMULTEAU : un outil pour la gestion collective de la ressource en eau par les Organismes Uniques

Lardy R.¹, Lacroix B.², Gendre S.², Therond O.⁵, Leenhardt D.⁴, Murgue C.³, Eza U.⁴

¹Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle

²ARVALIS – Institut du végétal, F-31450 Baziège

³Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne, F-31326 Castanet Tolosan

⁴UMR AGIR, INRAE, Université de Toulouse, F-31326 Castanet Tolosan

⁵UMR LAE, INRAE, F-68000 Colmar

Correspondance : s.gendre@arvalis.fr , delphine.burger-leenhardt@inrae.fr

Résumé

Dans le cadre de l'application de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques de 2006, les Organismes Uniques de Gestion Collective (OUGC) sont chargés d'élaborer, pour chaque périmètre élémentaire, un plan de répartition entre préleveurs irrigants d'un volume prélevable autorisé, défini par l'État à cette échelle, et les règles pour adapter cette répartition en cas de limitation ou de suspension provisoire des usages.

Le projet CASDAR SIMULTEAU (2015-2018) a visé à mettre au point avec les OUGC partenaires (des Chambres d'Agriculture), un outil d'aide à la conception et l'évaluation :

- De plans de répartition du volume prélevable.
- De protocoles de gestion collective des ressources en eau en cours de campagne permettant de réduire les risques de non-respect des débits réglementaires.

Cet outil permet de comparer différents scénarios de répartition ou de gestion et d'évaluer leurs impacts sur la ressource en eau et sur l'économie des exploitations agricoles du territoire. Il est testé sur les périmètres élémentaires Adour amont et Tarn aval. Il utilise comme moteur de simulation MAELIA (<http://maelia-platform.inra.fr/>), plateforme de modélisation et de simulation multi-agents, représentant, à des résolutions spatiales et temporelles fines (îlot de culture, journée), les interactions entre les activités agricoles, l'hydrologie des différentes ressources en eau et leur gestion (lâchers, restrictions, choix entre ressources). Elle permet d'évaluer, à l'échelle du territoire, les impacts environnementaux, économiques et sociaux des changements combinés de normes de gestion de l'eau, d'activités agricoles et de contextes globaux (dynamique d'occupation du sol, changements climatiques, ...).

Mots-clés : Approche territoriale, irrigation, gestion collective.

Abstract: SIMULTEAU, a collective water management tool for a large scale approach

As part of 2006 Water and Aquatic environment French Act, the single collective management organizations (OUGC) (of irrigation water) are in charge to define, for each watershed or elementary unit, a water quota distribution scheme to distribute a water amount available authorized, defined by public authority at this scale and rules to adapt this distribution in case of limitation or temporary suspension of water use.

The CASDAR SIMULTEAU project (2015-2018) aimed at developing with the OUGC partners (Chambers of Agriculture) a software to support to design and assess:

- Water quota distribution scheme to distribute a water amount available authorized.
- Water collective management protocols during the irrigation period to reduce risks of failure of regulatory flow rate.

This software makes it possible to compare several scenarios of distribution or management and assess their impacts on water resource and economic results of the farms of the territory. Adour river upstream and Tarn river downstream watersheds were the studied territories. The model is based on MAELIA (<http://maelia-platform.inra.fr/>), a generic multi-agent computer platform. It simulates interactions between agricultural activities, hydrology and water resources management at a fine spatial and temporal resolution assessing, at territory scale, environmental, economic and social impacts of water management norms, agricultural practices and global changes (climatic change, ...).

Keywords: Territory, irrigation, collective management.

Introduction

Garantir des productions de qualité avec des niveaux de rendement satisfaisants nécessite, pour certaines d'entre elles et dans certains contextes pédoclimatiques, de disposer de ressources en eau pour irriguer. En particulier, dans les zones de grandes cultures du Bassin Adour-Garonne, l'irrigation permet à la fois d'augmenter le nombre d'espèces cultivables (par ex. soja) et de cultiver le maïs (Brun et al., 2006), avec pour ce dernier une augmentation de rendement d'environ 30 quintaux par hectare (Teyssier, 2006).

Depuis la « Réforme des volumes prélevables », mise en place dans le cadre de l'application de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques de 2006, l'accès à la ressource en eau est plus contraint. En effet, dans les Zones de Répartition des Eaux, les pompages en rivière et en nappe ne sont plus régis par des autorisations délivrées par l'Administration à partir de demandes individuelles. Ces pompages sont désormais régis à partir de la définition, au niveau d'un périmètre élémentaire, d'un volume prélevable pour l'irrigation qui est ensuite réparti entre les irrigants par l'Organisme Unique de Gestion Collective (OUGC) de ce périmètre (Debril et Therond, 2012). Cette répartition est complexe à réaliser car elle doit répondre à un principe d'équité entre préleveurs irrigants et permettre la pérennité des exploitations irrigantes.

C'est pour aider ces OUGC dans leur mission de répartition entre préleveurs irrigants du volume prélevable autorisé que les partenaires du projet CASDAR SIMULTEAU (2015-2018), incluant des OUGC, ont développé un outil. Il permet de comparer différents scénarios de répartition et d'évaluer leurs impacts tant du point de vue de la ressource en eau que du point de vue de l'économie des exploitations agricoles du territoire. Cet outil a été testé sur deux cas concrets de périmètres élémentaires, l'Adour amont et le Tarn aval.

Cet article a pour but de présenter l'outil mis en place, composé d'une interface et d'un moteur de simulation basé sur la plate-forme MAELIA.

1. Missions et besoins des OUGC

1.1 Répartir un volume autorisé entre les irrigants d'un périmètre élémentaire

La mission commune à tous les OUGC est de proposer, après avoir interrogé les irrigants sur leurs besoins, un plan de répartition du volume autorisé entre les préleveurs irrigants. Ce plan, une fois validé par l'administration, se traduit par un arrêté préfectoral d'autorisation de prélèvement.

De nombreux critères et modalités de répartition peuvent être imaginés pour cette répartition, qui doit notamment respecter un principe d'équité. Une première solution souvent adoptée est une répartition sur la base des autorisations ou des volumes prélevés historiques à chaque point de prélèvement. Une autre option consiste à prendre en compte la surface à irriguer et des besoins de volume par hectare, qui peuvent varier selon plusieurs critères à prendre en compte et qui peuvent se combiner : le type de culture, le zonage climatique, le type de sol ou l'estimation du niveau de sa réserve utile. D'autres critères indépendants de la surface à irriguer sont aussi possibles : le type d'irrigation, de matériel d'irrigation ou d'exploitation, la vulnérabilité de l'exploitation au manque d'eau.

1.2 Définir un protocole de gestion en cours de campagne

Dans les périmètres élémentaires du bassin Adour Garonne, qui ont un régime dérogatoire de gestion par les débits (protocole d'accord Etat profession agricole signé en 2011), le volume prélevable a été calé au volume maximum historique prélevé. L'OUGC doit établir un protocole de gestion en cours de campagne pour retarder le franchissement du débit seuil d'alerte et éviter l'intervention réglementaire au titre des arrêtés-cadre sécheresse.

1.3 Evaluer différents scénarios de répartition du volume autorisé et d'accompagnement en cours de campagne

Le projet SIMULTEAU avait pour objectif de produire un outil permettant de contribuer à l'évaluation de différents scénarios de répartition du volume prélevable et d'accompagnement en cours de campagne. Il s'agit de simuler ces différents scénarios et de les évaluer dans trois domaines principaux :

- Le respect des débits d'objectifs d'étiage (DOE) ou la fréquence des défaillances.
- L'impact sur la production et les résultats économiques des exploitations agricoles du périmètre et au-delà sur les filières.
- La dimension sociale : satisfaction des besoins des irrigants, fréquence des situations de crise, ...

L'intérêt d'un simulateur est notamment de (re)jouer les scénarios de répartition et de déroulement de la campagne d'irrigation sous différentes années climatiques du passé (données climatiques observées) mais aussi sous des données climatiques du futur, fournies pour prendre en compte le changement climatique.

2. L'outil SIMULTEAU

2.1 L'interface SIMULTEAU

L'utilisation de l'outil passe par cinq grandes étapes :

- 1) Intégration des données du territoire : climats, sols, occupation du sol et assolements agricoles, données économiques, cours d'eau, retenues d'eau, points de prélèvements d'eau, ...
- 2) Affectation de quotas d'irrigation. Deux modes d'allocation ont été retenus : en volume (m³) par point de prélèvement (ce qui peut correspondre ou non à une allocation historique) ou en quotas (m³/ha à irriguer). Dans le cas des quotas en m³/ha, les critères de différenciation des quotas

proposés sont : un zonage climatique, un autre découpage territorial (exemple sous-bassins réalimentés ou non), la nature de la ressource en eau au point de prélèvement (rivière, retenue, nappe, ...), le type de sol (ou le niveau de réserve en eau du sol), le type de culture ou la culture, le système de distribution de l'eau prélevée (individuel, réseau collectif ou mixte), le type de matériel d'irrigation (Figure 1). Cette étape est répétée pour la situation de référence et pour les différents scénarios de répartition du volume prélevable.

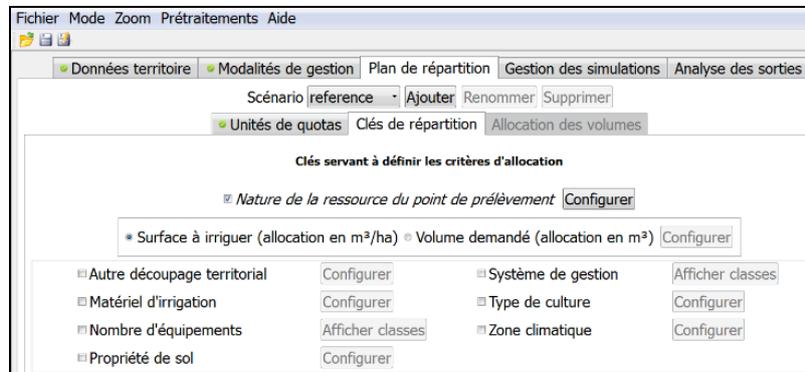


Figure 1 : Interface SIMULTEAU : clés d'allocation du volume prélevable

Une commande « auto-ajustement » permet de réajuster les quotas pour se rapprocher du volume prélevable.

3) Définition de modalités de gestion : l'interface permet de représenter les modalités de gestion du périmètre élémentaire :

- Gestion des restrictions de prélèvements d'irrigation régis par les arrêtés-cadres sécheresse : points de référence de mesure de débit, valeurs de débits seuils (DOE, débits d'alerte, débits de crise (DCR)) déclenchant les mesures de restriction, zonage administratif d'application des restrictions et secteurs géographiques d'organisation des tours d'eau.
- Règles de gestion des retenues de soutien d'étiage : volume alloué, débit de lâcher, règles de décision tenant compte du débit à soutenir et des priorités entre retenues de soutien d'étiage.

Cette rubrique permet aussi de modifier le paramétrage de cette gestion pour créer des scénarios alternatifs.

4) Définition des simulations à réaliser. L'interface permet, par exemple, de choisir les années climatiques de simulation (du passé ou du futur, simulées par des modèles du changement climatique) et d'activer tout ou partie des modules du simulateur. L'outil utilise la plateforme MAELIA comme moteur de simulation (décrit dans la section suivante).

5) Evaluation des différents scénarios de répartition du volume prélevable et / ou de gestion. Cette étape propose un certain nombre d'interfaces facilitant l'analyse des sorties de simulation, à savoir : les prélèvements d'irrigation (volume et débits de prélèvements dans le temps) à différentes échelles spatiales, les débits des cours d'eau, les niveaux de restriction, les productions et rendements ainsi que les résultats économiques (échelles exploitation et territoire).

Pour aider l'utilisateur, de nombreux graphiques, tableaux ou cartes sont accessibles via l'interface.

2.2 Le simulateur MAELIA

MAELIA (maelia-platform.inra.fr ; Figure 2) est une plateforme de modélisation et de simulation, multi-agents, permettant d'évaluer, à l'échelle du territoire, les impacts environnementaux, économiques et sociaux des changements combinés de normes de gestion de l'eau, d'activités agricoles et de

contextes globaux (dynamique d'occupation du sol, changements climatiques, ...). Elle représente, à des résolutions spatiales et temporelles fines (ilot de culture, journée), les interactions entre les activités agricoles, l'hydrologie des différentes ressources en eau et la gestion des ressources en eau (lâchers, restrictions, choix entre ressources).

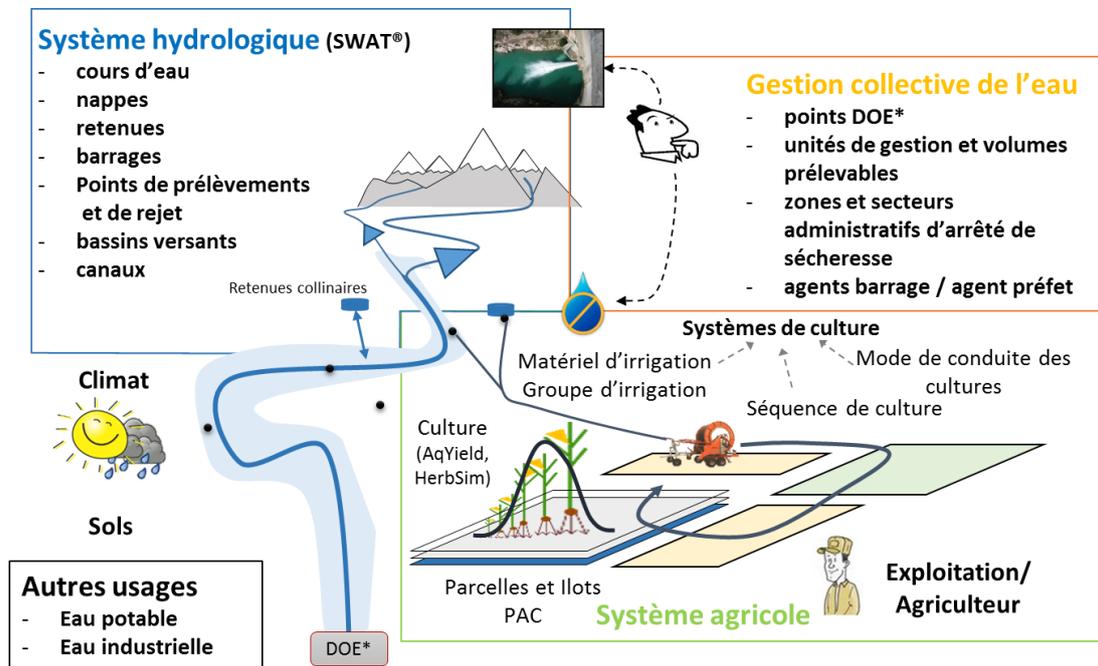


Figure 2 : Schéma conceptuel de la plateforme MAELIA

3. Deux territoires tests

L'outil SIMULTEAU a été testé sur deux périmètres élémentaires situés dans le bassin Adour-Garonne (Figure 3) : le Tarn aval et le bassin amont de l'Adour. Ils sont tous les deux classés en déséquilibre quantitatif au sens du SDAGE Adour-Garonne 2016-2021 et sont sous le régime dérogatoire de gestion par les débits. Les OUGC sont donc concernés par la répartition du volume autorisé et par la mise en place d'un protocole de gestion en cours de campagne.

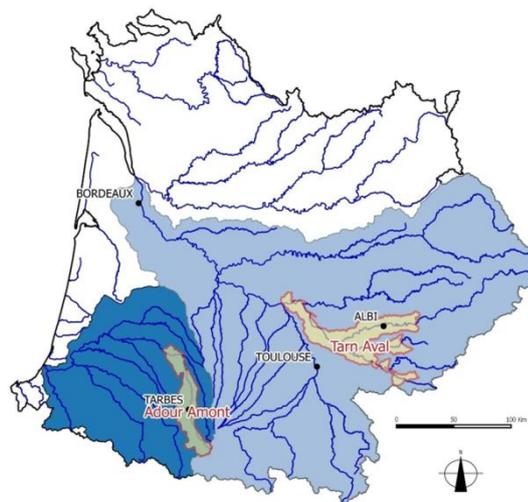


Figure 3 : Périmètres élémentaires de l'Adour amont et du Tarn aval

3.1 L'Adour amont

Le périmètre élémentaire Adour amont se situe à cheval sur trois départements : le Gers (32), les Pyrénées-Atlantiques (64) et les Hautes-Pyrénées (65). Sur ce bassin de 1 400 km², 25 600 ha environ sont irrigués avec un quota jusqu'en 2016 inclus de 2 000 m³/ha dans les Hautes-Pyrénées et de 1900 m³/ha dans le Gers. Les prélèvements s'effectuent majoritairement dans les rivières et canaux (44%) et les nappes (51%). Le secteur contient peu de retenues collinaires. Ce territoire se caractérise par de petites exploitations agricoles (~25 ha), associées à une forte proportion de doubles actifs. Le volume prélevable pour le périmètre élémentaire est de 49,9 hm³ (correspondant au volume maximum prélevé en 2003) en eaux de surface et de 1,22 hm³ en retenues déconnectées traitées séparément. On considère qu'il n'y a pas de prélèvement en nappes déconnectées. Le mode de prélèvement est très majoritairement individuel. Environ 800 ha sont irrigués par submersion. 82% des irrigants utilisent des enrouleurs. La culture majoritairement irriguée sur le territoire est le maïs mais avec une diversification actuelle se traduisant par l'augmentation des surfaces en haricots et soja. Le climat de type océanique est caractérisé par de fortes précipitations en hiver et un climat relativement chaud et humide en été.

L'Adour amont est faiblement réalimenté à partir de deux retenues de soutien d'étiage, le lac de Gréziolles (2,8 hm³) et le lac Bleu (4,7 hm³), et par la gravière de Vic (2 hm³).

3.2 Le Tarn aval

Le périmètre élémentaire Tarn aval (Figure 4) s'étend sur 2 950 km². Il concerne 4 départements : Aveyron (12), Haute-Garonne (31), Tarn (81) et Tarn-et-Garonne (82).

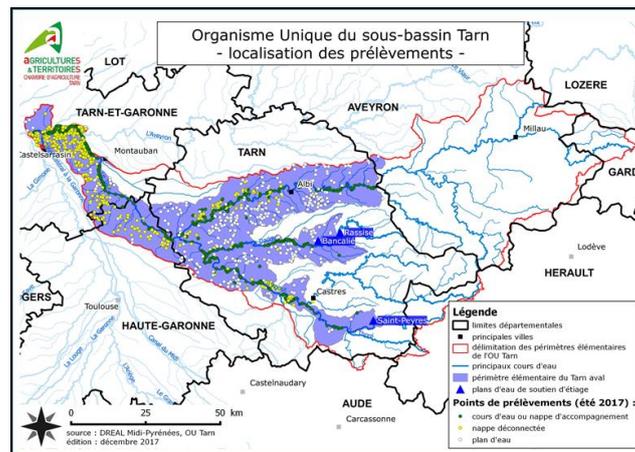


Figure 4 : Périmètre élémentaire Tarn aval

Selon l'OUJ Tarn, en 2017, on comptait 820 préleveurs, dont 22 structures collectives de type ASA d'irrigation, pouvant prélever chacun dans un ou plusieurs des 3 types de ressources suivantes :

- Cours d'eau et nappes d'accompagnement : environ 460 préleveurs pour un volume autorisé de 55,07 hm³.
- Nappes déconnectées : environ 120 préleveurs pour un volume autorisé de 3,25 hm³.
- Des plans d'eau : environ 330 préleveurs pour un volume autorisé de 15,28 hm³.

Les 22 structures collectives d'irrigation représentent environ 50% du volume autorisé.

Ce périmètre bénéficie d'un soutien d'étiage à partir du barrage des Saints-Peyres pour 20 hm³ et des barrages de Rassade et Bancalié pour 13 hm³.

Le Tarn aval présente une plus grande diversité de cultures irriguées : grandes cultures (maïs, blé, soja, tournesol) principalement, arboriculture fruitière, fourrages (luzerne et maïs fourrage), semences, etc.

La surface irriguée pour l'ensemble des cultures est d'un peu plus de 26 000 ha dont 22 000 ha depuis un cours d'eau ou une nappe.

4. Représentation des territoires

4.1 Données agricoles

Le Registre Parcellaire Graphique (RPG) disponible sur les années 2006-2014 est utilisé pour connaître la distribution spatiale des cultures, reconstruire les séquences de cultures par parcelle (Leenhardt et al., 2012) et connaître les îlots irrigables. Les données du Corine Land Cover (EEA, 2015) permettent de connaître la distribution spatiale des autres couverts (vergers, forêts, zones urbaines).

Pour simuler la dynamique des prélèvements agricoles dans les ressources en eau, il est nécessaire d'intégrer dans MAELIA des règles types de décision des agriculteurs par grand type de combinaisons de culture/sol/rotation/... Dans le cadre d'une étude INRA en soutien au projet SIMULTEAU (Leenhardt et al. 2015 ; Rizzo et al., 2019), une méthode pour déterminer ces règles de décision a été développée dans le but de limiter les coûts de mise en œuvre de l'outil et ainsi faciliter son application sur tout le territoire français. Pour cela, elle mobilise des bases de données disponibles sur la zone d'étude (RPG, cartes de sols) et l'expertise locale sur les systèmes de culture selon une procédure en 5 étapes :

1. Entretiens d'experts locaux pour recueillir des informations relatives aux cultures, aux séquences de cultures présentes et aux itinéraires techniques, en visant l'identification des indicateurs et des seuils des règles de décisions des agriculteurs. L'interaction et le recueil d'informations sont facilités par l'utilisation de cartes et supports graphiques.
2. Etablissement d'une liste de cultures simplifiée et adaptée au territoire.
3. Classification des séquences de cultures.
4. Formalisation des itinéraires techniques sous forme de règles de décision. L'ensemble des itinéraires techniques est rassemblé dans un tableau figurant (i) en ligne, les indicateurs, seuils et doses du jeu de règles de décisions, décrivant l'itinéraire technique et (ii) en colonne, le système de culture décrit par une combinaison [classe de culture] x [séquence type] x [sol] x [matériel d'irrigation].
5. Distribution spatiale des systèmes de culture : les parcelles du RPG étant caractérisées par leur sol (carte des sols), leurs cultures et séquences de cultures (RPG), leur caractère irrigué (RPG 2007-2009) et leur matériel d'irrigation (règles expertes), l'itinéraire technique est alloué à chaque îlot RPG selon la combinaison [classe de culture] x [séquence type] x [sol] x [matériel d'irrigation] qui y est observée grâce au tableau des itinéraires techniques.

A titre d'exemple, la Figure 5 représente la distribution des rotations de référence définies pour le Tarn aval.

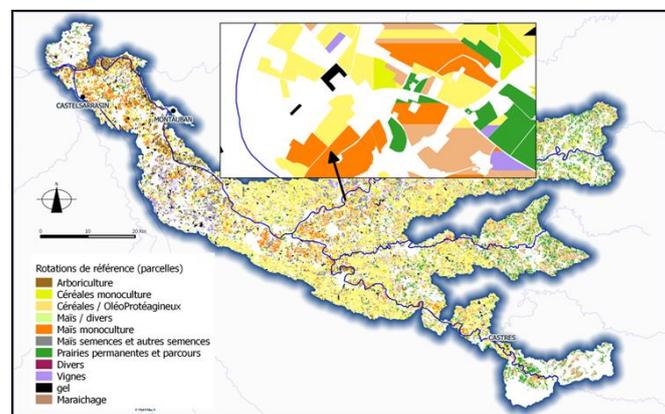


Figure 5 : Carte d'affectation de rotations de référence aux parcelles du Tarn aval

4.2 Données de sols

Les données de sols utilisées sont celles issues de la cartographie au 1/1 000 000 de la base de données géographiques des sols de France (BDGSF®) sur laquelle des fonctions de pédotransfert, développées par l'unité InfoSol de l'INRAE Orléans, ont été appliquées pour estimer les variables manquantes nécessaires à MAELIA. Selon les possibilités d'accès, le recours au Référentiel Régional Pédologique (RRP 1/250 000) est une perspective. Le recours à l'expertise locale permet d'affiner encore la cartographie des sols.

4.3 Données climatiques

Pour affecter des données météorologiques à tout point du territoire, on recourt à l'utilisation de données interpolées en points de grille. Deux types de données spatialisées sont potentiellement utilisables : (i) les données SAFRAN produites par Météo-France sur une grille de 8 km x 8 km (Vidal et al., 2010), et (ii) les données des stations Météo-France et Arvalis traitées par l'outil ClimBox d'Arvalis (grille de 2 km x 2 km). L'utilisation du climat spatialisé par ClimBox semble une meilleure alternative que l'utilisation de SAFRAN pour simuler l'irrigation avec notre modèle, sur les zones bien couvertes par les stations météo dont les données sont utilisées par Arvalis (Lardy 2016). Ce qui n'est pas le cas des zones de montagne (altitude > 800 m).

4.4 Données hydrologiques

La BD CARTHAGE® fournit l'information sur les tracés des cours d'eau, des nappes et des canaux. Les bassins versants élémentaires sont issus d'un traitement SIG à partir du Modèle Numérique de Terrain 25 m (MNT BD ALTI®) de l'IGN. Cette dernière information est également enrichie par les données locales fournies par l'organisme unique. L'information sur les retenues collinaires est issue de la BD TOPO® enrichie des données fournies par les directions départementales des territoires (DDT) et complétée par un traitement SIG pour estimer les données manquantes. Des travaux de recensement complémentaires de ces retenues sont en cours.

4.5 Données gestion de l'eau

L'information des points de prélèvement (localisation, ressource associée, autorisation historique de prélèvement ...) est issue de la base de données interne de l'organisme unique. Un algorithme utilisant des critères de proximité spatiale permet de reconstruire le lien entre points de prélèvement et îlots irrigables.

Les règles de décision des restrictions et les zonages associés sont fournis par l'organisme unique et la DDT. Pour l'Adour amont, leur modélisation a demandé des traitements géomatiques complexes et la révision des formalismes initialement présents dans MAELIA. Pour ce même périmètre, l'information sur la gestion des canaux (dynamique de prélèvement ou de rejet entre le canal et le cours d'eau) a également été fournie par l'organisme unique. Une simplification de la représentation du fonctionnement des canaux a été nécessaire.

5. Interfaces de sortie

Les interfaces de sortie permettent de nombreuses représentations graphiques, et d'exporter des tableaux de données à différents niveaux d'échelle de temps et d'espace. Elles permettent l'évaluation du modèle par expertise ou / et la comparaison à des données observées, puis de comparer différents

scénarios de répartition du volume autorisé ou différents protocoles de gestion entre eux. Elles permettent notamment de regarder :

- Les débits des cours d'eau aux points nodaux : comparaison des débits simulés aux chroniques de débit observées ou entre scénarios et comparaison au DOE
- Les fréquences de franchissement des seuils de débit
- Le nombre de jours de restriction de différents niveaux
- Les prélèvements d'irrigation : dynamique et volumes prélevés annuels
- Les rendements et production des cultures sur le territoire
- Les résultats économiques : marges brutes par espèce, marges semi-nettes.

Les Figures 6 à 10 illustrent quelques exemples de sorties.

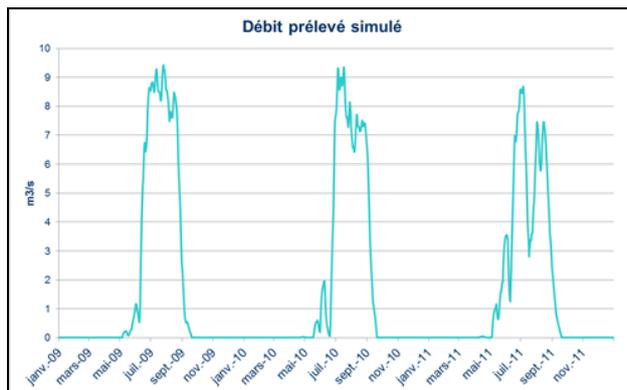


Figure 6 : Exemple de sortie graphique sur les débits prélevés pour l'irrigation sur le territoire de 2009 à 2011

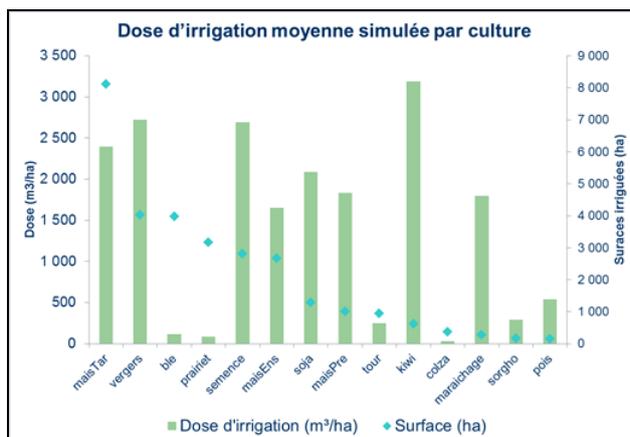


Figure 7 : Exemple de sortie graphique sur les doses d'irrigation par type de culture, avec une information complémentaire sur les surfaces irriguées

*prairiet : prairie temporaire

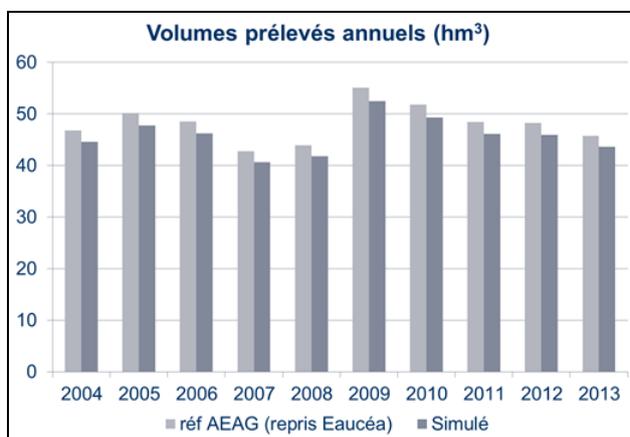


Figure 8 : Exemple de sortie graphique sur les volumes prélevés annuels simulés comparés aux volumes déclarés à l'Agence de l'Eau Adour Garonne

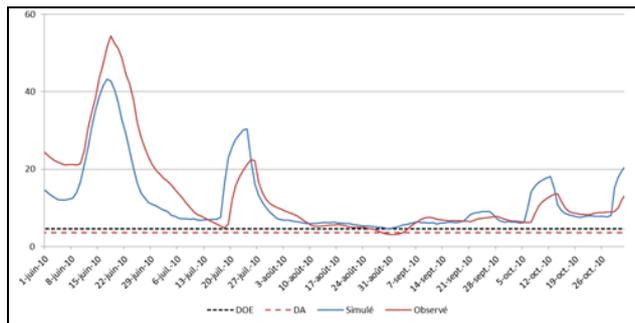


Figure 9 : Exemple de sortie graphique sur les débits simulés et observés Aire sur Adour

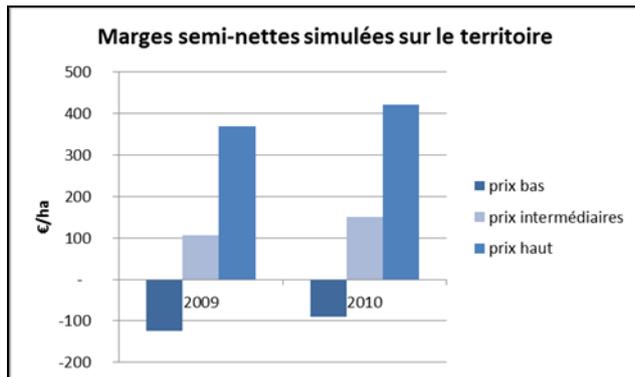


Figure 10 : Exemple de sortie graphique pour les marges semi-nettes selon 3 scénarios de prix de vente des productions

6. Scénarios

6.1 Adour amont

L'OUGC souhaitait utiliser SIMULTEAU pour simuler et évaluer différents scénarios :

- Uniformisation des quotas par hectare à l'échelle du périmètre élémentaire en tenant compte du type de ressource (nappe d'accompagnement / eaux de surface).
- Prise en compte des différences climatiques et de sol au sein du périmètre pour différencier 5 classes de quotas qui pourraient varier de 1500 à 2500 m³/ha.
- Prise en compte du système de culture pour différencier les quotas.
- Simulation de certains éléments du protocole de gestion dont l'arrêt de l'irrigation par submersion.
- Effets du changement climatique futur.

6.2 Tarn aval

L'OUGC souhaitait notamment tester différents modes d'allocation avec des quotas différenciés selon, par exemple le sol et un zonage climatique, et voir l'incidence d'une variation du volume prélevable.

7. Limites de l'outil

Les simulations de différents scénarios sur les territoires tests en fin de projet ont révélé des problèmes sur des fonctionnalités centrales de l'outil : allocation de quotas, gestion du soutien d'étiage, restriction des prélèvements.

Le diagnostic des limites des fonctionnalités de l'outil a été établi et a fait l'objet d'un rapport dédié (Murgue 2018, document interne projet).

Nous présentons ici un tableau extrait de ce document résumant l'essentiel de ce diagnostic.

Tableau 1 : Récapitulatif de l'état de fonctionnement de SIMULTEAU en avril 2018.

Thématiques à traiter	Fonctionnalités recherchées	
	Concevoir un scénario	Evaluer par simulation
Allocation de quota	<p>Fonctionnel : Possibilité d'utiliser des critères d'allocation divers, dont spatiaux ; Répartition des volumes entre points de prélèvement via les surfaces irrigables qui leur sont rattachées.</p> <p>Limites : Le module d'allocation proposé par l'interface SIMULTEAU aboutit à des incohérences entre les surfaces à irriguer et les volumes disponibles.</p>	<p>Non fonctionnel : Le simulateur ne rend pas compte de l'adaptation (stratégique ou tactique) des irrigants aux volumes autorisés. Actuellement le simulateur n'anticipe pas la consommation du quota et donc l'agriculteur irrigue normalement et s'arrête quand il n'y a plus de quota.</p>
Gestion du soutien d'étiage (SE)	<p>Fonctionnel : Possibilité d'ajouter/supprimer des stocks de volumes dédiés au soutien d'étiage (caractéristiques des barrages).</p> <p>Limite : Les règles de gestion des barrages sont peu paramétrables (ex. le seuil de débit de gestion se base sur le DOE paramétré et n'est modulable)</p>	<p>Fonctionnel : Le simulateur rend compte de périodes de soutien d'étiage et de l'effet sur l'hydrologie et la disponibilité de la ressource.</p>
Restrictions des prélèvements	<p>Fonctionnel : Possibilité de définir des zonages, des seuils, des « tours d'eau » et des intensités de restriction par type d'équipement et type de ressource.</p> <p>Limite : Pas d'interface pour dessiner les contours des zonages dans l'outil. A faire avec un logiciel SIG externe</p>	<p>Fonctionnel : Le simulateur rend compte de jours de restrictions cohérents avec le paramétrage.</p> <p>Limite : Pas suffisamment testé pour confirmer.</p>

Conclusion et perspectives

L'utilisation de SIMULTEAU requiert l'intégration d'un grand nombre de données et de paramètres. L'interface SIMULTEAU facilite cette intégration. Celle-ci devrait être encore facilitée par le développement d'un système d'information MAELIA déjà développé sur le bassin Adour Garonne, hébergé par l'INRAE et étendu progressivement au territoire national. Malgré les limitations identifiées, l'outil SIMULTEAU est un outil permettant de tester différents plans d'allocation des volumes prélevables.

La télédétection avec les nouveaux satellites Sentinel 1 et 2 à haute résolution spatiale et temporelle apportera une aide importante pour la cartographie des cultures et des cultures irriguées pour compléter l'information provenant du RPG (Lienhard O., 2016).

L'accès aux bases de données sols des Référentiels Régionaux Pédologiques au 1/250 000 permettra une amélioration notable de la précision des données sols. Une thèse sur la modélisation des quotas et des comportements associés va être conduite au sein de l'UMR G-EAU.

Malgré les limitations précédemment explicitées, l'outil SIMULTEAU est un outil permettant de tester différents plans d'allocation des volumes prélevables.

Références bibliographiques

Brun A., Lassere F., Bureau J.C., 2006. Mise en perspective comparée du développement de l'irrigation aux Etats-Unis et en France. *Géocarrefour*, 81, 2-17.

Debril T., Therond O., 2012. Les difficultés associées à la gestion quantitative de l'eau et à la mise en œuvre de la réforme des volumes prélevables : le cas du bassin Adour-Garonne. *Agronomie Environnement et Société*, 2, 127-138. http://www.agronomie.asso.fr/fileadmin/user_upload/Revue_AES/AES_vol2_n2_dec2012/AES_vol2_n2_10_Debril_Therond.pdf

EEA European Environment Agency, 2015. CLC 2012 v.18.4. In: Copernic. Land Monit. Serv. <http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012/view>. Accessed 12 Feb 2016

Lardy R., 2016. Evaluation de l'utilisation de CLIMBOX pour les simulations MAELIA. Document ARVALIS non publié

Leenhardt D., Therond O., Mignolet C., 2012. Quelle représentation des systèmes de culture pour la gestion de l'eau sur un grand territoire ? *Agron Environ Sociétés* 2, 77–89.

Leenhardt D., Rizzo D., Therond O., 2015. Modélisation des éléments clefs d'un territoire irrigué. Rapport final étude INRA - ONEMA avec la contribution d'ARVALIS et de la CACG.

Lienhard O., 2016. Cartographie des surfaces irriguées à partir d'images Sentinel 1 et 2, rapport de stage 5ième années Elève Ingénieur ENSEIHT, Toulouse, 46p (CESBIO).

Rizzo D., Therond O., Lardy R., Murgue C., Leenhardt D., 2019. A rapid spatially explicit approach to describe cropping systems dynamics at the regional scale. *Agricultural Systems* 173, 491-503.

Teyssier F., 2006. Les consommations d'eau pour l'irrigation en Midi-Pyrénées. Surfaces irriguées et volumes d'eau consommés. Rapport avec le climat, la PAC, les ressources sur la période 2001-2005. Rapport DRAF Midi-Pyrénées, 42 p.

Vidal J.-P., Martin E., Franchistéguy L., et al., 2010. A 50-year high-resolution atmospheric reanalysis over France with the Safran system. *Int. J. Climatol.* 30, 1627–1644. <https://doi.org/10.1002/joc.2003>

• Références bibliographiques ayant permis le développement de MAELIA

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., others, 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO Rome 300, D05109.

Bubnová R., Hello G., Bénard P., Geleyn J.-F., 1995. Integration of the Fully Elastic Equations Cast in the Hydrostatic Pressure Terrain-Following Coordinate in the Framework of the ARPEGE/Aladin NWP System. *Mon. Weather Rev.* 123, 515–535. doi:10.1175/1520-0493(1995)123<0515:IOTFEE>2.0.CO;2

Déqué M., 2007. Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: Model results and statistical correction according to observed values. *Glob. Planet. Change* 57, 16–26. doi:10.1016/j.gloplacha.2006.11.030

Guo D., Westra S., Maier H.R., 2016. An R package for modelling actual, potential and reference evapotranspiration. *Environ. Model. Softw.* 78, 216–224. doi:10.1016/j.envsoft.2015.12.019

Murgue C., 2014. Quelles distributions spatiales des systèmes de culture pour limiter l'occurrence des crises de gestion quantitative de l'eau? Une démarche de conception évaluation sur le territoire irrigué de l'Aveyron aval. PhD Thesis, Université de Toulouse (FR)

Murgue C., Therond O., Leenhardt D., 2015. Toward integrated water and agricultural land management: Participatory design of agricultural landscapes. *Land Use Policy* 45:52–63. doi: 10.1016/j.landusepol.2015.01.011

Murgue C., Therond O., Leenhardt D., 2016. Hybridizing local and generic information to model cropping system spatial distribution in an agricultural landscape. *Land Use Policy* 54:339–354. doi: 10.1016/j.landusepol.2016.02.020

Oliosio A., Huard F., Guillioni L., 2010. Prise en compte des effets du CO2 sur le calcul de l'évapotranspiration de référence. In: *Climator 2010*. 2010-06-17/2010-06-18, Versailles, FRA.

Presented at the Actes du colloque Climator. Présentation des méthodes et des résultats du projet Climator, INRA Versailles, pp. 66–67.

Therond O., Sibertin-Blanc C., Lardy R., et al., 2014. Integrated modelling of social-ecological systems: The MAELIA high-resolution multi-agent platform to deal with water scarcity problems.

Thérond O., Sibertin-Blanc C., Lardy R., Gaudou B., Balestrat M., et al., Integrated modelling of social-ecological systems: The MAELIA high-resolution multi-agent platform to deal with water scarcity problems. 7th International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs 2014), Jun 2014, San Diego, California, United States. pp. 1. hal-01360865

Wise M., Calvin K., Thomson A., Clarke L., Bond-Lamberty B., Sands R., Smith S.J., Janetos A., Edmonds J., 2009. Implications of Limiting CO₂ Concentrations for Land Use and Energy. *Science* 324, 1183–1186. doi:10.1126/science.1168475

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « *Innovations Agronomiques* », la date de sa publication, et son URL ou DOI).