



HAL
open science

SIMULTEAU : un outil pour la gestion collective de la ressource en eau par les organismes uniques

Bernard Lacroix, Romain Lardy, Clément Murgue, Ecrah Hoba Ulrich Eza,
Delphine Burger-Leenhardt

► To cite this version:

Bernard Lacroix, Romain Lardy, Clément Murgue, Ecrah Hoba Ulrich Eza, Delphine Burger-Leenhardt. SIMULTEAU : un outil pour la gestion collective de la ressource en eau par les organismes uniques. Phloème - Premières biennales de l'innovation céréalière, Jan 2018, Paris, France. 450 p. hal-02736150

HAL Id: hal-02736150

<https://hal.inrae.fr/hal-02736150>

Submitted on 2 Jun 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.

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

B. LACROIX (1), R. LARDY (1, 3), C. MURGUE (2), U. EZA (3), D. LEENHARDT (3)

(1) ARVALIS – Institut du végétal, 31450 Baziège, France

(2) Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne, 31326, Castanet Tolosan, France

(3) UMR AGIR, INRA, Université de Toulouse, 31326, Castanet Tolosan, France

b.lacroix@arvalis.fr, c.murque@cacq.fr, delphine.burqer-leenhardt@inra.fr

avec la contribution des autres partenaires du projet SIMULTEAU :

Chambres d'Agriculture d'Occitanie, du Gers, des Hautes-Pyrénées et du Tarn, Centre d'Etudes Spatiales de la BIOsphère

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) vise 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 permettra 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, ...).

Summary

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) aims to develop with the OUGC partners (Chambers of Agriculture) a software tool to support to design and assess

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

This software will allow comparing several scenarios of distribution or management and assessing their impacts on water resource and economic results of farms of the territory.

Adour amont and Tarn aval watersheds are 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 contexts (climatic change, ...) change.

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 d'environ 30 quintaux par hectare (Teyssier, 2006).

Depuis l'effectivité de 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 désormais plus régis par des autorisations délivrées par l'Administration à partir de demandes individuelles (Debril et Therond, 2012) mais 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. 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)¹, incluant des OUGC, développent un outil permettant 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, et le testent sur 2 cas concrets de périmètres élémentaires, l'Adour amont et le Tarn aval.

La présente communication a pour but de présenter cet outil, encore en phase de mise au point, composé d'une interface et d'un moteur de simulation basé sur la plate-forme MAELIA.

1. MISSIONS ET BESOINS DES OUGC

Fin 2017, plus d'une trentaine d'Organismes Uniques de Gestion Collective ont été désignés en France. Leurs contextes d'action sont très divers, que ce soit le contexte hydraulique, le nombre de préleveurs irrigants, les volumes autorisés, l'historique de la gestion de l'eau, etc. Alors que la gestion de l'eau était organisée à l'échelle départementale avec des différences significatives de modalités entre départements, le passage à une gestion par périmètre élémentaire cohérent du point de vue de la ressource en eau et souvent interdépartemental impose une première phase d'harmonisation.

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

¹ Le projet CASDAR SIMULTEAU associe ARVALIS – Institut du végétal, INRA UMR AGIR, la compagnie d'aménagement des coteaux de Gascogne (CACG), les Chambres d'agriculture d'Occitanie, du Gers, des Hautes-Pyrénées et du Tarn, le centre d'études spatiales de la biosphère (CESBIO). Il reçoit le soutien financier du ministère chargé de l'Agriculture, de l'agence de l'eau Adour-Garonne et de la Région Occitanie Pyrénées Méditerranée.

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, un 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 ou le type de matériel d'irrigation, le type 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 et 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 a pour objectif de produire un outil modèle de territoire qui doit permettre 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 de 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) Définition des données du territoire : données climatiques, sols, occupation du sol et assolements agricoles, données économiques, cours d'eau, retenues d'eau, points de prélèvements d'eau, ...
- 2) Définition des 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 (m^3/ha à irriguer). Dans le cas des quotas en m^3/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. Cette étape est répétée pour la situation de référence et pour les différents scénarios de répartition du volume prélevable.

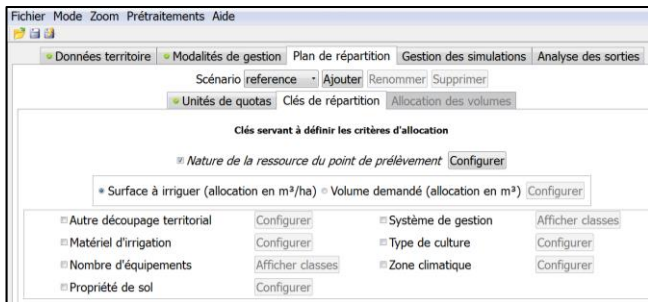


Figure 1 interface SIMULTEAU : clés d'allocation du volume

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

3) 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. A cette étape, l'utilisateur choisit, par exemple, les années climatiques de simulation (du passé ou du futur simulé par des modèles du changement climatique) et peut 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 et 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).

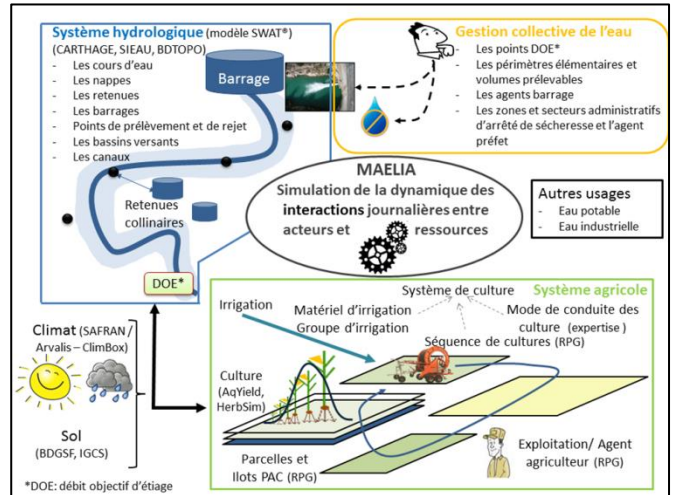


Figure 2 – Schéma conceptuel de la plateforme MAELIA

3. DEUX TERRITOIRES-TESTS

L'outil SIMULTEAU est testé sur deux périmètres élémentaires situés dans le bassin Adour-Garonne (figure 3). L'Adour amont appartient au bassin de l'Adour, le Tarn aval à celui de la Garonne. 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.

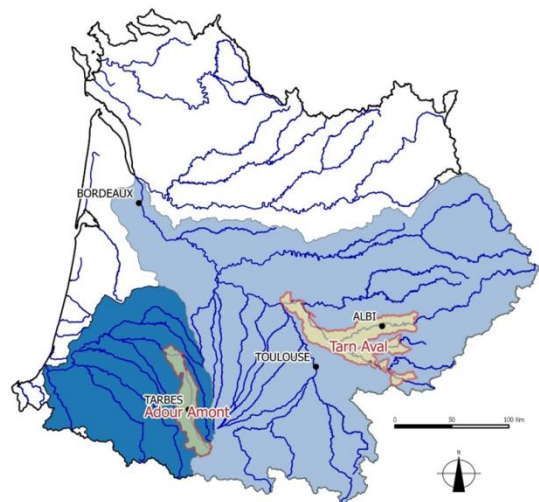


Figure 3 – Adour amont et Tarn aval

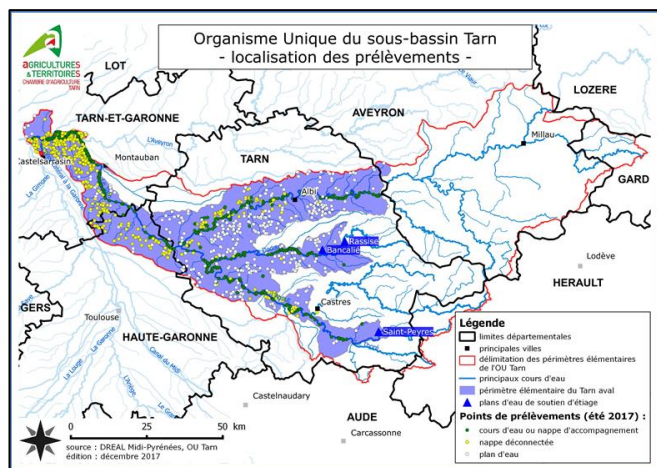
3.1. L'Adour amont

Le périmètre élémentaire Adour amont (221) 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 1 900 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 max. 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 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 : lac de Gréziolles (2.8 hm³) et lac Bleu (4.7 hm³) et par la gravière de Vic (2 hm³).

3.2. Le Tarn aval

Le périmètre élémentaire Tarn aval (176) (Figure 4) s'étend sur 2 950 km². Il concerne 4 départements : Aveyron (12), Haute-Garonne (31), Tarn (81) et Tarn-et-Garonne (82).



Selon l'OU Tarn, en 2017, on comptait 820 préleveurs, dont 22 structures collectives type ASA d'irrigation, pouvant prélever chacun dans une 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 Rassisse 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 toutes cultures est d'au moins 26 000 ha dont 22 000 ha depuis un cours d'eau ou une nappe.

4. REPRESENTATION 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).

Dans le cadre d'une étude INRA en soutien au projet SIMULTEAU (Leenhardt et al. 2015, Rizzo et al., soumis), une méthode pour représenter la distribution spatiale des systèmes de culture d'un territoire a été développée dans le but de limiter les coûts de mise en œuvre 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 et séquences de cultures présentes, et aux itinéraires techniques en visant l'identification des indicateurs et seuils des règles de décisions des agriculteurs. L'interaction et le recueil d'information sont facilités par l'utilisation de cartes et supports graphiques.
2. établissement 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] (Tableau des itinéraires techniques).
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) et 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

4.2. Données de sols

Les données de sols utilisables sont celles issues de la cartographie au 1/1 000 000 de la base de données géographique des sols de France (BDGSF®) sur laquelle des fonctions de pédotransfert développées par l'unité InfoSol de l'INRA 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.

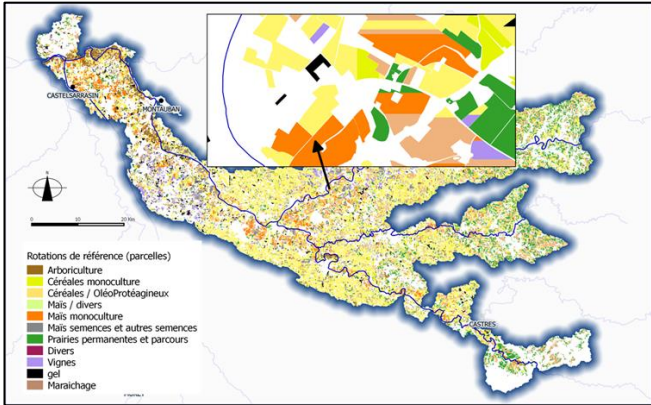


Figure 5 – carte d'affectation de rotations de référence aux parcelles du Tarn aval

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 8km x 8 km, 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

Les bassins versants élémentaires (découpage du périmètre élémentaire pour la représentation dans SWAT, modèle hydrologique de MAELIA) sont issus d'un traitement SIG à partir du Modèle Numérique de Terrain 25 m (MNT BD ALTI®) de l'IGN. La BD CARTHAGE® fournit l'information sur les tracés des cours d'eau, des nappes et des canaux. 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 DDT et complétée par un traitement SIG pour 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 ainsi que 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 comparaison à des données observées, puis de comparer différents scénarios de répartition du volume autorisé ou différents protocoles de gestion entre eux.

- Débit des cours d'eau aux points nodaux : comparaison des débits simulés aux chroniques de débit observées ou entre scénarios et comparaison au DOE
- Fréquence de franchissement des seuils de débit
- Nombre de jours de restriction de différents niveaux
- Prélèvements d'irrigation : dynamique et volumes prélevés annuels
- Rendements et production des cultures sur le territoire
- Résultats économiques : marges brutes par espèce, marges semi-nettes.

Quelques sorties sont données ci-après à titre d'exemple

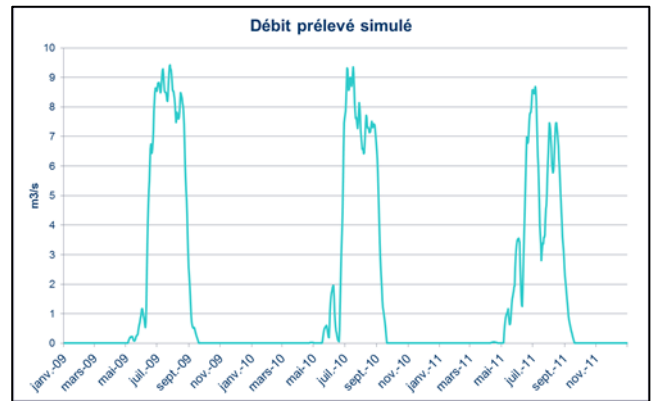


Figure 6 – Débits prélevé pour l'irrigation 3 campagnes

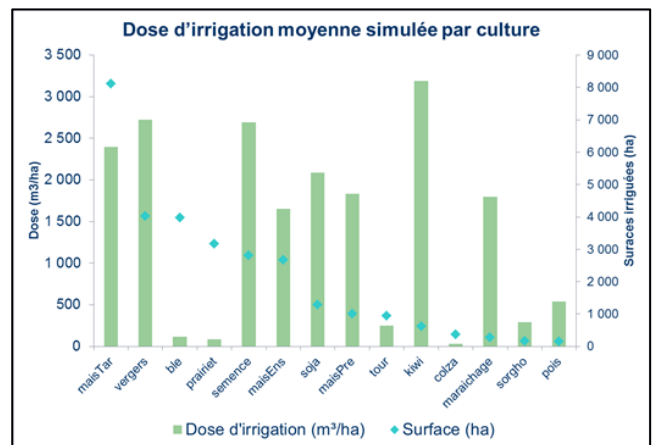


Figure 7 – Débits prélevé pour l'irrigation 3 campagnes

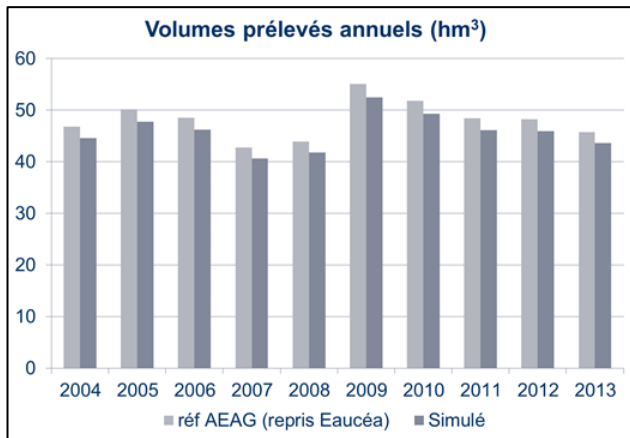


Figure 8 – Volumes prélevés annuels simulés comparés aux volumes déclarés à l'Agence de l'Eau Adour Garonne

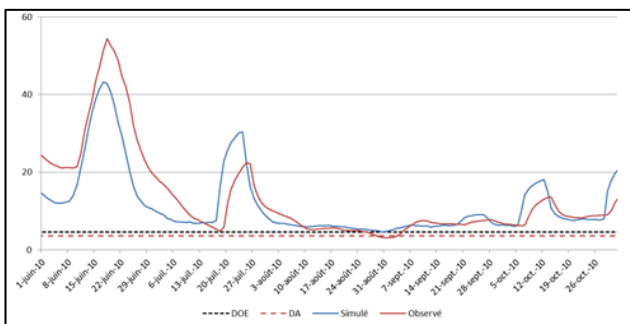


Figure 9 – débits simulés et observés Aire sur Adour

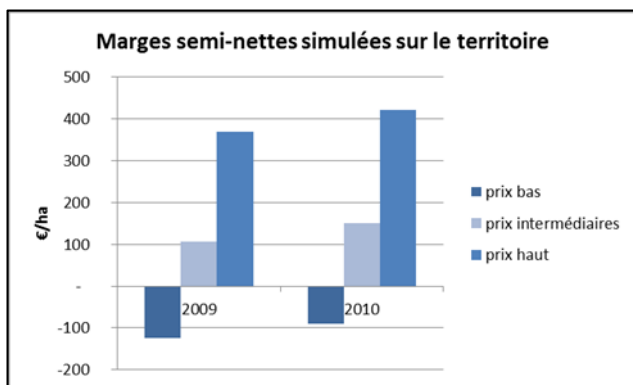


Figure 10 – marges semi-nettes selon 3 scénarios de prix de vente des productions

6. SCENARIOS

6.1. Adour amont

L'OUGC souhaite 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 quota 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 souhaite 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. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'outil SIMULTEAU est encore en cours de mise au point. Son utilisation par les OUGC et son évaluation sur les deux territoires-tests est une étape en cours importante.

Au-delà, l'ambition est que cet outil soit utilisable par d'autres OUGC sur d'autres territoires que ceux du projet.

Son utilisation 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 et qui pourrait être hébergé par l'Observatoire du Développement Rural (ODR) de l'INRA et étendu progressivement sur le territoire national.

La télédétection avec les nouveaux satellites Sentinel 1 et 2 à haute résolution spatiale et temporelle pourra apporter une aide importante pour la cartographie des cultures et des cultures irriguées pour compléter l'information provenant du RPG. Son utilisation est aussi testée dans le projet SIMULTEAU (Lienhard, O., 2016).

L'accès aux bases de données sol des Référentiels Régionaux Pédologiques au 1/250 000 permettra une amélioration notable de la précision des données sol. Des travaux sont également en cours (CACG et CNRS – ECOLAB) dans le cadre du projet SIMULTEAU.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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
- 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

- 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
- EEA (2015) European Environment Agency. 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
- 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
- Lardy, T., 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 ENSEEIHT, Toulouse, 46p (CESBIO).
- 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*. 2010-06-172010-06-18, Versailles, FRA. Presented at the Actes du colloque Climator. Présentation des méthodes et des résultats du projet Climator, INRA Versailles, pp. 66–67.
- Rizzo, D., Therond, O., Lardy, R., Murgue, C., Leenhardt, D. Soumis. A rapid, spatially explicit approach to modeling cropping systems at the regional scale. Soumis la revue *Agricultural Systems* le 2 octobre 2016.
- 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.
- 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.
- 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