

## Impacts possibles du changement climatique sur l'évolution des productions végétales en Russie, Ukraine et Kazakhstan à l'horizon 2065

Dotés de sols très riches et d'un fort potentiel d'accroissement de leurs rendements, la Russie, l'Ukraine et le Kazakhstan occupent une place de plus en plus importante sur les marchés mondiaux des céréales et oléoprotéagineux. Comme tous les pays, ils seront demain confrontés aux effets du réchauffement climatique, avec des territoires soumis à des risques accrus pour leurs rendements tandis que d'autres zones deviendraient propices aux cultures. Un travail prospectif, mené par le bureau BRL ingénierie, a tenté de donner des ordres de grandeur des changements possibles en simulant des rendements à partir de projections climatiques. Deux scénarios thermiques ont été appliqués à ces trois États de la mer Noire. Selon un premier scénario de réchauffement « modéré », la production pour le blé, le maïs et le tournesol serait stable. Un deuxième scénario, de réchauffement « extrême », conduirait à des chutes de rendements régionalement fortes à très fortes. Si certaines régions agricoles frontalières avec la Chine pourraient voir leurs rendements s'accroître, le Nord-Kazakhstan, le sud de la Russie européenne et le pourtour de la mer Noire subiraient des années sèches de façon plus régulière.

**L**a Russie, l'Ukraine et le Kazakhstan sont des pays à fort potentiel agricole, du fait de leur position géographique et de la nature de certains de leurs sols très fertiles. La part des exportations de céréales et oléoprotéagineux va grandissant, grâce à l'accroissement de la production depuis plusieurs années. Avec 160 millions de tonnes de céréales régulièrement produites dans la zone, les exportations s'approchent des 80 millions, quand la France exporte un peu moins de 30 millions de tonnes les bonnes années. Inférieurs de plus de 50 % à ceux d'Europe de l'Ouest, les rendements ont encore un potentiel de croissance important. Toutefois, le risque climatique (gels tardifs, sécheresses) est élevé dans ces pays et la variabilité interannuelle de la production marquée. Dans ce contexte, le changement climatique à venir pourrait avoir, comme dans tous les pays, des impacts sur les conditions de

production. Il pourrait accentuer les risques actuels ou au contraire permettre à des zones encore peu propices à l'agriculture d'être mises en valeur. Dans quelle mesure peut-on anticiper de tels changements ? Quels pourraient être, à moyen terme, les conséquences des variations de température anticipées sur les rendements des surfaces aujourd'hui en culture ?

Une étude du bureau BRL ingénierie<sup>1</sup>, co-financée par le programme ministériel d'études du MAAF, FranceAgriMer et Intercéréales, a cherché à répondre à ces interrogations en simulant l'évolution possible des rendements à l'horizon 2065, pour les terres en agriculture pluviale directement soumises au changement climatique, selon deux scénarios climatiques contrastés. Cette note présente le contexte de cette étude, la méthode employée et les principaux résultats.

### 1 - Évolutions du climat futur et simulation des températures selon deux scénarios contrastés

#### 1.1 - Des pays exportateurs majeurs et un fort potentiel de production

La Russie est le plus vaste pays de la planète, avec près de 17 millions de km<sup>2</sup> ; le Kazakhstan est au neuvième rang avec 2,4 millions de km<sup>2</sup> ; l'Ukraine s'étend sur 603 000 km<sup>2</sup>, soit une surface légèrement supérieure à celle de la France. Ces trois

1. Dominique Olivier, Sébastien Chazot, Mathilde Chauveau, Clément Balique, Martial Bernoux, 2015, *Effet du changement climatique sur le potentiel de développement des productions végétales en Russie, Ukraine, Kazakhstan à moyen terme*, cabinet BRL Ingénierie. Le rapport final est téléchargeable à l'adresse suivante : <http://agriculture.gouv.fr/etude-de-leffet-du-changement-climatique-sur-le-potentiel-de-developpement-des-productions-vegetales>

États disposent de grandes étendues de terres arables, avec près de 180 millions d'hectares, dont beaucoup de terres noires réputées pour leur fertilité. En comparaison, l'Union européenne totalise un peu plus de 100 millions d'hectares arables.

Après une forte baisse de la production agricole consécutive au démantèlement de l'ex-URSS en 1991, la production céréalière de la Russie, de l'Ukraine et du Kazakhstan s'est fortement redressée à partir du milieu des années 2000. Au début des années 1990, la transition rapide d'une économie planifiée à une économie de marché s'est en effet accompagnée de profondes réorganisations, d'une crise économique et d'une forte diminution de la production agricole. La décapitalisation consécutive à la faillite de nombreuses exploitations agricoles d'État a entraîné la disparition d'une partie du cheptel bovin et une réduction de la production végétale. À titre d'exemple, en Ukraine, la production agricole brute a chuté de près de 40 % entre 1991 et 2000.

À partir du milieu des années 2000, si les filières bovines restent en crise, la production de céréales et d'oléagineux se redresse, suite à d'importants investissements productifs privés et à la réorganisation des exploitations. Apparaît une grande diversité d'exploitations, parmi lesquelles de grandes firmes spécialisées dans les productions végétales. En quelques années, la zone de la mer Noire développe son potentiel de production et ses infrastructures portuaires. Russes, Ukrainiens et Kazakhes deviennent d'importants exportateurs, et des concurrents directs de pays tels que la France sur les marchés des matières premières agricoles. En 2014, ces trois pays exportent ainsi plus de 62 millions de tonnes de céréales. Le Kazakhstan exporte 8 millions de tonnes de blé, tandis que la Russie propose majoritairement du blé et de l'orge. L'Ukraine exporte quant à elle une grande quantité de maïs, ainsi que du blé et de l'orge, et s'affirme comme le leader mondial pour l'export d'huiles de tournesol.

Avec des rendements plus de deux fois inférieurs à ceux des agricultures plus intensives de l'ouest européen, un accroissement de la production et des exportations semble possible dans les années à venir. L'impact du changement climatique à venir pose toutefois, pour ces pays comme pour les autres, la question de la durabilité de la production. Ainsi, une récente analyse de la FAO<sup>2</sup>, basée sur des simulations climatiques, anticipe des chutes de production au Kazakhstan et aux abords de la mer Noire. Pour apprécier de façon plus précise ce risque, l'étude conduite par

le bureau BRL ingénierie a simulé l'évolution possible des rendements selon deux scénarios de réchauffement contrastés.

## 1.2 - Une méthode basée sur la comparaison de simulations de rendements suivant des scénarios contrastés d'évolution des températures

Afin d'estimer l'impact possible sur les rendements du changement climatique, la démarche générale de l'étude a consisté à calculer le rendement de trois cultures (blé de printemps, maïs et tournesol), avec le logiciel de simulation de croissance de plante *Aquacrop*<sup>3</sup>, d'une part sous un climat de référence (période 1970-1991), et d'autre part selon deux hypothèses de climat futur possible, à l'horizon 2045-2065. Deux scénarios du GIEC<sup>4</sup> de changement climatique contrastés ont ainsi été retenus. Le premier, qualifié de « modéré », a été construit avec pour hypothèse une évolution maximale des températures de + 2,4°C. À titre de comparaison, l'objectif ambitieux fixé par la COP21 est de contenir l'élévation de la température moyenne de la planète en dessous de + 2°C d'ici 2100. Le second scénario, que l'on peut considérer comme « extrême », anticipe une augmentation de la température de + 4,3°C. L'objectif n'était pas de calculer de façon précise le potentiel de production, mais bien d'avoir une idée des possibles impacts du changement climatique, en suivant une démarche comparative entre scénarios contrastés. De tels travaux, parmi les premiers entrepris sur la zone considérée, sont complexes : ils exploitent des données de simulation climatique récemment mises à disposition des chercheurs, et couvrent un territoire vaste et diversifié.

Ce territoire a été découpé en douze zones climatiques globalement homogènes, dont quatre ont été écartées car impropres à l'agriculture pluviale. Quatre grands types de sol ont en outre été paramétrés dans *Aquacrop* : a) les sols typiques des steppes, b) les sols carbonatés et salinisés, c) les autres sols argileux actifs et enfin d) les sols « avec spécificités marquées ». Les simulations ont porté sur 180<sup>5</sup> situations agropédoclimatiques (croisement des zones climatiques et des zones pédologiques). Pour les deux scénarios climatiques, des simulations de températures ont été réalisées, sous la forme de chroniques sur 20 ans avec un pas de temps mensuel, afin de prendre en compte la fréquence et l'intensité des années particulières, récurrentes dans les pays de la mer Noire. Compte tenu de l'incertitude sur l'évolution des pré-

cipitations, celles-ci ont été supposées identiques à celles observées sur les années 1970-1991. À partir de ces chroniques et des simulations associées, il a été possible d'estimer la variation possible de la production globale et régionale par rapport à la production actuelle, en cas de réchauffement modéré et en cas de réchauffement important.

Comme tout travail portant sur des simulations climatiques et nécessitant de lourds traitements informatiques sur bases de données, celui-ci comporte des limites à prendre en compte dans l'interprétation des résultats. Ainsi, afin de saisir le seul impact des variations de température dues au changement climatique dans les évolutions des rendements, les auteurs ont choisi de ne considérer aucun autre facteur, tel que socio-économique ou agronomique. De la même manière, les surfaces agricoles ont été envisagées comme constantes, les pratiques de défrichement et les substitutions entre espèces cultivées ayant été jugées difficiles à anticiper.

## 2 - Un impact faible sur la production globale pour le scénario de réchauffement « modéré » mais nettement plus marqué pour le scénario de réchauffement « extrême »

Le détail des simulations est disponible dans le rapport final de l'étude. Ne sont présentés ici que les principaux chiffres et conclusions. Les simulations ont permis de calculer, pour les conditions actuelles et chacune des deux projections climatiques, pour chaque zone homogène en termes de climat et de sol, quatre indicateurs :

- le rendement moyen ;
- le nombre d'années avec un rendement inférieur à la moyenne ;

2. Lioubimtseva E., 2015, « Grain Production trends in the Russian Federation, Ukraine and Kazakhstan in the context of climate change and international trade », dans Elbehri A., (editor), *Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade*, FAO, Rome.

3. Un des logiciels de référence pour la simulation de croissance des plantes, développé par la FAO.

4. Données du 4<sup>e</sup> rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (AR4, IPCC 2007), publiées par le site de la Banque mondiale.

5. Parmi les 32 (8 x 4) zones issues du croisement du sol et du climat, 15 ont été retenues pour les simulations, les autres ne présentant pas de potentiel important de culture. Pour chacune de ces 15 zones, et chacun des deux scénarios climatiques, il a été réalisé une simulation pour la situation de référence et une simulation pour la situation future, ceci pour les trois cultures étudiées, soit au final 180 simulations (15 x 2 x 2 x 3).

- le nombre d'années avec un rendement inférieur à 1 t/ha ;
- le rendement atteint quatre années sur cinq.

Ces indicateurs ont par la suite été utilisés pour chiffrer les évolutions de rendement possibles et apprécier la fréquence d'années extrêmes. Les résultats concernent les zones pédoclimatiques, sans prendre en compte les frontières des trois États. Le scénario « modéré » conduirait à un impact faible sur la production globale de

la zone, avec 3 à 4 % de baisse par rapport à un scénario de référence dans lequel la production resterait à son niveau actuel. En revanche, les changements de température, en cas de scénario de réchauffement « extrême », pourraient faire chuter les rendements de façon significative. La baisse de production ainsi simulée pourrait atteindre près de 30 % pour le blé, 70 % pour le maïs et 50 % pour le tournesol. Dans ce scénario, l'occurrence de phénomènes climatiques extrêmes augmenterait, provoquant

des fluctuations de production d'une année sur l'autre plus importantes qu'aujourd'hui. La part des années avec un rendement inférieur à une tonne de blé par hectare pourrait ainsi doubler.

En Ukraine, les impacts sur la production de blé devraient être très limités à modérés selon les scénarios, la grande majorité des cultures localisées à l'ouest du territoire profitant de précipitations globalement suffisantes face aux hausses de températures (figures 1 et 2). Dans l'hypothèse d'un réchauffement global modéré, les rendements en maïs et tournesol ne changeraient pas et bénéficieraient même par endroit du changement climatique. *A contrario*, dans l'hypothèse d'un réchauffement important (scénario « extrême »), la production de ces deux cultures baisserait fortement, ce qui montre que l'incertitude liée au changement climatique dans cette zone est plus importante pour le tournesol que pour le blé.

En ce qui concerne le Kazakhstan, dont la principale culture pluviale est le blé, concentrée dans la zone semi-aride au nord du pays, un changement climatique modéré réduirait légèrement les rendements de la céréale, tandis que la baisse serait forte dans le cas d'un réchauffement très important, avec plusieurs années à rendements nuls susceptibles de remettre en question la production de blé.

Les rendements des trois cultures en Russie seraient quant à eux légèrement à fortement réduits dans l'ouest de la Fédération, suivant le scénario. Dans le cas du scénario de réchauffement « extrême », les régions traditionnelles de culture du blé de l'ouest pourraient connaître de fortes diminutions de rendement tandis que certaines régions plus septentrionales verraient leurs rendements s'améliorer et que de grandes étendues, peu mises en cultures, deviendraient plus productives à la frontière chinoise.

### 3 - Une variabilité pluviométrique plus marquée qu'aujourd'hui pourrait avoir des conséquences importantes

Au delà de l'étude de l'impact des variations de températures, il est apparu utile d'analyser les conséquences possibles de l'évolution pluviométrique. Une autre partie de l'étude a donc consisté à tester la sensibilité de la culture du blé à des variations de températures et de précipitations combinées, toujours à l'aide du modèle de croissance *Aquacrop*, afin d'évaluer l'importance de la variation des pluies, non prises en compte dans le travail de simulation principal présenté ci-dessus.

Figure 1 - Variation du rendement du blé dans le cas d'un réchauffement modéré (scénario « modéré » à + 2,4 °C)

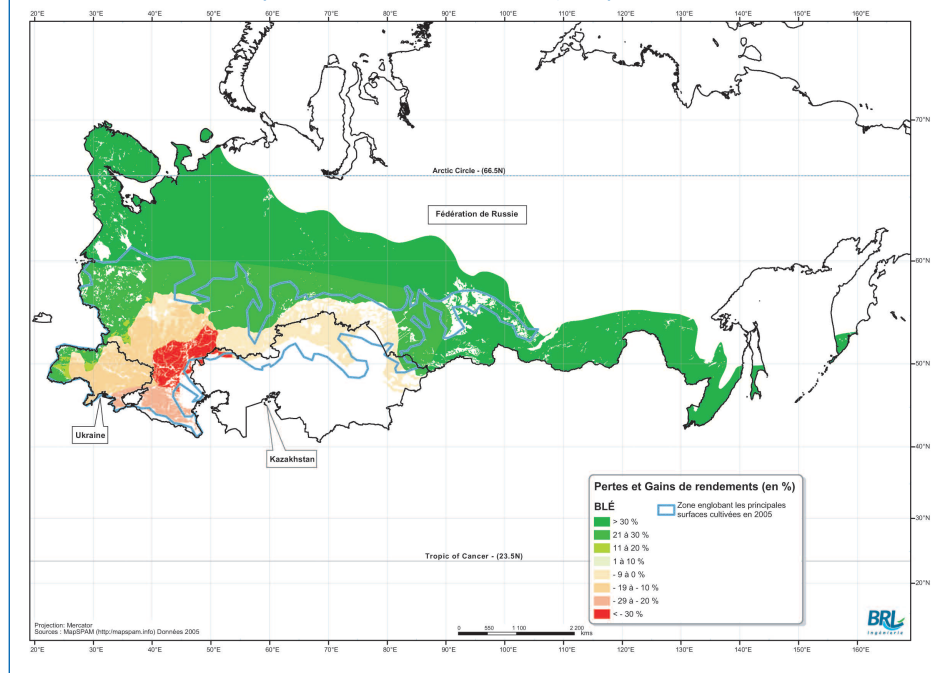
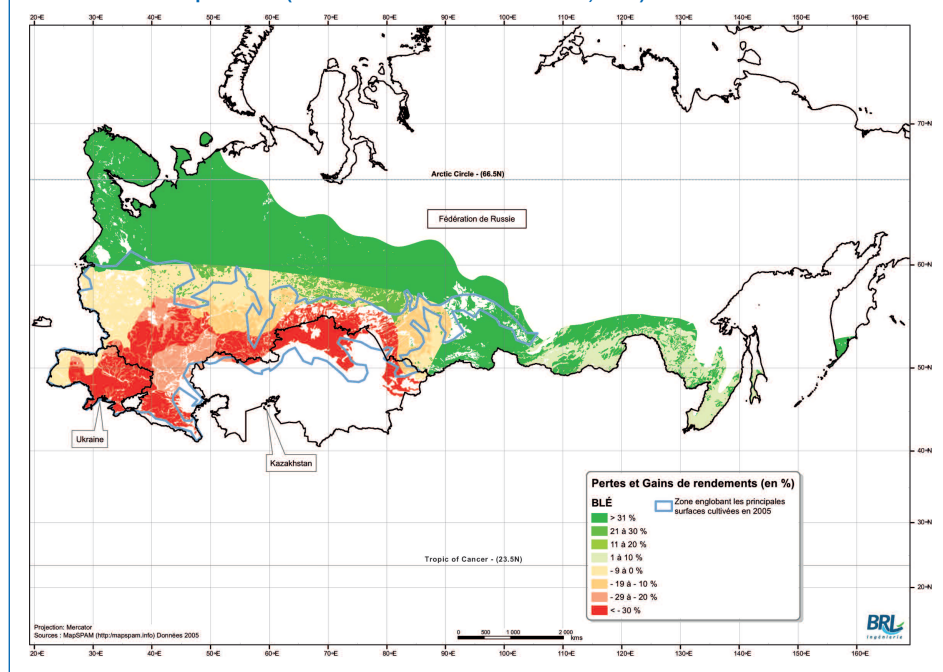


Figure 2 - Variation du rendement du blé dans le cas d'un réchauffement important (scénario « extrême » à + 4,3 °C)



Source : rapport final du cabinet BRL Ingénierie, 2016, page 4 de l'annexe 5

Cette simulation, qui portait sur un type de sol (tchernozeams, dites « terres noires ») et trois zones climatiques, a consisté à faire varier par paliers les températures et les précipitations mensuelles<sup>6</sup>. De nouvelles hypothèses climatiques ont été formulées en partant du climat de référence de la zone, auquel il a été ajouté ou retiré une quantité de pluie et/ou de température. Des gammes de variations de la température (- 6 à + 6 °C, par tranche de 1 °C) et des précipitations (- 60 à + 60 %, par tranche de 10 %), ont été croisées et testées dans le modèle. Pour chacune de ces hypothèses de température, a été recalculée une valeur d'évapotranspiration correspondante.

Dans une des trois zones considérées et dans les conditions de température et de pluviométrie actuelles, le rendement de référence simulé se situe autour de 2,8 t/ha, ce qui correspond aux rendements actuellement observés (figure 3). À pluviométrie constante (courbe 0 %), une élévation de la température moyenne de 1 °C ferait chuter ce rendement à 2,5 t/ha, soit une baisse d'environ 10 %. C'est l'inverse avec une baisse de température de 1 °C, qui engendrerait un rendement supérieur d'environ 10 %. Par ailleurs, avec une augmentation de 15 % de la pluviométrie moyenne (courbe 15 %), le rendement passerait à 3,5 t/ha, soit une amélioration de 25 %.

Ces résultats exploratoires montrent qu'au-delà de l'impact important des changements de températures, les évolutions futures de la pluviométrie pourraient égale-

ment être déterminantes. En particulier, si l'augmentation des températures se combinait à une baisse de la pluviométrie, l'impact climatique sur le rendement serait supérieur aux estimations présentées.

\*

Malgré les incertitudes inhérentes à toute simulation climatique sur le long terme, cette étude exploratoire présente l'intérêt d'illustrer l'impact possible du changement climatique sur la production de blé, maïs et tournesol dans la zone Russie, Ukraine et Kazakhstan, à l'horizon 2065.

À pratiques culturales et surfaces cultivées identiques à aujourd'hui, les simulations concluent à des impacts sur la production assez faible au niveau global en cas de réchauffement « modéré » (+ 2,4 °C) mais contrastés selon les régions. En cas de réchauffement important (+ 4,3 °C), la variabilité interannuelle de la production serait plus forte, les baisses de rendement significatives dans le sud de la Russie, en Ukraine pour les maïs et tournesols et au Kazakhstan pour le blé, tandis que les territoires plus septentrionaux verraient leurs rendements s'améliorer. L'étude souligne également l'importance de la pluviométrie, dont les variations liées au réchauffement n'ont pu être prises en compte dans les simulations.

Ces conclusions rejoignent celles obtenues dans d'autres exercices de simulations agroclimatiques sur d'autres territoires. Ainsi, les simulations d'impact du changement climatique sur l'agriculture française, conduites dans le cadre du projet Climator entre 2007 et 2010<sup>7</sup>, mettaient en évidence les effets potentiellement contrastés du réchauffement sur les possibilités de culture. Sous l'hypothèse d'une augmentation des températures de l'ordre de + 2 °C, les simulations concluaient notamment à des opportunités de nouvelles cultures dans

certaines zones consécutives à l'augmentation des températures, à une augmentation de la variabilité interannuelle des rendements s'accompagnant de hausses moyennes dans les cas où les stress hydriques sont évités ou compensés par des périodes hors stress (cultures d'hiver notamment) ou au contraire de diminutions pour les cultures d'été non irriguées (tournesol notamment). Diverses actions d'adaptation au changement climatiques étaient évoquées (avancée des dates de semis, adaptation des variétés, diversification des cultures, accroissement de l'irrigation, etc.).

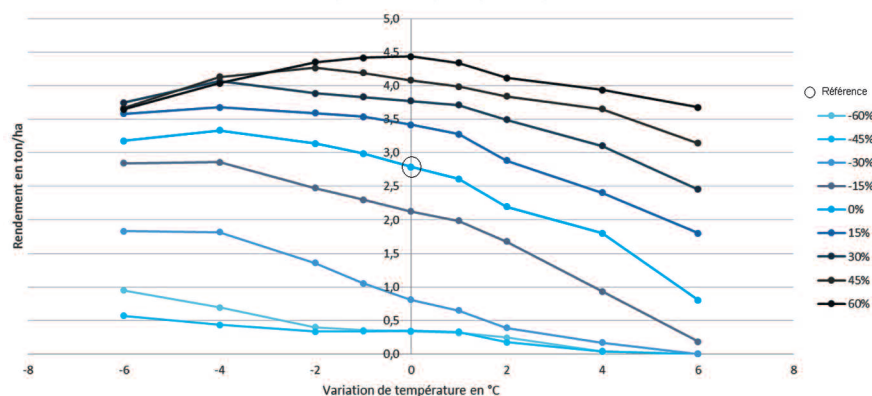
Les simulations détaillées ici ont été effectuées « à comportements identiques ». Il serait intéressant là aussi d'apprécier dans quelle mesure l'adaptation des acteurs pourrait limiter les effets du changement climatique en analysant plus précisément le potentiel offert par le développement de l'irrigation, la modification des pratiques culturales, l'adaptation de l'assolement (par exemple, substitution de blés d'hiver à des blés de printemps, permise par des hivers plus doux) ou la mise en culture de surfaces actuellement non-agricoles. En particulier, certaines zones russes d'Asie, peu exploitées aujourd'hui du fait de la faiblesse des infrastructures de stockage et de transport, pourraient à l'avenir connaître un développement important. Ainsi, l'annonce par les autorités chinoises il y a un an<sup>8</sup> d'un accord « grain russe contre lait chinois » prévoit la construction en Chine d'une ferme de 100 000 vaches, dont le fourrage serait produit dans les plaines russes de l'autre côté de la frontière. Or, d'après les résultats des simulations, les rendements de ces terres devraient bénéficier du réchauffement climatique. La combinaison de changements géopolitiques et climatiques pourrait ainsi conduire à de profondes modifications des flux commerciaux dans cette partie du monde.

6. Du fait de l'important temps de calcul pour ce travail de simulation, l'étude n'a permis de traiter qu'une culture et qu'une partie de la zone considérée.

7. Brisson N., Levrault F. (éd), (2010) « Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impact sur les principales espèces - Le Livre vert du projet Climator (2007-2010) ».

8. <http://www.fwi.co.uk/livestock/china-building-100000-cow-dairy-unit-to-supply-russian-market.htm>

Figure 3 - Évolution du rendement du blé simulé en fonction de la variation de la température et de la pluie (+/- 60 %)



Source : rapport final du cabinet BRL Ingénierie, 2016, annexe 5, page 4

Alexis Grandjean

Centre d'études et de prospective à partir du rapport du cabinet BRL Ingénierie

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt  
 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 Héroult  
 Mel : [bruno.herault@agriculture.gouv.fr](mailto:bruno.herault@agriculture.gouv.fr)  
 Tél. : 01 49 55 85 75

Composition : SSP Beauvais  
 Dépôt légal : À parution © 2016