

## Simuler les évolutions de la « ferme France » avec le modèle MAGALI 2.0 L'exemple des effets de chocs sur le prix du pétrole

**MAGALI 2.0 est un modèle économétrique macro-sectoriel d'offre, permettant d'évaluer *ex ante* et *ex post* les effets sur le secteur agricole français de changements de son environnement économique et politique. Son utilisation aide à comprendre les impacts de ces phénomènes, depuis les volumes d'intrants consommés jusqu'aux revenus dégagés par les exploitations. Les potentialités du modèle sont ici illustrées à travers l'exemple de scénarios de variations du prix du pétrole.**

**E**n fournissant une vision synthétique du système économique, les outils de modélisation aident à décrire les mécanismes principaux qui les constituent et les régulent. Ils permettent d'observer comment une modification du contexte impacte le système et, ainsi, d'identifier les changements possibles à privilégier et les leviers d'action à mobiliser. C'est dans cet esprit qu'a été conçu le modèle MAGALI 2.0<sup>1</sup>, pour « modèle agricole analysant les liaisons intra-sectorielles ». Son but est de rendre compte des principales relations entre les indicateurs essentiels de l'agriculture française.

Le modèle MAGALI est développé conjointement par les ministères en charge de l'Agriculture (Centre d'études et de prospective) et de l'Économie (Direction générale du Trésor), depuis le début des années 1980. L'INRA avait également été associé à sa création. Depuis 1984, les équations qui le composent sont ré-estimées environ tous les 2 ans, à partir des données relatives au monde agricole les plus récentes. Des mises à jour sont également effectuées pour intégrer les mécanismes des différentes réformes décidées ou à venir. Le modèle a donc évolué au cours du temps, pour s'adapter aux priorités stratégiques et aux sujets d'études des ministères. MAGALI 2.0 est ainsi

la version mise à jour suite aux réformes de la Politique agricole commune de 2014.

Dans une première partie, cette note détaille le contenu du modèle MAGALI 2.0 et sa façon de représenter l'agriculture française. Elle expose ensuite la diversité des usages qui peuvent en être faits. Enfin, elle illustre son potentiel de simulation par la présentation des impacts sur la « ferme France » de scénarios de chocs sur le prix du pétrole.

### 1. Qu'est-ce que le modèle MAGALI 2.0 ?

Selon les objectifs poursuivis par le décideur, le choix du modèle à utiliser a toute son importance. En effet, tous ne synthétisent pas de la même manière les dynamiques du système économique. Globalement, les outils de modélisation du secteur agricole se distinguent selon cinq grandes caractéristiques. La première est le niveau de représentation des comportements, qui peut être soit micro-économique, c'est-à-dire au niveau des exploitations agricoles, soit macro-économique, en considérant alors la « ferme France » comme une seule exploitation arbitrant entre les productions en fonction des contraintes techniques et économiques au niveau national. La deuxième caractéristique concerne le champ géographique (région, pays, continent, monde) et le ou les secteurs modélisés (secteur laitier, secteur agricole ou agro-alimentaire, ensemble de tous les secteurs de l'économie). Les mécanismes représentés varient également : le modèle peut simuler l'offre (la production), la demande de facteurs de production (capital,

cheptel, terre, main-d'œuvre, etc.) et d'intrants (alimentation animale, engrais, énergie, produits phytosanitaires, etc.), la consommation finale de produits agricoles par les ménages, les échanges extérieurs (importations, exportations), les stocks, le revenu, ou encore la formation des prix (endogènes dans le cas des modèles dits « d'équilibre général calculables » ou « d'équilibre partiel »). Une quatrième caractéristique est la technique de modélisation retenue : on peut choisir d'extraire de la littérature les paramètres clés des mécanismes économiques représentés, appelés « élasticités », dans des modèles dits « synthétiques » (ex. lien entre l'évolution des prix des intrants et celle de leur consommation), ou alors de les calculer à partir de bases de données (modèles dits « économétriques »). Enfin, les modèles se distinguent par leur mode de résolution (modèle « statique » ou « dynamique », qui prend ou non en compte l'évolution des variables dans le temps) et leur horizon de simulation (court, moyen ou long terme).

Par rapport à ces caractéristiques, MAGALI est un modèle d'offre macro-économétrique étendu à un équilibre partiel pour le secteur des viandes. C'est un modèle dynamique récursif, dont le pas de résolution est l'année et l'horizon de simulation de 5 à 7 ans. Il se distingue des modèles macro-sectoriels d'équilibre partiel classiques, plus récents, qui expliquent la formation des prix agricoles par la rencontre de l'offre et de la demande, en considérant le reste de l'économie comme exogène, et des modèles « d'équilibre général calculable » (MEGC), qui décrivent l'ensemble de l'économie. Ces

1. Pour une discussion plus complète de la place de MAGALI par rapport aux autres modèles existants, voir : Dechambre B, Ramanantsoa J, 2009, *Les modèles macro-sectoriels en agriculture. La place du modèle MAGALI*, Analyse n°9, Centre d'études et de prospective, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.

deux types de modèles sont habituellement synthétiques et non économétriques (les élasticités ne sont pas calculées empiriquement) et statiques (pas d'évolution annuelle ni d'horizon temporel défini). Ils sont néanmoins très puissants et se sont largement imposés dans les cercles académiques et les organisations internationales.

Les modèles macro-économétriques d'offre comme MAGALI sont plus lourds à développer et à adapter aux contextes changeants, car chaque relation économique introduite doit être confirmée empiriquement sur les données passées. Cette lourdeur est la contrepartie d'une meilleure fiabilité et d'une plus grande précision. La réforme de 2013 de la Politique agricole commune (PAC) et le renforcement des défis liés au changement climatique ont ainsi entraîné une profonde refonte du modèle.

### De MAGALI à MAGALI 2.0

Jusqu'en 2014, MAGALI considérait le secteur agricole dans son ensemble, comme une unique et vaste « ferme France ». Or, les mécanismes sous-jacents aux exploitations de polyculture-élevage se distinguent de ceux des exploitations spécialisées en cultures, et des questions politiques différentes se posent d'un système à l'autre, différences amplifiées par la réforme de la PAC de 2014 (ex. soutiens spécifiques aux exploitations « mixtes », aides aux prairies artificielles, etc.).

Dans la nouvelle version du modèle, appelée MAGALI 2.0, l'agriculture française est désormais représentée par deux grands types d'exploitations : d'une part une ferme « cultures » et d'autre part une ferme « mixte » caractérisée par la présence d'au moins 5 unités de gros bovin (UGB) sur l'exploitation. Le but de cette distinction est de pouvoir préciser les analyses sur chaque secteur et donc d'améliorer la qualité globale du modèle. Contrairement au type « cultures », qui ne contient qu'un atelier « cultures de vente », le type « mixte » contient en plus de celui-ci un atelier d'élevage avec une possibilité de réorientation entre types et ateliers. Cette modification est revenue à scinder MAGALI en deux modèles, nécessitant de ré-estimer l'ensemble des mécanismes économiques sous-jacents de chaque type et atelier<sup>2</sup>.

### Comment l'agriculture est-elle représentée dans le modèle ?

MAGALI 2.0 introduit des relations économiques quantifiées entre les indicateurs essentiels de l'agriculture (figure 1) : prix des produits agricoles, prix des consommations intermédiaires, aides, surfaces, rendements, cheptels, volumes produits, demande en consommations intermédiaires, productivité, revenus, emplois et gaz à effet de serre. De façon schématique, il représente la prise de décision annuelle de production agricole, entre et au sein des ateliers, en fonction des tendances à l'œuvre et de l'évolution de l'environnement

économique des exploitations. Les différents arbitrages se font grâce à 279 « équations de comportement » estimées économétriquement, complétées par 2 799 équations de bouclage. Celles-ci relient en entrée les variables exogènes (subventions, taxations, prix des produits végétaux, prix du pétrole, taux de change, données sur les échanges extérieurs, indicateurs climatiques, etc.), aux variables endogènes estimées par le modèle (rendements, cheptels, superficies, volumes produits, demandes en intrants, consommations et prix des viandes, productivité, revenus, émissions de gaz à effet de serre, etc.). Des substitutions entre productions s'opèrent, selon les variations de leur rentabilité relative, mesurées par les rapports des marges à l'hectare, de façon à maximiser la marge globale de la « ferme France », sous contrainte de disponibilité de facteurs fixes tels que la terre agricole. Les aides, les prix des produits, le progrès technique, ainsi que la structure des coûts de production, influent sur ces marges à l'hectare.

MAGALI 2.0 couvre précisément 22 produits végétaux, dont cinq céréales (blés tendre et dur, orge, maïs grain et autres céréales), quatre oléo-protéagineux (colza, tournesol, soja et pois protéagineux), six autres cultures annuelles (légumes, pommes de terre de féculerie et de consommation, betteraves sucrières, tabac et autres plantes industrielles), trois cultures pérennes (fruits, vins courants et d'appellation) et quatre fourrages (maïs ensilage, prairies artificielles, temporaires et permanentes). Côté élevage, huit produits animaux sont modélisés : le lait, les œufs, la viande de gros bovins, de veaux, d'ovins et caprins, de porcins et de volaille. Différents intrants sont considérés : la demande en alimentation animale (intraconsommation et achats d'aliments) et produits vétérinaires, la consommation d'engrais (azote, phosphate et potasse), d'énergie (produits pétroliers, électricité et gaz), de produits phytosanitaires, l'entretien du matériel et des bâtiments, et les autres consommations intermédiaires. Enfin, les émissions de gaz à effet de serre dues à l'élevage, à la consommation directe d'énergie et à l'épandage des engrais chimiques sont calculées.

### L'utilisation de scénarios : projection centrale et variantes

Les simulations développées par MAGALI 2.0 reposent sur la comparaison des résultats d'une « projection centrale » avec des « variantes ». La « projection centrale » représente le scénario contrefactuel ou, dit autrement, la base de référence. Dans le cas d'une simulation *ex post*, elle est constituée des valeurs observées des variables endogènes et exogènes du modèle, sur la période de simulation rétrospective. On compare ainsi « ce qui aurait pu se passer si... » à ce qui s'est réellement produit. Dans le cas des simulations *ex ante*, les variables exogènes sont projetées jusqu'à sept années dans le futur grâce à des dires d'experts. Ainsi, la projection centrale retrace une évolution plausible et cohérente de la « ferme France » à moyen terme, selon les hypothèses émises par les experts interrogés, à la lumière du contexte actuel et des tendances à l'œuvre. Le modèle teste ainsi « ce qui pourrait se passer si... » par rapport à un futur possible.

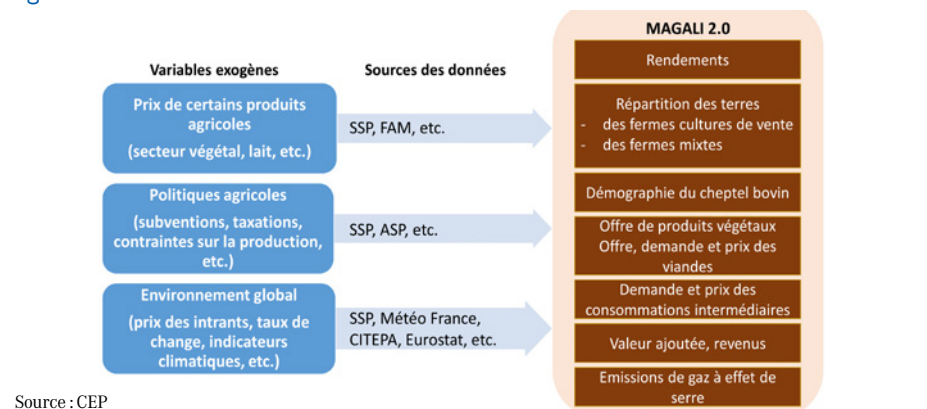
Les « variantes » représentent des simulations basées sur des hypothèses faites sur l'évolution des contextes économique et politique. Pour ce faire, les valeurs prises par les variables exogènes du modèle sont modifiées par rapport aux données de référence de la « projection centrale ». Une étape préalable, et essentielle à l'utilisation du modèle, est donc la traduction des événements en variables numériques pouvant alimenter le modèle.

### 2. Quelles sont les utilisations potentielles de MAGALI 2.0 ?

Le modèle MAGALI 2.0 a deux grands usages potentiels : comprendre les mécanismes passés (analyses *ex post*) ; contribuer à l'évaluation *ex ante* des politiques et des impacts de chocs externes éventuels.

2. Le modèle MAGALI 2.0 est présenté en détails dans : Ramanantsoa J., Touze O., 2019, « Le fonctionnement de MAGALI 2.0 », *Notes et études socio-économiques*, CEP, MAA, à paraître.

Figure 1 - Schéma de fonctionnement du modèle MAGALI 2.0



Dans le premier cas, les modèles économétriques reposant sur des estimations empiriques sur séries longues sont utilisés pour évaluer rétrospectivement un changement de politique ou un choc d'environnement économique. Le degré de détail de MAGALI 2.0 permet d'évaluer au plus près, *a posteriori*, les effets d'instruments complexes tels que les gels de terre, les prix garantis, les quotas, les aides plus ou moins couplées, etc. Il est également possible de décomposer l'évolution de différents phénomènes, comme l'évolution du rendement d'une production selon le progrès technique, l'effet prix et celui du changement climatique.

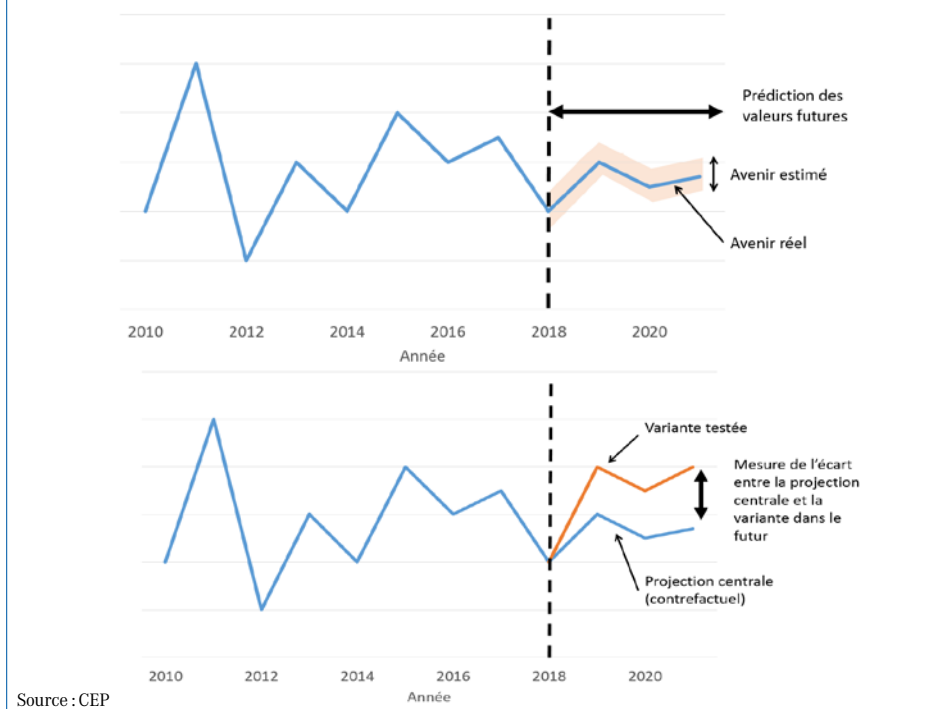
Deuxièmement, MAGALI 2.0 permet d'évaluer *ex ante* l'impact à moyen terme (5-7 ans) des décisions publiques, comme les effets des subventions (ex. soutiens directs, aides couplées, en particulier les nouvelles aides spécifiques au secteur élevage), du découplage ou des instruments politiques affectant l'offre (ex. quotas). Les effets d'autres politiques touchant l'agriculture peuvent aussi être analysés, comme les politiques commerciales (ex. les conséquences d'une ouverture aux importations dans le secteur des viandes), environnementales (ex. augmentation du coût du gazole agricole ; introduction d'une taxe sur le carbone, les produits phytosanitaires ou l'azote). Enfin, toujours en *ex ante*, l'impact de chocs divers sur l'agriculture française, notamment macroéconomiques, peut être estimé par rapport à un scénario de base. Ces chocs exogènes peuvent être de toutes sortes : chocs sur la demande (ex. baisse de la consommation nationale de viande bovine ; ralentissement des exportations), sur les coûts des intrants (ex. prix de l'énergie), sur les prix mondiaux (ex. du soja) ou sur les prix de facteurs de production comme le travail.

Dans ces deux types d'utilisation, les simulations reposent sur la comparaison des résultats de la « projection centrale » (scénario contrefactuel) avec les « variantes ». Soulignons ici que MAGALI 2.0 ne peut pas être employé comme un modèle de prévision. La figure 2 explicite les différences entre approche prévisionnelle et approche évaluative.

Dans cet exemple d'utilisation du modèle MAGALI 2.0, deux scénarios d'évolution du prix du pétrole sont explorés, le cours de cette matière première impactant tous les secteurs agricoles en renchérissant le coût des intrants. Ce sujet est régulièrement au cœur des préoccupations des acteurs économiques, du fait de la volatilité du prix du baril ces dernières années.

L'analyse choisie est prospective (*ex ante*) : à partir de l'année 2017, deux scénarios d'hypothèses haute et basse du prix du baril sont successivement testés (figure 3). Le premier est celui d'un retour des prix aux valeurs maximales atteintes dans les années 2010, c'est-à-dire environ 110 \$ le baril, tandis que le second consisterait en une réduction des prix pour atteindre les valeurs historiquement basses des années 2000, soit environ 25 \$

Figure 2 : Illustration de la différence entre un modèle prédictif (en haut) et le modèle MAGALI 2.0 (en bas)



le baril. Les résultats indiqués représentent le pourcentage d'écart par rapport à la projection centrale, en moyenne sur les trois dernières années de la projection (de 2019 à 2021).

Dans le scénario haut, où le prix du pétrole est multiplié par deux à terme, les répercussions seraient très importantes sur les produits en dérivant (figure 4) : le prix du fioul domestique hors taxe augmenterait de 86 %, le prix des carburants de 67 % et les produits pétroliers de 52 %. Il s'ensuivrait une diminution de 5 % de la consommation de produits pétroliers. Au total, le prix de l'énergie grimperait de 39 %. Le prix des engrais subirait une inflation de 34 % et leur consommation se contracterait de 11%. Les émissions totales de gaz à effet de serre diminueraient de 4 %, essentiellement en raison de la baisse de l'utilisation des produits issus de la pétrochimie et des engrais.

Figure 3 : Hypothèses de la variante « prix du pétrole

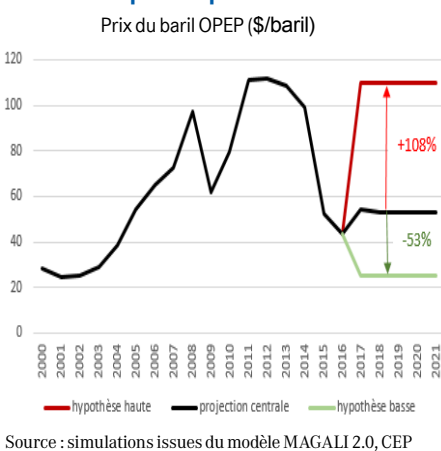
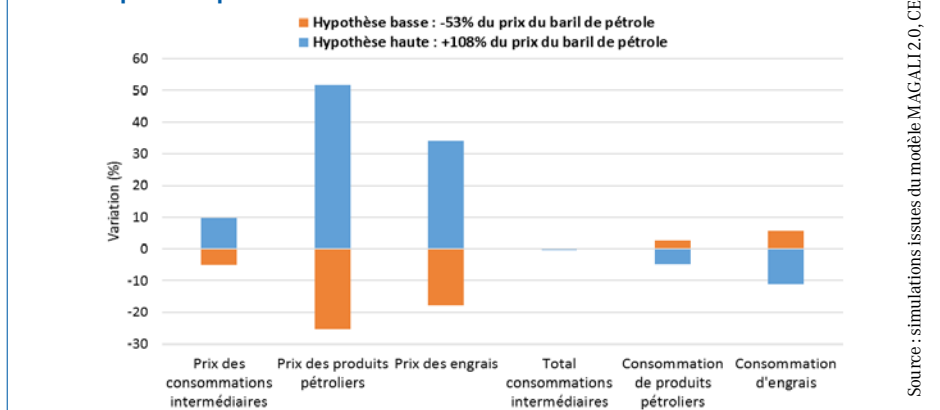


Figure 4 : Impacts des deux scénarios sur le prix et la consommation des engrais, des produits pétroliers et des consommations intermédiaires





L'augmentation du prix du baril de pétrole, en induisant un renchérissement des intrants, pèserait différemment sur les coûts de production de chaque secteur, entraînant une chute des marges plus marquée pour les céréales, oléoprotéagineux (COP) et betteraves (- 29 %), par rapport à celle des autres cultures annuelles (- 6,3 %), des cultures pérennes (- 1,4 %) et de l'élevage (- 5,2 %). Au total, le secteur végétal subirait la plus forte baisse de revenu. L'excédent brut d'exploitation (EBE, soit le chiffre d'affaires, subventions incluses, moins les consommations intermédiaires, les charges salariales et les taxes), baisserait globalement de 26 % pour les cultures destinées à la vente des fermes « mixtes » et des fermes « cultures », contre 8 % pour les ateliers d'élevage des fermes « mixtes ». Ceci s'explique par une augmentation plus limitée des coûts de production des ateliers animaux. L'EBE global du secteur agricole serait réduit de 18 %.

Ce contexte économique serait néfaste à l'emploi, notamment salarié, qui pourrait subir une baisse de 1,4 %, soit environ cinq mille emplois en moins. En comparaison, l'emploi non salarié subirait une baisse de 0,57 %, soit une perte d'environ trois mille emplois.

Au terme de la période de projection, les surfaces allouées aux cultures destinées à la vente diminueraient de 2 % à l'échelle du territoire national, contre une augmentation d'un peu plus de 1 % des surfaces dédiées à l'alimentation animale (intraconsommation en céréales et oléoprotéagineux, et surfaces de prairies et maïs fourrage). Il existe cependant de fortes disparités selon les types de culture. Par exemple, les surfaces de céréales se réduiraient globalement de 3 %, alors que les surfaces dédiées à la culture des protéagineux et soja s'agrandiraient de 10 %. Le renchérissement du prix des engrais et des produits pétroliers

affecterait en effet moins les coûts de production de ces dernières. Les autres superficies resteraient quasiment stables. Les rendements des végétaux seraient légèrement réduits, entraînant des variations moins accentuées des volumes des productions (figure 5). Par ailleurs, sur les exploitations de type « mixte », les surfaces dédiées à la production de fourrage et de COP intraconsommés augmenteraient respectivement de 1,3 et 1,7 %. Une hausse importante du prix du pétrole encouragerait donc l'utilisation des productions végétales des exploitations « mixtes » en intraconsommation.

Inversement, dans le scénario où le prix du baril retrouverait ses valeurs historiquement basses, à 25 \$ le baril (soit une chute de 53 %), les prix des produits pétroliers seraient réduits de 25 %, tout comme le prix du fioul domestique hors taxe (- 42 %), du carburant (- 33 %) et de l'énergie (- 20 %). Parallèlement, le prix des engrais diminuerait de 18 %. De ce fait, la consommation de produits pétroliers serait légèrement à la hausse (+ 3 %), tout comme celle des engrais (+ 6 %). La figure 4 illustre ces résultats. Les émissions de gaz à effet de serre augmenteraient légèrement, de 2 %, principalement du fait de l'augmentation de la consommation d'engrais et de produits pétroliers. La diminution du coût des intrants serait favorable aux marges des ateliers de production et par suite à leurs revenus : les ateliers de productions végétales, des fermes « mixtes » comme de « cultures », verraient leur EBE augmenter de 14 %, contre environ 3 % pour l'EBE des ateliers de productions animales de la ferme « mixte ». Ce scénario est plus propice à l'emploi (+ 0,2 %, soit environ un millier d'emplois salariés et non salariés supplémentaires). Les variations des coûts des intrants entraîneraient par suite une réallocation des surfaces : celles dédiées

aux cultures de vente auraient tendance à augmenter (+ 0,7 %), au détriment de celles consacrées aux productions animales.

\*

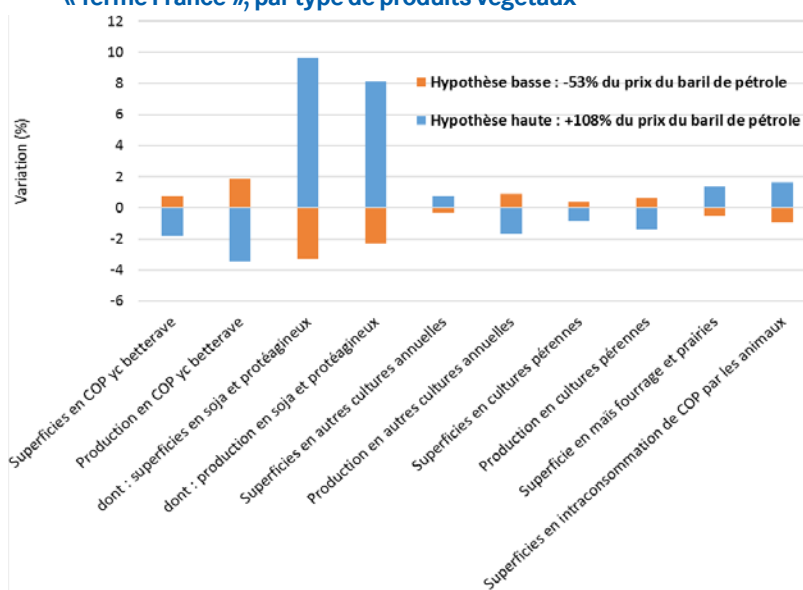
Les deux scénarios d'évolution du prix du pétrole étudiés dans cette note illustrent la capacité du modèle MAGALI 2.0 à simuler les impacts de chocs économiques et politiques de manière assez fine. Le modèle indique des ordres de grandeur sur l'évolution des différents postes de dépenses (engrais, énergie, etc.), les réallocations des superficies et de la production, et les variations du revenu et des emplois (salariés ou non) suivant les types de ferme (« culture » ou « mixte »).

Les résultats des simulations réalisées, à titre d'exemple, sur le prix du pétrole, montrent la forte sensibilité de la performance économique du secteur agricole à cette variable macroéconomique, et en particulier des producteurs de céréales, d'oléoprotéagineux et de protéines végétales.

De nombreuses perspectives s'ouvrent quant à l'utilisation de MAGALI 2.0, en sus des scénarios d'occurrence de chocs économiques. La première concernerait l'évolution du contexte réglementaire de l'agriculture, avec notamment le test de scénarios d'aides à différentes cultures ou productions animales (par ex. un plan protéines végétales ou les réformes de la PAC), ou encore de variations de volumes d'importation et d'exportation de produits animaux. Une deuxième piste consisterait en l'analyse de changements de consommation (par exemple la diminution des achats de viande) sur l'économie agricole et les émissions de gaz à effet de serre.

**José Ramanantsoa, Aurore Payen**  
Centre d'Études et de Prospective

Figure 5 : Impacts des deux scénarios sur la structure et la production de la « ferme France », par type de produits végétaux



Source : simulations issues du modèle MAGALI 2.0, CEP

**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation**  
**Secrétariat Général**  
Service de la statistique et de la prospective  
Centre d'études et de prospective  
3 rue Barbet de Jouy  
75349 PARIS 07 SP  
Sites Internet : [www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr)  
[www.agriculture.gouv.fr](http://www.agriculture.gouv.fr)

Directrice de la publication : Béatrice Sédillot

**Rédacteur en chef : Bruno Héralut**  
Mel : [bruno.herault@agriculture.gouv.fr](mailto:bruno.herault@agriculture.gouv.fr)  
Tél. : 01 49 55 85 75

Composition : SSP  
Dépôt légal : À parution © 2019