Décembre 2012
volume n°2 / numéro n°2
www.agronomie.asso.fr

Agronomie environnement & sociétés

La revue de l'association française d'agronomie

Assolements et gestion quantitative de l'eau

de l'exploitation agricole au territoire

Agronomie, Environnement & Sociétés est une revue à comité de lecture et en accès libre éditée par l'Association Française d'Agronomie (AFA) sous le numéro ISSN 1775-4240. Plus d'informations www.agronomie.asso.fr/aes. L'AFA est une association à but non lucratif qui publie des travaux en accès libre.

Les articles sont publiés sous la licence Creative Commons2.0. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

Agronomie Environnement & Sociétés //volume 2 numéro 2 - décembre 2012

Article

Impacts de restrictions en eau d'irrigation sur les exploitations et les filières agricoles en Beauce

Impacts of agricultural water use restrictions at farm and regional levels: a study case in Beauce (France)

C. Lejars[1*], J-L. Fusillier[1], S. Bouarfa[2], L. Brunel [3], G. Rucheton [3], X. Girard[4], F. Golaz[5]

[1]*UMR G-Eau (Gestion, Acteurs et usages de l'eau), CIRAD, Montpellier - France - 73, rue JF Breton, TA C-90/15 - 34398 Montpellier Cedex 5 - E-mail : caroline.lejars@cirad.fr*
[2]*UMR G-Eau (Gestion, Acteurs et usages de l'eau), IRSTEA, Montpellier - France - 73, rue JF Breton, TA C-90/15 - 34398 Montpellier Cedex 5*
[3]*Diataé, Montpellier - France - 3191, route de Mende- 34093 Montpellier Cedex 5*
[4] *Chambre D'agriculture du Loiret - France - 13, avenue des Droits de l'Homme - 45000 Orléans*
[5] *Chambre d'agriculture d'Eure et Loir - France - 10, rue Dieudonné-Costes - 28000 Chartres*

Résumé

Beaucoup d'agriculteurs, comme les opérateurs des filières aval qui collectent ou transforment leur production, dépendent de l'irrigation. Or, dans de nombreuses régions du monde, structurellement ou conjoncturellement, les ressources en eau disponibles déclinent et sont soumises à des contingentements de plus en plus sévères.

Cette étude vise à analyser les conséquences de scénarios de fortes baisses de la disponibilité en eau sur les stratégies des agriculteurs en termes de choix d'assolement et de mode de conduite et d'irrigation des cultures ainsi que l'effet de ces stratégies sur l'organisation de filières locales. Elle a été mise en œuvre en France, dans la plaine de la Beauce, où une forte proportion de l'agriculture est irriguée à partir d'une ressource souterraine soumise à un dispositif de gestion volumétrique. L'évaluation des impacts de restrictions d'eau s'appuie sur une analyse économique des filières locales ainsi que sur des ateliers participatifs regroupant des agriculteurs et des opérateurs des unités aval. Les résultats montrent les effets de restrictions d'eau sur les choix d'assolement des agriculteurs, les volumes de production à l'échelle du territoire, les marges brutes des exploitations et les valeurs ajoutées des filières.

Mots-clés

Beauce, approche participative, gestion des ressources en eau, irrigation, agro-industries, assolements.

Abstract

Many farmers, and the large set of downstream operators who depend on their farm products, have become dependent on irrigation. But, in many parts of the world, water resources are declining for structural or temporary reasons. Farmers have to reduce water consumption by growing crops with lower water requirement and apply optimal irrigation strategies. The strategies they choose can have major consequences for downstream operators and local agro-industries.

This paper analyzes the impacts and consequences of high water restrictions scenarios for farmers and the subsectors depending on their production. This approach was implemented in France, in the region of Beauce, where irrigation relies on groundwater use and on a volumetric management of the local aquifer. Scenarios based on two different levels of water availability reduction were assessed and strategies to face reduced water availability were analyzed for both farmers and downstream operators. The analysis was based on a technical diagnosis of the local organization, an economic analysis of value added, and participatory workshops including farmers, downstream operators and state representatives. Our analyses showed how farmers would adapt to water restriction and, depending on their choice of production, how their strategies could impact the volume of production at sub-regional level, the value added at subsector level and could lead to competition between downstream operators.

Keywords

Beauce aquifer, participatory approach, groundwater management, irrigation, agro-industry, cropping pattern.

Introduction

Aujourd'hui, , l'agriculture irriguée produit plus de 40 % de l'alimentation mondiale (OCDE, 2002) sur environ 18 % des terres cultivées (Siebert *et al.*, 2005) et consomme 70 % des prélèvements d'eau de la planète (Madramootoo et Fyles, 2010). La démographie, en hausse au moins jusqu'en 2050, l'évolution des habitudes alimentaires pour des produits animaux plus consommateurs en eau, et l'accroissement des concurrences entre les usages ne feront que renforcer la tension sur l'eau dans le secteur agricole (Jamin *et al.*, 2011 ; Molden *et al.*, 2007 ; Paillard *et al.*, 2010). Cette tension se traduit particulièrement par la surexploitation des ressources en eau souterraines dont le taux d'extraction a été multiplié par 10 en cinquante ans, passant de 100 km^3/an à 1000 km^3/an (Margat, 2008) avec un taux de non renouvellement de l'ordre de 40% (Wada *et al.*, 2010). L'enjeu est aujourd'hui de valoriser au mieux l'eau, ce que la plupart des études résu-

ment au travers du concept du « *more crop per drop* »[1] (Kijne *et al.*, 2003, Molden *et al.*, 2007).

Dans ce contexte international de recherche de solutions pour réguler l'usage agricole des ressources en eau, la France a créé un cadre législatif se traduisant par la mise en œuvre de mesures réglementaires visant à réduire les déséquilibres entre offre et demande en eau à l'échelle des masses d'eau (bassins hydrographiques et ressources souterraines) (Loubier *et al.*, 2013). Ce cadre s'est d'abord développé sous l'impulsion de la loi sur l'eau de 1992, puis aujourd'hui de la Directive Cadre européenne sur l'Eau traduite dans le droit français en 2006. Le concept de "volume prélevable pour l'agriculture" se systématise, que ce soit pour l'usage des ressources de surface ou des ressources souterraines.

La plaine de la Beauce constitue un cas d'école de l'évolution de la gestion de l'eau agricole en France. L'irrigation s'y est développée depuis les années 70 sur une ressource souterraine en accès libre et de grandes dimensions (près de 10 000 km^2, 6 départements, 2 bassins hydrographiques). Observée au début des années 1990, la baisse du niveau piézométrique de la nappe et l'assèchement associé des rivières exutoires a progressivement conduit à la mise en place d'un dispositif innovant de gestion volumétrique des prélèvements pour l'irrigation qui fait figure d'exception dans la situation mondiale de surexploitation des ressources souterraines (Petit, 2003 ; Bouarfa *et al.*, 2011). Depuis 1999, chaque exploitation agricole dispose d'un volume d'eau prélevable, dont la quantité est réévaluée chaque année en fonction du niveau piézométrique de la nappe.

La mise en place d'un système de quotas révisables a cependant révélé la finitude de la ressource en eau par la possibilité théorique de l'interdiction totale des irrigations, en cas d'atteinte d'une limite piézométrique seuil. De fait, depuis plus de 10 années de mise à l'épreuve du dispositif, une baisse historique de la nappe a été observée en 2008 suite à une succession d'années sèches, conduisant cette année-là à des volumes d'eau prélevables historiquement bas, correspondant à 55% des volumes initialement fixés en 1999. Le contexte du changement climatique pouvant engendrer une diminution structurelle de la recharge pluviométrique, il y a lieu de s'interroger sur la viabilité économique d'un modèle d'agriculture irriguée basé sur une offre en eau aujourd'hui incertaine.

De nombreuses questions sont posées, tant à l'échelle des exploitations qu'à l'échelle des filières locales : quels pourraient être les impacts de restrictions d'eau pour les exploitations et les filières de production associées ? Quelles stratégies les agriculteurs et les opérateurs des filières aval peuvent-ils adopter face à ces restrictions ?

Les impacts des restrictions d'eau sur l'économie des exploitations agricoles de la Beauce ont été analysés dans un précédent article (Bouarfa *et al.*, 2011). Il a notamment été montré qu'une réduction de 60% des quotas ne serait pas viable pour la majorité des exploitations agricoles de la région. Mais une baisse de la production aurait également des impacts sur les filières de production. L'objectif de cet article est d'analyser cette question et de prendre en compte non seulement la manière dont les agriculteurs gèrent leurs systèmes de culture mais aussi la valorisation commerciale des productions impliquant les relations entre producteurs et opérateurs aval. Ce type d'analyse avait été conduit par Kuper *et al.* (2009) et Le Gal *et al.* (2008) sur les liens entre producteurs et transformateurs pour une filière donnée, celle du lait au Maroc. Dans notre cas, nous nous situerons au niveau du territoire et de l'ensemble des filières concernées. Sur la base d'une méthodologie mise en œuvre sur la zone et visant à prendre en compte les interactions entre agriculteurs et opérateurs des filières aval (Lejars *et al.*, 2012), il s'agira d'analyser les conséquences, pour les exploitations et les filières agricoles associées, d'une réduction de la disponibilité des ressources en eau.

Dans la suite de l'article, nous présentons dans un premier temps la zone d'étude, puis la méthodologie basée sur des enquêtes de terrain, des analyses économiques, et des ateliers participatifs. Les résultats obtenus sont ensuite présentés et discutés.

Le cas d'étude : la Beauce Centrale

La gestion volumétrique de la nappe et la baisse de la disponibilité en eau d'irrigation

Localisée au sud-ouest de la région parisienne, la nappe de Beauce est un des plus grands aquifères

[1] Littéralement : « plus de récolte par goutte »

français avec un volume estimé entre 15 et 25 milliards de m^3 et une superficie de 9722 km^2. Les précipitations annuelles se situent entre 550 et 650 mm ce qui en fait une des zones les plus sèches de France. L'irrigation constitue le principal prélèvement de ces 20 dernières années avec un volume annuel compris entre 120 et 420 millions de m^3, ce qui représente entre 60 et 80 % des prélèvements totaux.

En 1999, la baisse observée du niveau piézométrique de la nappe (Fig. 1) a conduit à la mise en place d'une gestion volumétrique des prélèvements pour l'irrigation, négociée entre la profession agricole et l'administration (Petit, 2003).

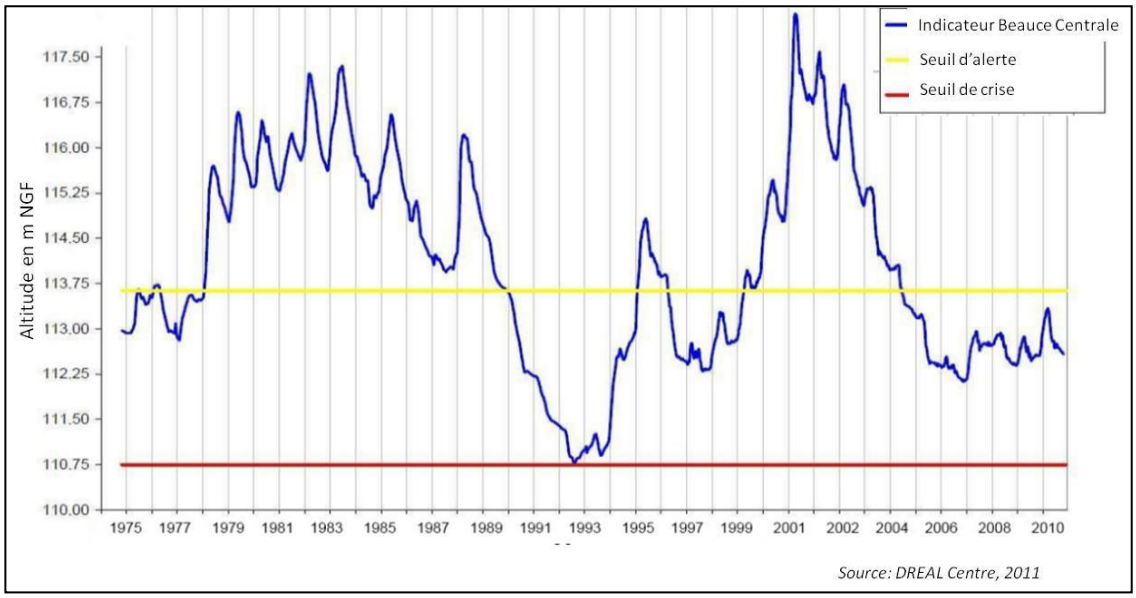


Figure 1 : Evolution du niveau piézométrique de la Nappe de Beauce, en Beauce Centrale, entre 1975 et 2011.
Figure 1: Fluctuations in the piezometric level of Central Beauce from 1975 to 2011.

Depuis cette date, un volume prélevable est alloué chaque année à chacune des exploitations qui prélèvent de l'eau à usage agricole dans l'aquifère. Chaque exploitation bénéficie ainsi d'un volume d'eau dit de référence, fixé en 1999 lors de la mise en application du protocole de gestion volumétrique. Chaque année, les volumes effectivement prélevables sont définis par l'application aux volumes de référence d'un coefficient de réduction variant en fonction du niveau moyen de la nappe. Un coefficient de 0.7 par exemple signifie que le volume prélevable sera de 70% du volume de référence, soit une réduction de 30%. Un arrêté préfectoral pris au mois d'avril (juste avant le démarrage de la campagne d'irrigation) fixe les coefficients réducteurs en fonction des niveaux piézométriques de la nappe.

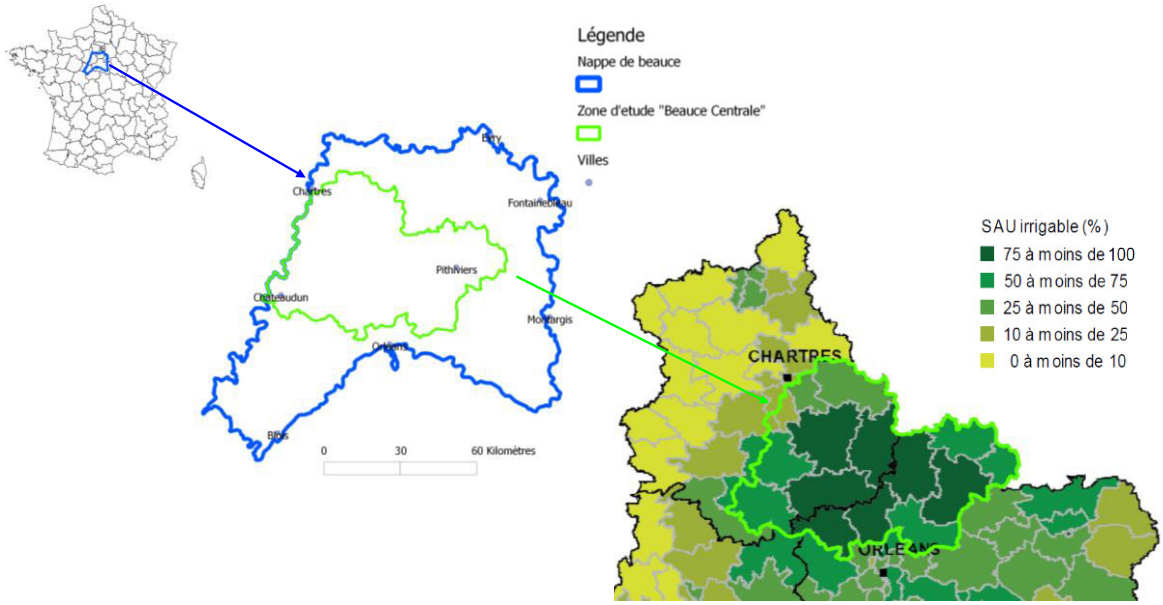
Pour l'ensemble des exploitations de la nappe de Beauce, le volume d'eau prélevable de référence, initialement fixé à 525 millions de m^3, a été réduit à 420 millions de m^3 par an en 2010. Compte tenu des variations du niveau piézométrique de la nappe, le coefficient de réduction appliqué aux volumes de référence a varié entre 0.955 et 0.45 entre 1999 et aujourd'hui. En 2008, sa valeur a été fixée à 0.45 et le volume d'eau prélevable, historiquement bas, ne représentait ainsi que 56% du volume de référence actuel (fixé en 2010), impactant d'autant chacune des exploitations prélevant dans la nappe.

La Beauce Centrale : typologie des exploitations et des productions

La Beauce est communément appelée « grenier à blé » de la France. Les exploitations agricoles, d'une taille moyenne de 120 ha, sont tournées vers les grandes cultures. Depuis les années 70 l'irrigation en Beauce a permis d'améliorer les rendements et la qualité mais aussi de diversifier les cultures vers des productions à haute valeur ajoutée (Vaucelle et Le Bail, 2004).

Dans cette étude, nous nous sommes focalisés sur la partie centrale de la Beauce (Fig. 2), dite Beauce Centrale, située dans les départements de l'Eure-et-Loir (28) et du Loiret (45). Cette zone concentre les plus forts prélèvements pour l'irrigation

et est représentative de la région dans son ensemble en termes de diversité de cultures. La SAU de la zone d'étude est de 300 660 ha (RA 2010) partagée entre 2 703 exploitations. C'est une région dédiée aux grandes cultures. Les céréales à paille (blé tendre, blé dur et orge) et les oléoprotéagineux représentent respectivement 60% et 15% de l'assolement. Ces derniers sont essentiellement des colzas (10% de la SAU). 7% de la SAU est emblavée en maïs. Les diversifications en lien avec l'irrigation sont nombreuses. Il s'agit des cultures spéciales (5%) telles que la pomme de terre, l'oignon, les légumes de conserve, les semences et l'œillette (pavot à destination pharmaceutique). Enfin, la betterave sucrière, irriguée, occupe 7% de la SAU.



Source DRAAF Centre RA 2010

Figure 2: Localisation de la zone d'étude et répartition de la SAU irrigable au sein de la zone.
Figure 2: Localization of the study area in France and utilised agricultural area

Les superficies irrigables ont été déterminées à partir des données du RA 2010. Elles représentent 153 500 ha soit 50% de la SAU.
Une analyse statistique des assolements des exploitations, réalisée sur la base des données du RA 2010, a permis de dégager quatre grands types d'exploitations selon leur orientation productive :

- grandes cultures ~ cultures spéciales,
- grandes cultures ~ maïs,
- grandes cultures ~ colza,
- grandes cultures ~ betterave

L'assolement de ces quatre types est détaillé dans la figure 3.

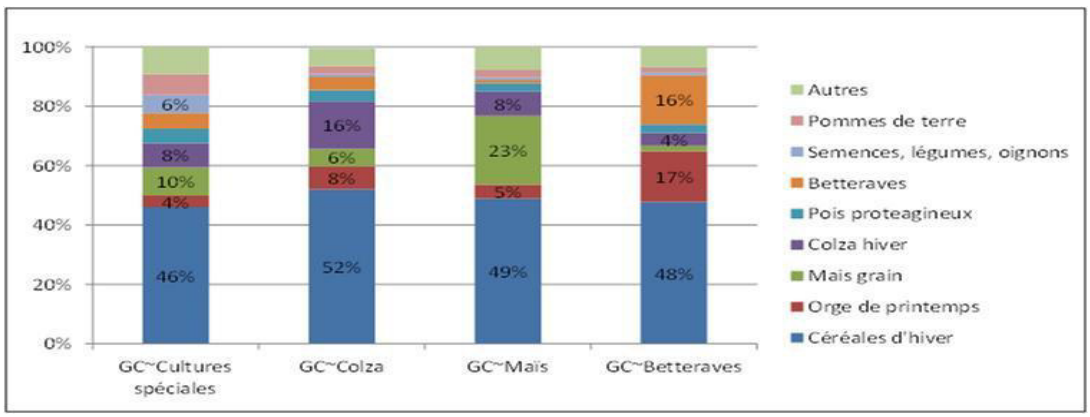


Figure 3 : Typologie des exploitations irriguées en Beauce Centrale (RA 2010)
Figure 3: Farm type and cropping pattern in Central Beauce (data from RA 2010)

Les céréales à paille occupent au moins 50 % de l'assolement de l'ensemble des exploitations. Le colza, la betterave, le maïs et les cultures spéciales sont tour-à-tour majoritairement présents dans les classes identifiées par le nom de ces cultures. On notera que le type « GC ~ cultures spéciales » présente la plus forte diversité de cultures.
Les types « GC ~ colza » et « GC ~ maïs » représentent respectivement 26% et 15% du nombre total des exploitations. Le type « GC ~ betteraves » est le plus important en terme d'effectifs avec 38% des exploitations. La classe « GC ~ cultures spéciales » représente 21% du total.

Les cinq grandes filières sur le territoire, structurées autour d'opérateurs aval spécialisés dans ces produits, sont :

- Filière céréales et oléo protéagineux (COP)
- Filière betterave sucrière
- Filière légume de conserve
- Filière produits frais : pomme de terre et oignon
- Filière semences potagères et œillette.

La figure 4 positionne les coopératives de céréales, les sucreries, les conserveries de légume présentes sur la zone d'étude, ainsi que les principales unités de conditionnement d'oignon et pomme de terre (non exhaustif).

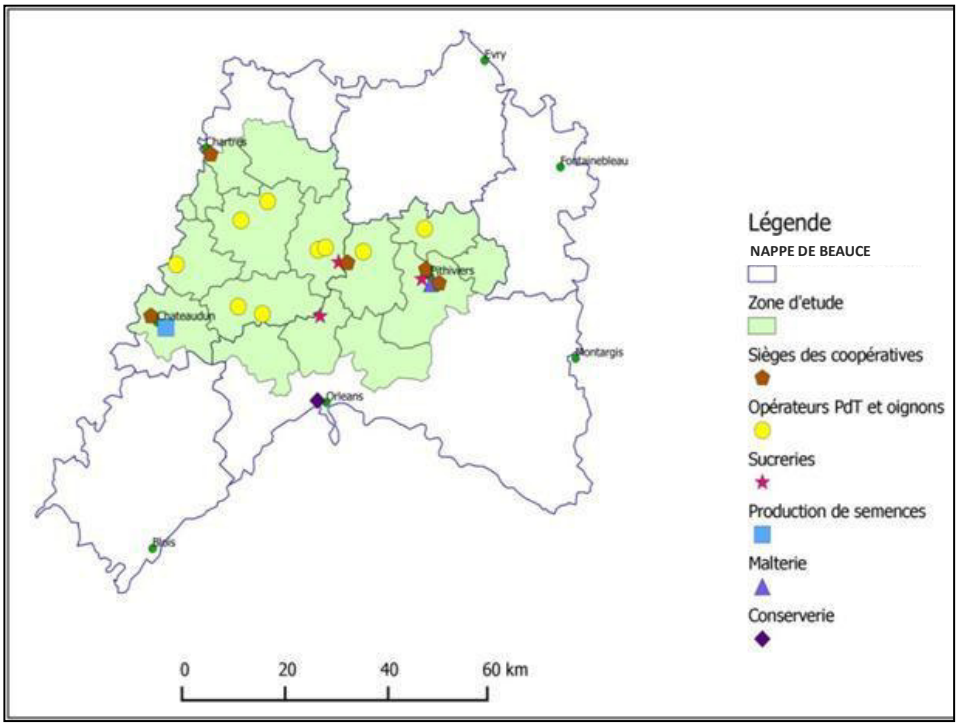


Figure 4 : Localisation des principales unités de collecte et de transformation au sein de la zone d'étude.
Figure 4: Localisation of the main local agro-firms (sugar mills, cereal and grain cooperatives, potato and onion packaging stations, a vegetable cannery and a seed company).

La filière céréalière est organisée autour de quatre grandes coopératives, chargées de la collecte et de la fourniture des intrants. Deux d'entre elles ont un rayonnement international, les deux autres sont des coopératives locales. Seule une petite partie des céréales est transformée localement dans une malterie et dans une unité de céréales préparées. Les betteraves sont traitées dans trois sucreries situées sur la zone. Les oignons et les pommes de terre sont soit collectés par des entreprises d'emballage spécialisées, soit vendus en vrac directement par les agriculteurs. Les légumes de conserve sont mis en boite dans la conserverie locale. Ces industries sont dépendantes des choix d'assolement des agriculteurs et sécurisent leurs approvisionnements par des contrats.

Méthodologie

D'un point de vue méthodologique, l'évaluation des impacts d'une baisse des volumes d'eau disponibles s'appuie sur (i) une évaluation du poids économique des filières locales (ii) des ateliers participatifs regroupant des agriculteurs et des opérateurs des unités aval.

Enquêtes et analyse économique

L'objectif de l'analyse économique était : (i) d'évaluer les enjeux économiques à la fois pour les exploitations et pour les filières locales ; (ii) d'estimer les pertes potentielles liées à des restrictions d'eau.

L'indicateur économique retenu pour étudier le poids des filières à l'échelle du territoire est la Valeur Ajoutée Brute (VAB). Elle correspond au Produit Brut (PB) (assimilé au chiffre d'affaires dans cette étude) auquel on soustrait la valeur des Consommations Intermédiaires (CI) agricoles et industrielles. Elle révèle la création de revenus distribués aux catégories institutionnelles usuelles que sont les ménages (agriculteurs et salariés), les administrations publiques et les entreprises (amortissements inclus). Le raisonnement sur des valeurs ajoutées permet d'agréger les résultats à l'échelle des filières en neutralisant les flux intra-filières.

Des entretiens auprès des responsables des entreprises de collecte et ou de transformation locale ont permis de collecter les données nécessaires à l'évaluation économique (chiffre d'affaires, surfaces traitées, volumes collectés, taux de valeur ajoutée des activités…). Une vingtaine d'entretiens ont été réalisés. Ils ont également permis d'identifier les différentes activités des unités aval et de déterminer les contraintes d'organisation des approvisionnements agricoles telles que le rayon de collecte des unités, les engagements contractuels, la flexibilité face aux aléas de l'offre, les écarts aux capacités de production.

Les données utilisées proviennent des entretiens avec les opérateurs industriels et des documents d'entreprises. Les données manquantes ont été estimées à partir de référentiels national ou régional sur les comptes des branches agro-alimentaires (AGRESTE, 2009).

L'année de référence retenue est celle de la récolte 2010. L'évaluation économique est basée sur un niveau de prix donné et pour une année climatique donnée. L'objectif de cette étude était de mettre en évidence les grandes masses économiques en jeu. Les variations importantes d'une année sur l'autre pour ces deux critères ne sont pas étudiées à ce stade.

Beaucoup d'industries dans la région sont soumises à de fortes économies d'échelles. Le rendement des cultures et le volume de production des cultures à l'échelle des bassins d'approvisionnement sont des paramètres critiques. En deçà d'un certain volume d'approvisionnement, l'usine peut ne plus atteindre son seuil de rentabilité et, à l'extrême, devoir cesser son activité. Les superficies et les rendements des cultures déterminant des volumes de matière première sur la zone étaient les données stratégiques principales pour l'évaluation économique, dont la valeur ajoutée a été tirée. Ils ont été estimés à dire d'expert lors des ateliers participatifs présentés ci-après.

Les ateliers participatifs

Les ateliers participatifs visaient à analyser les stratégies des agriculteurs face à une baisse des volumes prélevables et les impacts potentiels de ces stratégies sur les volumes de production à l'échelle des bassins d'approvisionnements. L'approche participative, contrairement à la modélisation, permet de traiter des situations de prises de décisions complexes où entrent en jeu des interactions entre agents et un ensemble de paramètres qu'il serait difficile de simuler (par exemple l'attrait d'un agriculteur pour telle ou telle culture) mais qui sont à prendre en compte dans la démarche de prise de décision (Imache, 2008).

Les ateliers regroupaient une vingtaine d'agriculteurs et d'industriels et se sont déroulés sous la forme de jeux de rôles dans lesquels les différents acteurs ont été amenés à réfléchir ensemble à l'impact de restrictions des volumes prélevables sur leur décision d'assolement et d'irrigation.

Afin d'alimenter la discussion entre les différents acteurs, deux scénarios contrastés ont été évalués: (1) le premier, avec un coefficient de réduction de 0.6, correspond à une réduction de 40% par rapport au volume de référence (2) le deuxième avec un coefficient de 0.3, correspond à une sévère restriction, soit une baisse des volumes d'eau disponibles de 70%.

Comme les objectifs principaux de cet atelier étaient de comprendre les logiques de décision des agriculteurs et de dresser des grandes tendances, nous n'avons pas travaillé sur des séries climatiques mais sur la base d'une année climatique considérée comme « sèche ». Une des difficultés a été de s'accorder sur la définition des

scénarios climatiques "printemps sec" et " été sec". Après discussion, chaque groupe a consenti à utiliser l'année 2006, connue comme une référence pour un printemps sec et un été sec. Suivant la même logique, nous avons travaillé à partir d'exploitations types de 100 ha, situées sur un sol qualifié de moyen, caractérisé par une profondeur de 70 cm et une réserve utile totale autour de 130 mm. Le volume de référence attribué aux exploitations types varie entre 90 000 m^3 et 100 000 m^3 suivant les types. Enfin, nous avons fait l'hypothèse que les agriculteurs pouvaient anticiper une baisse sévère du niveau d'eau disponible et prévoir les assolements en conséquence.

D'un point de vue pratique, les agriculteurs et les opérateurs ont travaillé en trois sous-groupes, regroupant les quatre grands types d'exploitations de la zone : (i) GC-betterave (ii) GC-Cultures spéciales (iii) et un groupe GC-Maïs-Colza, regroupant les types GC-Maïs et GC-Colza. Chacun des participants représentait un type d'exploitation ou un type d'industrie. Deux tableaux et un fichier Excel ont servi de support à la discussion. Le premier tableau (Fig. 5), simplifiant les étapes de la prise de décision des agriculteurs, a permis de relever les informations sur les choix des assolements et les doses d'irrigation appliquées par culture. Le second tableau permettait d'agréger les résultats à l'échelle des filières. Le fichier Excel était utilisé par les chercheurs pour valider les calculs et la faisabilité des scénarios à chaque étape de la simulation.

EXPLOITATION TYPE..:	Gdes cultures~cult Spé				SAU:	100 ha			
QUOTA DE REFERENCE :	m3								
Cultures	Colza d'hiver	Orge de Brasserie	Blé Tendre	Blé dur d'hiver	Maïs	Pdt		Haricot	Pois Cons
Date: semis/récolte									
Rdt objectif (qx/ha)									
Besoin en eau (m3/ha)									
Assolement référence (ha)									
COEFF NAPPE : 0,6	VOLUME DISPONIBLE								
Assolement modifié (ha)									
ANNEE SECHE : Printemps sec et été sec									
Surfaces irriguées aux besoins (ha)									
Surfaces irriguées à dose réduite (ha)									
Surfaces non irriguées (ha)									
Doses d'irrigation réduite (m3/ha)									
Pertes de rendement estimées (qx/ha)									

	Besoin eau	Ecart vol dispo- requis
Assolement de référence 0,6 (m3)		
Assolement modifié (m3)		
	Conso eau	
Assolement modifié année sèche (m3)		

Figure 5: Tableau utilisé pendant les ateliers participatifs pour simplifier les prises de décision des agriculteurs tant sur les choix d'assolement que sur les volumes d'eau d'irrigation apportés.

Figure 5: Table board used during participatory session to simplify the farmers' decision processes both for crop rotation and for crop irrigation.

Les impacts des deux scénarios de restriction (coefficient de 0.6 et 0.3) ont été évalués sur la base des processus de décision renseignés par les participants sur des tableaux décrits (Fig. 5). Au préalable, dans chaque sous-groupe, les besoins en eau ont été évalués pour l'assolement type et les rendements estimés pour des cultures irriguées à pleine satisfaction de leurs besoins. Puis, pour chaque coefficient de réduction, c'est-à-dire pour un volume d'eau disponible réduit, les agriculteurs décident de l'adaptation de l'assolement. La campagne d'irrigation se déroule ensuite en deux temps correspondant aux saisons printemps - été. On considère d'abord que le printemps est sec et que les données climatiques de l'été ne sont pas connues. Les agriculteurs doivent donc faire un choix sur les doses d'irrigation sur les cultures de printemps, et sur les quantités d'eau à préserver pour garantir l'irrigation des cultures d'été. Dans un second temps, on considère que

l'été est sec. Ils estiment alors les rendements de leur culture, en fonction des quantités d'eau encore disponibles pour l'irrigation.
Finalement, le volume de production à l'échelle de chaque filière a été calculé par extrapolation, à partir des rendements estimés pour chaque culture, de la surface totale de chaque culture dans la zone et en se basant sur l'hypothèse que toutes les exploitations d'un type donné modifieraient leur assolement et leur calendrier d'irrigation de la même façon.
Tout au long du processus, agriculteurs et opérateurs échangent sur les adaptations des assolements, l'évaluation des besoins en eau et les conséquences sur les rendements et les volumes de production.
Les résultats de l'atelier participatif et de l'analyse économique ont été présentés à un comité de pilotage, composé de représentants d'agriculteurs, de représentants des opérateurs et des collectivités locales, qui a validé les scénarios, les méthodes et les résultats.

Résultats des analyses économiques et des scénarios prospectifs

Évaluation du poids économique des filières irriguées

Dans un premier temps, sur la base des enquêtes et des données recueillies auprès des opérateurs, nous avons quantifié le poids économique des cinq filières identifiées sur la zone d'étude, en termes de produit brut, de valeur ajoutée et de nombre d'emplois générés.
En 2010, le produit brut de la production agricole est estimé à 540 millions d'euros (M€) pour la Beauce Centrale dont environ 340 millions issus des surfaces irriguées (Fig. 6).

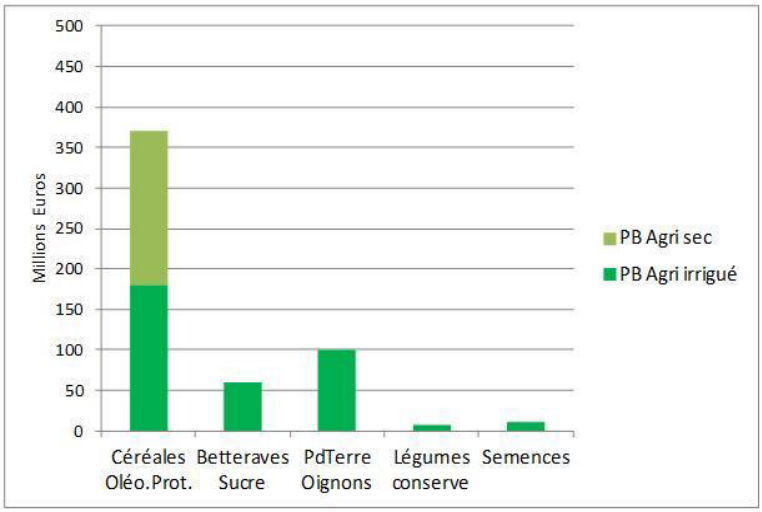


Figure 6 : Produit Brut agricole, par filière, en irrigué et en sec.
Figure 6: Gross Product per subsector, for irrigated and rainfed farming systems.

En considérant les activités amont et aval des filières, le produit brut des filières agro-alimentaires beauceronnes atteint 860 M€, dont 480 M€ de valeur ajoutée.
La filière céréale est bien celle qui pèse le plus sur la zone que ce soit du point de vue économique (PB agricole de 360 M€ dont 180 en irrigué) ou agricole (244 000ha). La filière betterave se concentre sur une surface beaucoup plus petite (28 000 ha) mais elle concerne tout de même près de la moitié des exploitations irriguées de la nappe de Beauce et dégage une importante valeur ajoutée (86 M€) grâce à son industrie. La filière légume concerne 2000 ha et représente une valeur ajoutée de 7 M€ (Fig. 7).

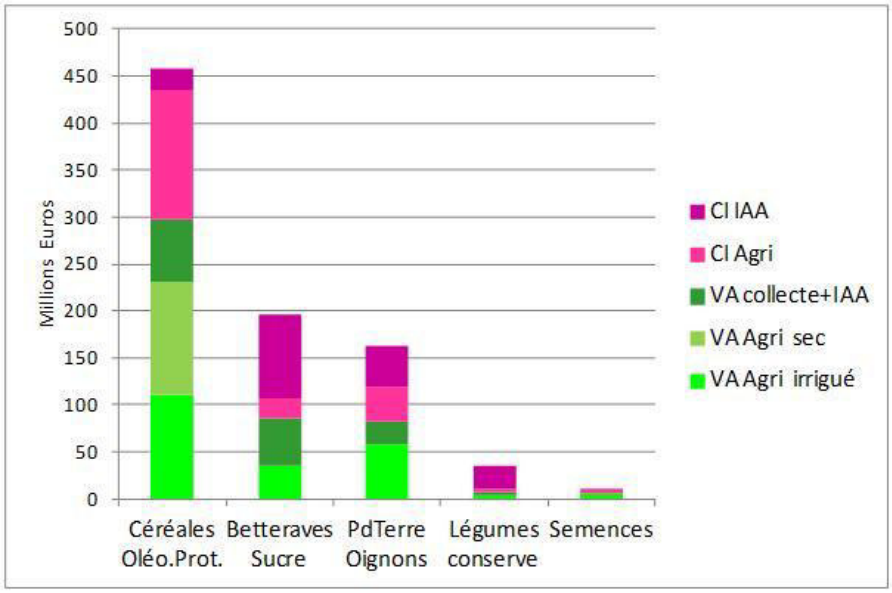


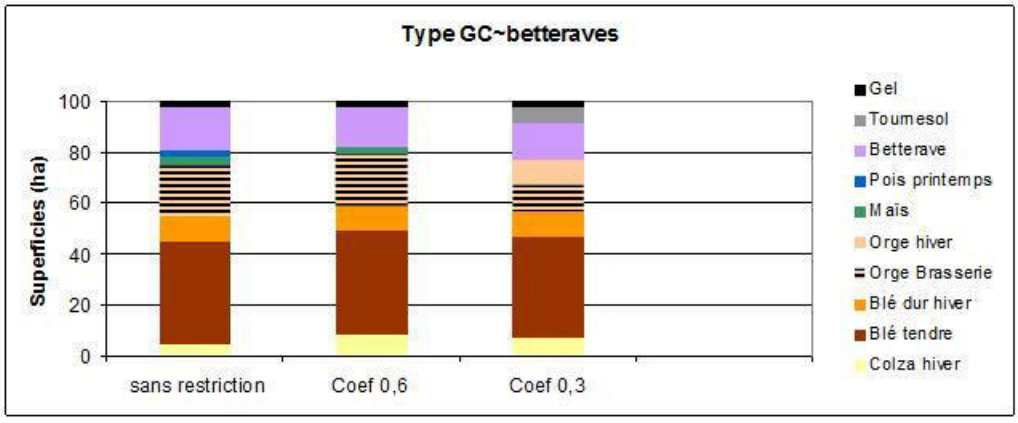
Figure 7 : Décomposition de la valeur ajoutée et des Consommations Intermédiaires par filière

Figure 7: Breakdown of value added for five subsectors

La décomposition de la valeur ajoutée entre les différents opérateurs de la filière (agriculteurs / fournisseurs d'intrants / industriels) permet d'identifier les intérêts économiques en jeu pour chaque filière et les effets d'entrainement (Fig. 7). D'après nos enquêtes, l'ensemble des filières emploient entre 4500 à 5000 personnes dont 1500 dans les activités d'amont et aval et 3000 à 3500 dans la production agricole. L'agriculture a un effet d'entraînement direct sur l'économie par ses liens avec les activités amont (agro-fournitures) et aval (collecte, conditionnement, transformation) des filières. Cet effet d'entrainement de l'activité agricole estimé à partir du supplément de valeur ajoutée créé au niveau des industries a été estimé globalement à 1.45.

Impact de restriction sur les rendements des cultures et les assolements

Avec un coefficient de restriction de 0.6, les agriculteurs changent peu leurs assolements (Fig. 8) et prennent le risque de manquer d'eau pour l'irrigation d'été en cas de sécheresse.



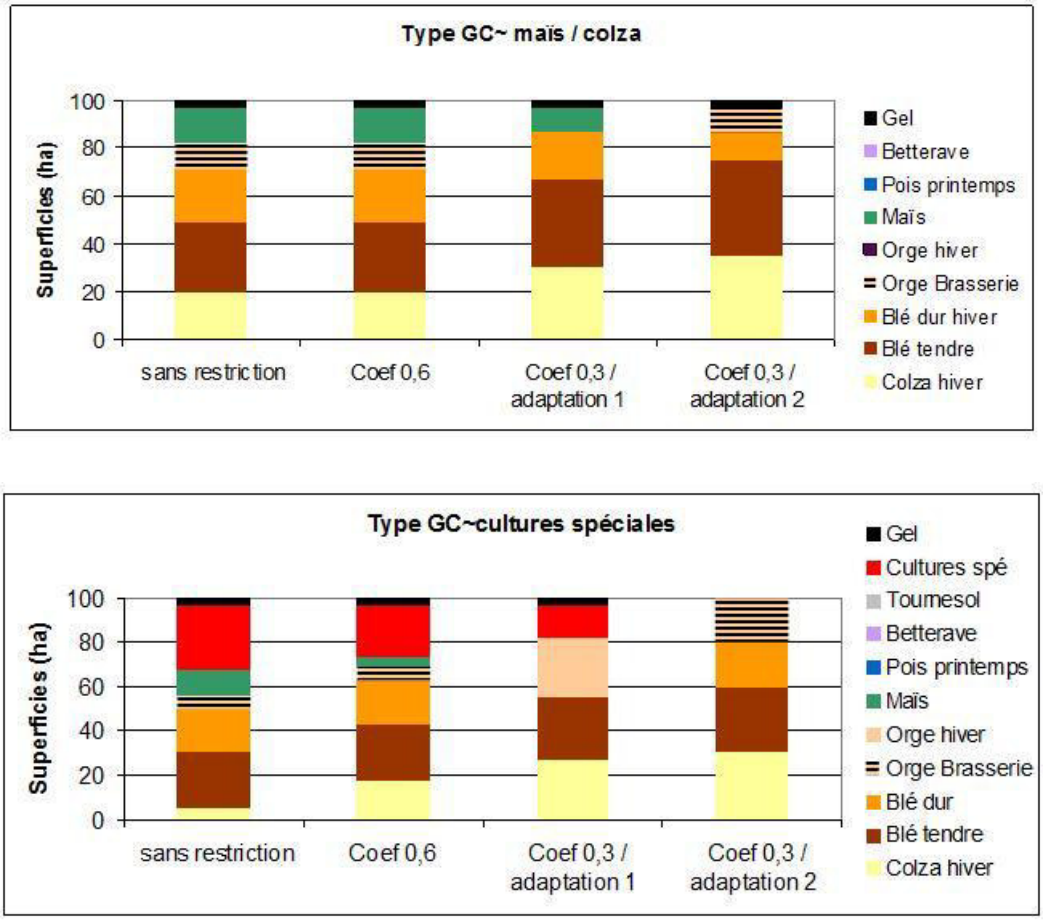


Figure 8: Assolement des différents types d'exploitation pour différents coefficients de restrictions d'eau
Figure 8: Impact of two water restrictions scenarios on crop allocation per farm type

Ils modifient, par contre, les doses d'irrigation apportées à chaque culture. Les doses d'irrigation sont réduites de 25% pour la betterave et de près de 40% pour les céréales (blés durs et blés tendres), mais sont maintenues pour les cultures spéciales, plus sensibles à la réduction d'eau. Par conséquent, pour un printemps sec et un été sec, les rendements des céréales et de la betterave sont affectés, avec une baisse évaluée à dire d'acteurs, entre 10 et 15%.

Pour un coefficient de restriction de 0.3, les agriculteurs modifient leurs assolements afin de réduire les besoins en eau de l'ensemble des cultures. Les cultures exigeantes en eau, comme le maïs ou les cultures spéciales, sont remplacées par des cultures moins exigeantes en eau et irrigables pour satisfaire leurs besoins, comme l'orge, le colza ou le tournesol. Ainsi, les agriculteurs du type Grandes Cultures-Maïs-Colza abandonnent le maïs ou l'orge de brasserie au profit du colza. Les agriculteurs du type Grandes cultures-Betterave diminuent leur surface en betterave, au profit du colza. Les agriculteurs du type Grandes Cultures-Cultures spéciales (i) gardent une partie de leurs cultures spéciales et abandonnent l'orge de brasserie ou (ii) abandonnent totalement les cultures spéciales et reviennent à un assolement triennal avec du blé, du colza et de l'orge de brasserie. Quelques agriculteurs introduisent des nouvelles cultures peu exigeantes en eau comme le lin.

Impact sur les marges brutes des exploitations

Pour chaque scénario, nous avons calculé l'impact sur la marge brute des exploitations (Fig. 9).

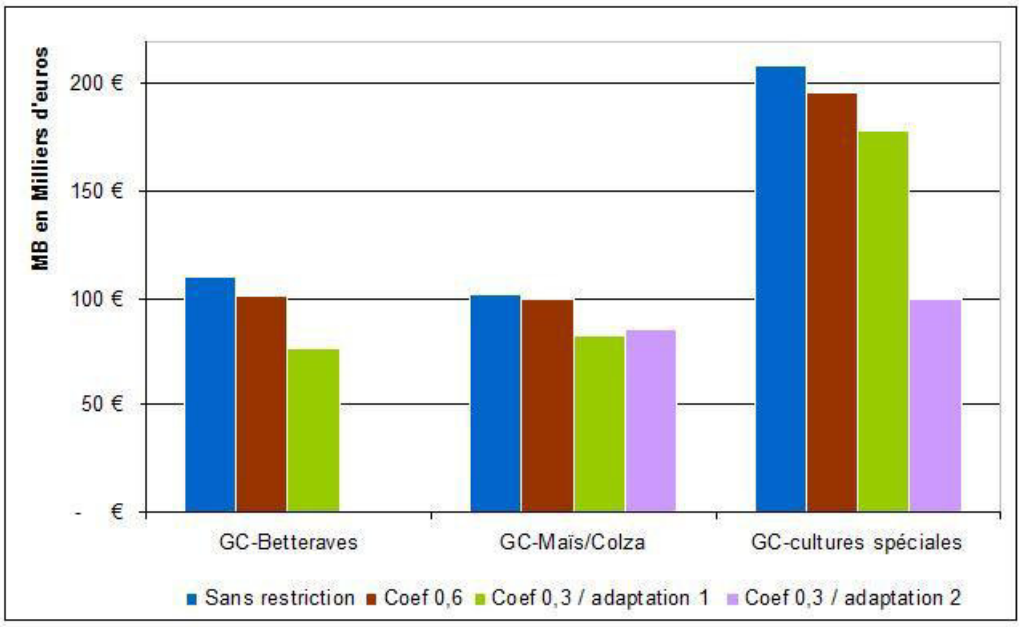


Figure 9 : Marges brutes des exploitations types, sans restriction d'eau, pour un scénario avec un coefficient de restriction à 0.6 (soit une baisse des volumes prélevables de 40%) et pour un scénario avec un coefficient de restriction à 0.3.
Figure 9: Impact of the two water restriction scenarios on farmers' gross margin.

Pour le scénario de restriction à 0.6, les baisses de marge brute, imputables essentiellement aux pertes de rendement, sont du même ordre de grandeur pour les trois types d'exploitation ; elles sont comprises entre 3 et 7%.
Dans le scénario à 0.3 se conjuguent les effets de baisses de rendement et de changement d'assolement vers des cultures moins consommatrices en eau mais aussi moins valorisantes. La perte de marge est très importante dans les trois types. La marge brute diminue de 30% pour le type GC-Betteraves et d'environ 20% pour le type GC-Maïs, quelle que soit la stratégie d'adaptation (alternative entre maïs et orge de brasserie). Le type GC-cultures spéciales présente un résultat contrasté selon le choix fait par l'exploitant sur la nature de la culture irriguée maintenue. Le maintien de cultures spéciales, au détriment de l'orge de brasserie, conduit à une baisse de marge de 15%. L'autre option avec simplification de l'assolement en abandonnant les cultures spéciales fait chuter la marge brute de 50%. Dans ce scénario extrême, les exploitations tendent à évoluer vers le type GC-Colza.

Conséquences sur les surfaces et les volumes de production à l'échelle de la région

Les impacts sur les surfaces (Fig. 10) et les volumes de production (tableau 1) pour la région ont été calculés par extrapolation, en partant de l'hypothèse que toutes les exploitations d'un même type modifieraient leur assolement et leur conduite de l'irrigation de la même façon.

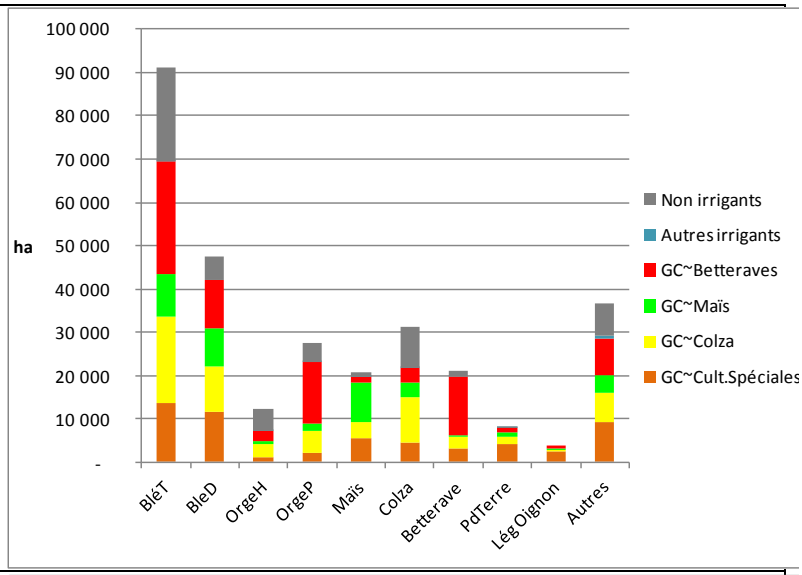
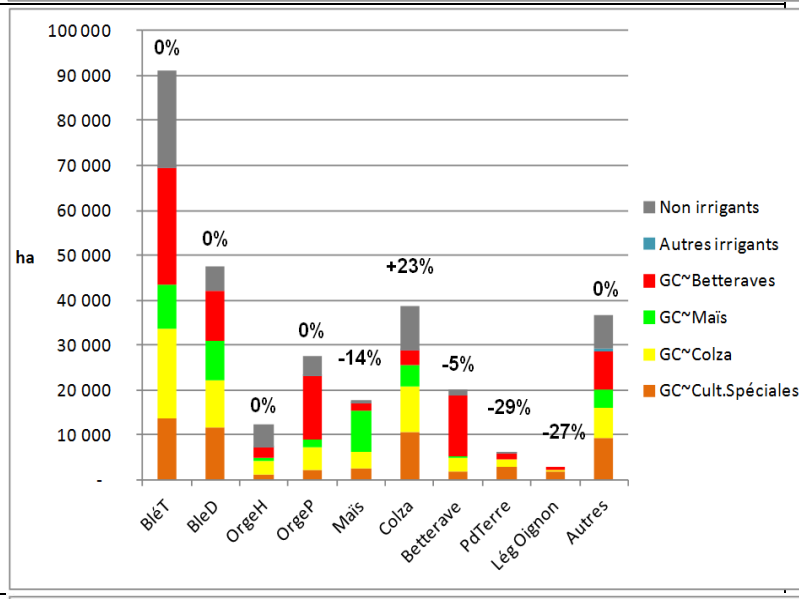
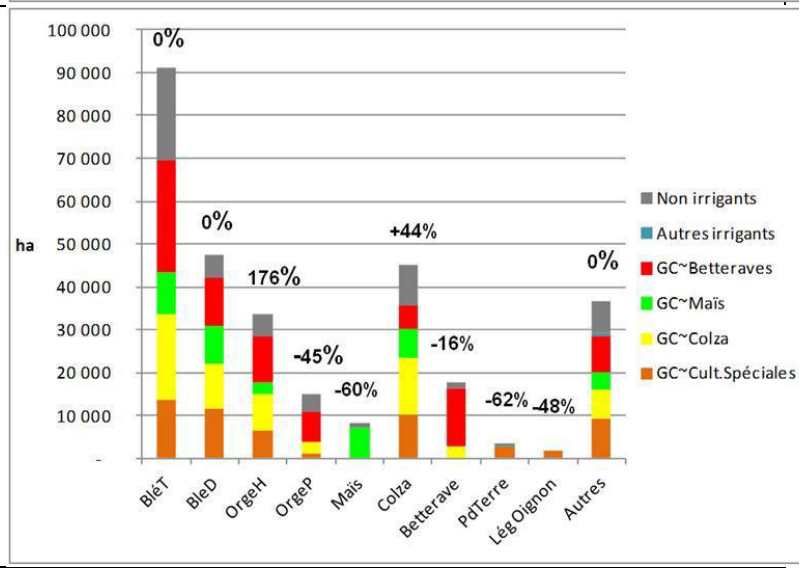
Répartition de la SAU Beauce centrale 2010 par culture et par type d'exploitation (source : RA 2010)	
Pour un scénario avec un coefficient de réduction de 0.6, évolution des surfaces estimées et répartition de la SAU par culture et par type	
Pour un scénario avec un coefficient de réduction de 0.3, évolution des surfaces estimées et répartition de la SAU par culture et par type	

Figure 10 : Impacts de deux scénarios de restriction d'eau sur les surfaces en culture de la Beauce Centrale

Figure 10: Impact of two water restriction scenarios on crop allocation in Central Beauce

	coef 0.6	coef 0.3
Blé tendre hiver	-6%	-13%
Blé dur hiver	-8%	-14%
Orge d'hiver	0%	+166%
Orge de printemps	0%	-45%
Maïs grain	-14%	-64%
Colza d'hiver	+20%	+23%
Betteraves	-10%	-21%
Pommes de terre	-29%	-62%
Oignons	-33%	-50%

Tableau 1 : Impact d'un scénario avec un coefficient de réduction à 0.6 et d'un scénario avec un coefficient de réduction à 0.3) sur les volumes produits à l'échelle du territoire

Table 1: Impact of two water restriction scenarios on the volume of production in Central Beauce

Cette hypothèse produit évidemment des résultats fortement contrastés. Les résultats obtenus sont donc de grandes tendances :

- comme le colza est peu exigeant en eau (irrigation éventuelle au semis), les rendements sont constants ou peu impactés et les agriculteurs augmentent les surfaces. Par conséquent, la production de colza augmente, de 20 à 23% selon le scénario de restriction ;
- le blé tendre et le blé dur conservent leurs surfaces pour les deux scénarios mais enregistrent des baisses de rendement. Le volume de production est ainsi réduit respectivement de 6 et 8% pour un coefficient à 0.6 et de 13% et 14% pour un coefficient de 0.3 ;
- le maïs, exigeant en eau, a tendance à disparaître ;
- avec un coefficient de restriction de 0.6, les cultures spéciales sont maintenues et irriguées à pleine satisfaction de leurs besoins. La production n'est pas affectée. Avec un coefficient de 0.3, suivant les stratégies des agriculteurs, soit la totalité de la production disparait, soit une partie est maintenue.
- la production de betterave diminue faiblement pour un coefficient de 0.6 car les surfaces sont maintenues en presque totalité. Avec un coefficient de 0.3, la diminution du volume de production peut dépasser 20%.

Conséquences économiques à l'échelle de la région

Compte tenu des fortes hypothèses considérées pour simuler l'impact des restrictions sur les volumes de production, il est délicat d'évaluer les pertes économiques de scénarios de restrictions. Quoi qu'il en soit, certains éléments peuvent être mis en évidence.

Pour un scénario à 0.6, les pertes de volume entrainent des pertes de marge brute, mais pas de remise en cause radicale des appareils de production. Pour un scénario très restrictif à 0.3, on passerait en dessous des seuils de rentabilité de plusieurs unités de production. Industrie la plus vulnérable, la conserverie de légumes ne pourrait pas se maintenir. Les agriculteurs, ne pouvant plus irriguer correctement les légumes, arrêteraient la production comme nous l'avons vu précédemment. Le fonctionnement en flux tendu de l'usine ne lui permettrait pas d'aller s'approvisionner ailleurs. Ceci entrainerait donc la fermeture du site et la disparition des activités liées à cette filière, soit une perte de valeur ajoutée d'environ 7 millions d'euros sur la zone. Avec ce type de filière, le scénario est celui « du tout ou rien ». L'usine fonctionne aujourd'hui à son seuil de rentabilité, elle peut supporter une variation autour de ce seuil mais avec un scénario trop restrictif, le site n'est plus rentable. Pour la filière sucrière composée de trois sites industriels, la baisse des approvisionnements en betterave estimée à 20% contraindrait vraisemblablement à une restructuration avec la fermeture d'une des trois sucreries de la zone.

Pour les autres filières, il n'est pas possible de donner des résultats aussi tranchés que dans les deux cas précédents dans la mesure où nous ne pouvons pas parler d'arrêt total de l'activité. Les impacts sont différents et plus difficile à modéliser, notamment parce qu'il est possible d'avoir recours à des importations en dehors de la nappe de Beauce. Pour ce qui est de la valeur ajoutée

produite par les cultures, la baisse de cette valeur ajoutée peut être considérée comme proportionnelle à la baisse de volumes des mêmes cultures. Par contre, pour les activités de transformation, il n'y a pas forcément proportionnalité entre la baisse de valeur ajoutée des cultures liée aux diminutions de volumes et la baisse de valeur ajoutée de l'activité de transformation. Ces activités fonctionnent plutôt avec des seuils que nous ne connaissons pas aujourd'hui.

Discussions et perspectives

Cette étude a permis de mesurer le poids économique des différentes filières agroalimentaires, leur importance économique relative, et leur lien avec l'irrigation.

Toutefois, le but de l'approche développée dans cette étude n'était pas de fournir des données précises, ni même des fourchettes de résultats, en raison des nombreuses suppositions et des simplifications que nous avons faites :

(i) Sur l'évaluation des rendements faite à dire d'expert lors des ateliers participatifs ;

(ii) Sur les analyses économiques basées sur des prix moyens, tandis que la volatilité des prix est un des facteurs principaux qui influencent les décisions stratégiques des producteurs ;

(iii) Sur les méthodes d'extrapolation des données de volumes à l'échelle de la zone d'étude ;

(iv) Sur le calcul de la valeur ajoutée car de nombreuses hypothèses ont dû être émises dans la mesure où les limites des bassins d'approvisionnement des industries ne se superposent pas aux limites de la zone d'étude.

Cependant ces limites ont été discutées avec les parties prenantes qui ont participé aux ateliers participatifs et aux comités de pilotage. Cette transparence était probablement la meilleure garantie pour que ces données soient acceptées et puissent servir de support à la discussion, ce qui était notre objectif principal.

Cette approche a été l'occasion d'un échange novateur entre agriculteurs, représentants des unités de transformation et de collecte, et représentants de l'administration. Les ateliers participatifs ont regroupé (i) des agriculteurs et des industriels, parfois en conflit sur la question des prix d'achat de la matière première et le contenu des contrats, (ii) des opérateurs de filières qui pourraient devenir concurrents pour la même ressource et (iii) les représentants de l'Etat, responsables de la décision de réduction de l'eau disponible. Bien que les données et les informations que nous avons fournies soient simplifiées, les partager entre ces différents acteurs et mettre en œuvre cette approche participative était un challenge. Le taux de participation élevé aux comités techniques ou aux comités de pilotage a été révélateur de l'intérêt de la démarche.

Conclusion

Dans plusieurs régions du monde comme la Beauce, l'irrigation a permis la diversification et la complexification des assolements avec l'introduction de cultures à plus fortes valeurs ajoutées et la segmentation qualitative des marchés. Les systèmes de production et l'organisation des filières associées sont le fruit d'une lente adaptation, d'ajustements continus, dont l'eau constitue une des bases essentielles. Les filières reposent ainsi sur des investissements à long terme, les débouchés sur des liens commerciaux qui réclament des volumes suffisants, réguliers en quantité et en qualité.

L'originalité de cette étude se situe dans la mise en évidence des conséquences de potentielles réductions des volumes d'eau disponibles, non seulement sur la production agricole, mais aussi sur les unités de transformation en aval des filières. Le cas d'étude porte sur la gestion d'une ressource souterraine dont le fonctionnement est interannuel, au vu de la masse d'eau concernée. Cette gestion ne se distingue pas fondamentalement de la gestion de l'eau d'un grand réservoir de surface dont l'effet tampon serait du même ordre. La méthodologie développée dans cet article pourrait s'y appliquer. Elle diffèrerait dans la situation de la gestion d'un aquifère ou d'une réserve de plus petite dimension, plus sensible à des variations intra annuelles ou plus encore dans le cas de prélèvements au fil de l'eau contraints par des critères de débits.

Les études conduites dans la Beauce ont montré comment les agriculteurs s'adapteraient à des restrictions d'eau et, selon leur choix de production, comment leurs stratégies pourraient affecter les opérateurs aval. Ainsi, des restrictions d'eau

importantes et durables, remettraient en question une bonne partie des systèmes de production actuels, en impactant plus particulièrement la production des cultures spéciales pour lesquelles l'irrigation est indispensable. Si des adaptations de l'assolement à l'échelle des exploitations sont possibles, la diminution importante des volumes de production à l'échelle du territoire ne permettrait pas à plusieurs opérateurs spécialisés de l'aval de se maintenir. L'impact de restrictions ponctuelles reste toutefois beaucoup plus difficile à cerner. Compte tenu de la complexité des engagements entre producteurs et clients, de la diversité des opérateurs et des débouchés, et des interdépendances inter et intra filières, les conséquences ne sont pas aisément appréhendables.
L'approche participative a permis aux agriculteurs, aux opérateurs aval et aux représentants de l'Etat de partager une vision commune des processus de décision des agriculteurs et de l'impact économique de leurs décisions pour les opérateurs aval. Les scénarios prospectifs ont permis d'évaluer ces impacts en termes de pertes de valeurs ajoutées ou de marges brutes. Toutefois, des études complémentaires doivent être réalisées, d'une part pour améliorer les évaluations chiffrées, notamment les évaluations des pertes de rendements et l'impact sur les volumes de production à l'échelle de la région et d'autre part, pour analyser la sensibilité des effets à des variations de prix et de charges.

Bibliographie

Agreste 2009. Chiffres et données – Industries agricoles et alimentaires - Enquête annuelle d'entreprise, Résultats sectoriels et régionaux 2007. Série agro-alimentaire n°163

Bouarfa, S., Brunel, L., Granier, J., Mailhol, JC., Morardet, S., Ruelle, P., 2011. Évaluation en partenariat des stratégies d'irrigation en cas de restriction des prélèvements dans la nappe de Beauce (France). *Cah Agric,* 20,124-129.

Imache, A., 2008. Construction de la demande en eau agricole au niveau régional en intégrant le comportement des agriculteurs, Thèse de doctorat, AgroParisTech, sciences de l'eau.

Jamin, J.Y., Bouarfa, S., Poussin, JC., Garin, P., 2011. Les agricultures irriguées face à de nouveaux défis. *Cahiers Agricultures,* 20, 10-15.

Kijne, J.W., Barker, R., Molden, D. 2003. Improving water productivity in agriculture: Editors'Overview. In Kijne, J.W., Barker, R., Molden, D., (Eds), *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*. CAB International, Wallingford, UK: xi-ixx.

Kuper, M., Bouarfa, S., Errahj, M., Faysse, N., Hammani, A., Hartani, T., Marlet, S., Zairi, A., Bahri, A., Debbarh, A., Garin, P., Jamin, JY., Vincent, B., 2009. A crop needs more than a drop : towards a new praxis in irrigation management in North Africa. *Irrigation and Drainage*, 58, 231-239

Le Gal, PY., Kuper, M., Moulin, CH., Srairi, T., Rouma, A., 2009. Linking water saving and productivity to agrofood supply chains : a synthesis from two north african cases. *Irrigation and drainage*, 58, 320-333

Lejars, C., Fusillier, JL., Bouarfa, S., Coutant, C., Brunel, L., Rucheton, G., 2012. Limitation of agricultural water uses in Beauce (France) : What are the impacts on farms and on the food processing sector ? *Irrigation and Drainage*, 61, 54-64.

Loubier, S., Campardon, M., Morardet, S., 2013. L'irrigation diminue-t-elle en France ? Premiers enseignements tirés du Recensement Agricole de 2010. *Sciences Eaux & Territoires*, sous presse

Madramootoo, C.A., Fyles, H., 2010. Irrigation in the context of today's global food crisis. *Irrigation and Drainaige* ,59, 40-52.

Margat, J. 2008. Les eaux souterraines dans le monde. *BRGM éditions*, UNESCO: Paris

Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R., Makin, I. 2003. A water-productivity framework for understanding and action. In Kijne, J.W., Barker, R., Molden, D., (Eds). *Water Productivity in Agriculture : Limits and Opportunities for Improvement.* CAB International, Wallingford, UK: 1-18Barker et al., 2003

Molden, D., Frenken, K., Barker, R., de Fraiture, C., Mati, B., Svendsen, M., Sadoff, C., Finlayson, CM., 2007. Trends in water and agricultural development in water for food, water for life. London ; Colombo : Earthscan : IWMI. http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/.

OCDE, 2002. *Transition to full-cost pricing of irrigation water for agriculture in OECD countries*. Paris : Organization for Economic Co-operation and Development.

Paillard, S., Treyer, S., Dorin, B., eds., 2010. Agrimonde. Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050. Versailles : *éditions Quae*.

Petit, O, 2003, Evolution of the governance of groundwater and irrigation in France - case of the Beauce Aquifer. Consensus to resolve irrigation and water use conflicts in the Euromediterranean Region. Proceedings ICID 20th European Regional Conference, Montpellier, France, 14-19 September 2003, 1-15.

Siebert, S, Döll, P, Hoogeveen, J, Faures, JM, Frenken, K, Feick, S, 2005. Development and validation of the global map of irrigation areas. *Hydrol Earth Syst sci,* 9, 535-47.

Vaucelle, A., Le Bail, M., 2004. Diversité des engagements contractuels et fonctionnements des exploitations en Beauce, SFER Lille, 18-19 novembre 2004, Les systèmes de production agricole : performances, évolution, perspectives ».

Wada, Y., van Beek, L., van Kempen, C., Reckman, J., Vasak, S., Bierkens, M., 2010. Global depletion of groundwater resources. *Geophysical Research Letters,* 37, 5 p