

## Etude CLIP « Eau et biocarburants 2030 »

Impacts sur l'eau du développement des biocarburants en  
France à l'horizon 2030

**RAPPORT TECHNIQUE**

Daphné LORNE

Jean-François BONNET



## Etude CLIP « Eau et biocarburants 2030 »

L'étude, réalisée dans le cadre du CLIP, a été conduite par Daphné Lorne (IFP) et Jean-François Bonnet (Laboratoire Trefle<sup>1</sup>) (maîtrise d'ouvrage : IDDRI).

Elle a été financée par :

Agence de l'eau Adour Garonne (contact : Martine Gaëckler)  
Agence de l'eau Seine et Normandie (contact : Sonia Decker)  
Veolia (contact : Jacques Hayward)  
Total (contact : Véronique Hervouet)

Elle rassemble un comité de pilotage dont la composition est la suivante :

Eva Bourdat (Ministère de l'agriculture – SG - MAPS)  
Michel Colombier (IDDRI)  
Sonia Decker (Agence de l'eau Seine Normandie)  
Martine Gaëckler (Agence de l'eau Adour Garonne)  
Jacques Hayward (VEOLIA Environnement)  
Véronique Hervouet (Total)  
Hubert Kieken (IDDRI)  
Arnaud Mokrani (Agence de l'eau Seine Normandie)  
Jean-Luc Peyron (ECOFOR)  
Anne Prieur-Vernat (IFP)  
Alain Pindard (Ministère de l'Agriculture - DGPEI)  
Cécile Querleu (VEOLIA Environnement)  
Arthur Riedacker (INRA Ivry)  
Andrea Seiler (Ministère de l'Agriculture)

---

<sup>1</sup> TREFLE: UMR CNRS 8508, ENSAM, Univ. Bordeaux 1, ENSCPB - Transfert Ecoulements Fluides Energétique

## Sommaire

1.	Présentation de l'étude .....	6
1.1.	Contexte.....	6
1.2.	Objectifs de l'étude.....	8
1.3.	Principaux éléments de cadrage de l'étude.....	9
2.	Méthodologie générale .....	11
2.1.	Principes méthodologiques .....	11
2.1.1.	Les scénarios .....	11
2.1.2.	L'évaluation : objectifs .....	11
2.1.3.	L'évaluation : méthode, outils.....	11
2.1.4.	Validation, expertise .....	12
2.2.	Construction des scénarios : principales hypothèses structurantes.....	12
2.3.	Evaluation des scénarios .....	13
2.3.1.	Comparaison d'une situation 2030 à une situation 2006.....	13
2.3.2.	Évaluation de la variation des pressions induite par la conversion des sols entre 2006 et 2030 : matrices de conversion 2030– 2006.....	14
2.3.3.	Evaluations en quantité d'eau : Pressions quantitatives par les bilans hydriques.....	15
2.3.4.	Evaluations en qualité d'eau : pressions nitrates.....	16
2.3.5.	Evaluations en qualité d'eau : pressions pesticides .....	16
2.4.	Avertissement et remarques préliminaires sur la démarche et l'interprétation... .....	16
3.	Les 4 scénarios 2030 .....	18
3.1.	Les biocarburants en France .....	18
3.2.	La construction des scénarios biocarburants: éléments de méthode .....	21
3.2.1.	Démarche de construction .....	21
3.2.2.	Transcription des scénarios en assolements 2006 et 2030.....	29
3.2.3.	Matrices de conversion des sols .....	33
3.3.	Scénario 1A – 5 Mtep .....	34
3.3.1.	Scénarios énergétiques d'incorporation de 5 Mtep de biocarburants de première génération dans les transports en 2030.....	34
3.3.2.	Demande nationale en surfaces et produits agricoles pour la production de 5 Mtep de biocarburants.....	34
3.3.3.	Déclinaison du scénario 1A à l'échelle du Bassin Seine-Normandie.....	38
3.3.4.	Déclinaison du scénario 1A à l'échelle du Bassin Adour-Garonne .....	41
3.4.	Scénario 1B – 5 Mtep .....	43
3.4.1.	Scénarios énergétiques d'incorporation de 5 Mtep de biocarburants G1 et de biogaz dans les transports en 2030 .....	43
3.4.2.	Demande nationale en surfaces et produits agricoles pour la production de 5 Mtep de biocarburants et de biogaz .....	45
3.4.3.	Déclinaison du scénario 1B à l'échelle du Bassin Seine-Normandie.....	47

3.4.4.	Déclinaison du scénario 1B à l'échelle du Bassin Adour-Garonne .....	49
3.5.	Scénario 2 – 20 Mtep.....	52
3.5.1.	Demande nationale en surfaces et produits agricoles pour la production de 20 Mtep de biocarburants.....	53
3.5.2.	Déclinaison du scénario 2 sur le bassin Seine-Normandie .....	55
3.5.3.	Déclinaison du scénario 2 sur le bassin Adour Garonne.....	57
3.6.	Scénario 3 – Préservation des ressources en eau .....	58
3.6.1.	Détermination du cahier des charges des pratiques et cultures dédiées appropriées .....	58
3.6.2.	Production nationale de biocarburants obtenue par le système de cultures dédiées choisi.....	60
3.6.3.	Déclinaison du scénario 3 sur le bassin Seine-Normandie .....	62
3.6.4.	Déclinaison du scénario 3 sur le bassin Adour Garonne.....	63
3.7.	Synthèse des caractéristiques des scénarios .....	66
4.	Pression sur les ressources en eau en quantité.....	67
4.1.	Généralités. Contexte de l'évaluation. ....	67
4.2.	Méthode : établissement de bilans hydriques des cultures moyennes.....	68
4.2.1.	Résumé de la méthode .....	68
4.2.2.	Changement d'échelle et cultures type .....	69
4.2.3.	Etablissement des bilans hydriques.....	71
4.2.4.	Les termes du bilan hydrique : critères de pression quantitative évalués	76
4.2.5.	Commentaires de validité et perspectives d'amélioration de la méthode ..	77
4.3.	Les bilans hydriques des cultures type.....	78
4.3.1.	Résultats obtenus.....	78
4.3.2.	Profils de bilans hydriques moyens.....	79
4.4.	Comparaison des scénarios : Bilans des conversions de sols pour les critères de quantité d'eau.....	80
4.4.1.	Conversion des surfaces.....	80
4.4.2.	Bases de référence.....	80
4.5.	Comparaison des scénarios sur les grands bassins.....	81
4.5.1.	Comparaison par indicateurs .....	81
4.5.2.	Eléments de discussion des indicateurs.....	83
4.5.3.	Comparaison des scénarios.....	83
4.6.	Analyse des résultats par scénario sur les grands bassins.....	87
4.6.1.	Adour Garonne .....	87
4.6.2.	Seine Normandie.....	92
4.7.	Conclusions de l'étude des pressions en quantité sur les ressources des grands bassins .....	98
5.	Pressions sur les ressources en eau en qualité : Pression azote.....	103



5.1.	Généralités. Contexte de l'évaluation.....	103
5.1.1.	Généralités .....	103
5.1.2.	Ecriture du bilan azote .....	104
5.1.3.	Formation des fuites d'azote. Gestion de l'interculture .....	105
5.1.4.	Bilans d'azote régionaux.....	106
5.2.	Aspects méthodologiques.....	107
5.2.1.	Difficultés méthodologiques et approches envisagés par des études existantes.....	107
5.2.2.	Méthodes envisagées.....	108
5.2.3.	Méthode retenue. Prise en compte du fonctionnement des cultures et des spécificités des bassins. Avantages et limites .....	109
5.3.	Comparaison des scénarios par indicateur.....	117
5.3.1.	Fuite d'azote .....	117
5.3.2.	Concentration en nitrates sous racinaire.....	119
5.3.3.	Synthèse.....	122
5.4.	Analyse par scénario sur les grands bassins .....	122
5.4.1.	Adour Garonne .....	122
5.4.2.	Seine Normandie.....	128
5.5.	Conclusions de l'étude des pressions en qualité par les nitrates.....	137
6.	Pressions sur les ressources en eau en qualité : Pression phytosanitaire.....	138
6.1.	Généralités. Contexte de l'évaluation.....	138
6.1.1.	Terminologie et Définition : les produits phytosanitaires .....	138
6.1.2.	L'eau et les enjeux liés à l'épandage des produits phytosanitaires .....	139
6.1.3.	Contexte de l'évaluation.....	140
6.2.	Méthode. Indicateurs disponibles .....	142
6.2.1.	Sélection des outils, objectif pour l'étude .....	142
6.2.2.	Indicateur de pression polluante.....	143
6.2.3.	Indicateur de présence dans de milieu.....	145
6.3.	Intégration des indicateurs et résultats obtenus par scénarios .....	149
6.3.1.	Hypothèses communes aux deux évaluations.....	149
6.3.2.	Évaluation de la pression polluante.....	150
6.3.3.	Évaluation du risque de pollution pour le milieu .....	156
6.3.4.	Conclusion générale sur les pressions des pratiques phytosanitaires .....	169
7.	Conclusion .....	171
8.	Glossaire.....	178
10.	Annexes .....	184

# 1. Présentation de l'étude

## 1.1. Contexte

La présente étude propose une évaluation des implications sur les ressources en eau du déploiement de la production agricole destinée à alimenter des scénarios prospectifs contrastés de développement des biocarburants en France à 2030.

Dans le langage courant, on appelle biocarburants des combustibles liquides ou gazeux utilisés pour alimenter des moteurs de véhicules et produits à partir de matières végétales, aussi appelées biomasse. Ils peuvent provenir de l'agriculture, de la sylviculture, de la transformation de produits animaux ou de la fraction biodégradable des déchets.

On distingue les filières biocarburants issues de produits de récoltes agricoles (grains de blé, maïs, colza etc.) dites de **première génération**, des filières issues des composés lignocellulosiques d'espèces herbacées à ligneuses pouvant s'agir de produits cultivés en plante entière (Triticale notamment) ou d'espèces actuellement pas ou peu valorisées. Il s'agit alors des filières de **deuxième génération**. Les premières permettent la production de biocarburants actuellement commercialisés sous le nom d'éthanol, en substitut à l'essence, et de biodiesel ou EMHV<sup>2</sup>, en substitut au gazole. Le biométhane carburant, issu de la production de biogaz par méthanisation de la biomasse, est également une technologie connue et à l'heure actuelle en France en cours de développement pour des flottes captives. Les filières de deuxième génération, actuellement en cours de recherche et développement, sont quant à elle en mesure de produire également de l'éthanol par un procédé nécessitant un prétraitement plus poussé de la biomasse, ainsi que différents types de carburants de synthèse, soit liquides en substitut au gazole (BtL<sup>3</sup>), ou encore gazeux pour un usage sur véhicules dédiés. On parle également de filières de génération 1bis pour un biodiesel obtenu par hydrotraitement d'un large panel d'huiles végétales et animales ; et également de filières de troisième génération mobilisant la biomasse algale. Celles-ci ne sont pas considérées dans la présente étude. Une description plus complète des filières biocarburants considérées dans l'étude est présentée en Chapitre 3

L'Union Européenne a créé un **cadre communautaire** pour promouvoir l'usage des biocarburants afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre, l'impact environnemental du transport, et d'accroître la sécurité de l'approvisionnement. La Directive 2003/30/EC du 8 mai 2003, visant à promouvoir l'utilisation de biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports, établit les bases de la promotion des carburants de substitution au sein de l'Union Européenne. Elle précise en particulier que les États membres devraient veiller à ce qu'un pourcentage minimal de biocarburants et autres carburants renouvelables soit mis en vente sur leur marché, et fixer, à cet effet, des objectifs nationaux. Sur la base d'un taux d'incorporation de 5,75% PCI<sup>4</sup> en 2010, et de 10% PCI en 2020 à l'échelle européenne, le gouvernement français a alors fixé un taux national de 5,75% de biocarburants dans les carburants routiers à l'horizon 2008 et 7% en 2010.

---

<sup>2</sup> EMHV : Ester Méthylique d'huile végétale

<sup>3</sup> BtL: Biomass-to-Liquid

<sup>4</sup> PCI: Pouvoir Calorifique Inférieur

Le 7 juillet 2008, le comité ENVI<sup>5</sup> du Parlement européen a voté un certain nombre d'amendements précisant les objectifs et les modes d'utilisation des biocarburants. Parmi eux, le Parlement propose notamment un taux d'incorporation de 8 à 10% en 2020, dont 40 à 50% devront provenir d'électricité ou d'hydrogène d'origine renouvelable, de biogaz, ou de carburants issus de la biomasse lignocellulosique et algale. Cet objectif devra être révisé en 2015 en fonction du bilan d'expérience de la politique des énergies renouvelables à cet horizon. D'autres amendements préconisent par ailleurs la prise en compte d'un certain nombre de critères de durabilité (respect de la biodiversité, consommation des ressources naturelles (eau, sols), émissions de gaz à effet de serre, et autres critères socio-économiques) pour conditionner l'éligibilité des différentes filières biocarburants.

Ces critères, actuellement en cours de définition, présentent encore des **difficultés d'évaluation importantes** et nécessitent des approches spécifiques. Au premier plan des impacts environnementaux insuffisamment connus, sont les impacts locaux. Les ressources en eau sont parmi les milieux naturels les plus directement concernés, au titre des impacts locaux.

Dans ce **contexte de questionnement**, voire de remise en cause de la durabilité des filières (bilans énergétiques, compétition avec l'alimentaire, impacts environnementaux), les besoins de connaissance pour éclairer la décision publique sont encore très grands. La présente étude constitue une contribution à la connaissance générale des impacts sur les ressources en eau, et aux approches méthodologiques qu'il est nécessaire de mettre en œuvre pour appréhender les relations avec les ressources en eaux du territoire.

Le **contexte réglementaire de l'eau** en France est marqué par différents traits caractéristiques :

- l'organisation de la gestion de l'eau, depuis la loi sur l'eau de 1964, repose sur la **gestion par Grands Bassins hydrographiques**, dans le cadre fixé par le législateur. Au nombre de 6, ces Grands Bassins sont chacun dotés d'une institution politique, le Comité de Bassin, statuant sur les orientations en matière de gestion de la ressource, et d'un organisme opérationnel, l'Agence de l'eau, en charge de l'application de la politique. Cet organisme est le moteur d'un système de redistribution de redevances liées aux usages de l'eau pour des actions de bonne gestion et de dépollution des ressources.
- Sur les principes réglementaires, de façon simplifiée, l'eau paye l'eau : les coûts de mobilisation et de dépollution de l'eau ne sont pas répartis à l'échelle nationale (péréquation), mais sont répercutés au niveau de l'usage global de la ressource par bassin. L'application diffère toutefois selon le type d'usager : consommateur d'eau potable, industriel, agriculteur, etc. Bien que la mise en œuvre de ces principes soit difficile au niveau agricole, elle tend à se mettre en place, comme en témoigne par exemple la généralisation des comptages pour l'irrigation.

Plusieurs principes des lois françaises sur l'eau de 1964 et 1992 ont été repris par la **Directive cadre européenne sur l'eau (DCE)**, datant de 2000, dont la gestion de l'eau par Bassins (Districts hydrographiques) et qui apporte un élément nouveau : l'objectif de résultat en matière de préservation de la ressource. La notion de masse d'eau, échelle unitaire d'appréciation de l'état des ressources en eau, est introduite par la Directive, qui fixe un **objectif de retour au « bon état écologique de l'eau » à échéance fixée**. Compte tenu de la progression nécessaire dans la mise en place des améliorations, des échéances régulières ont été définies : 2015, 2021, 2027, ... Dans le cadre de la transcription par les

---

<sup>5</sup> The European Parliament's Environment, Public Health and Food Safety Committee (ENVI)

Etats membres des Directives européennes, la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA), votée en 2006, renforce le dispositif existant pour la protection de la ressource et instaure les objectifs de retour au bon état.

Il est à noter que, préalablement à la DCE, la **Directive européenne « nitrates » de 1991** avait fixé le cadre de maîtrise des pollutions azotées. La France a été plusieurs reprises menacée par l'Europe de verser des amendes pour les retards pris dans la mise en œuvre de cet objectif, d'assez nombreux points de prélèvement pour l'eau potable (en Bretagne, notamment) captant une eau dépassant le seuil de concentration en nitrates dans l'eau potable (50 mg/l). La mise en œuvre de la Directive « nitrates » a conduit à définir en France les « zones vulnérables », fortement impactées par la pollution azotée.

L'étude s'attache à traiter la situation des deux Grands Bassins dont les Agences sont intervenues pour le suivi technique et financier : Adour Garonne et Seine Normandie. Représentant à eux deux près de la moitié de la production agricole nationale, ils présentent en outre l'intérêt de monter des situations climatiques assez diverses, représentant le « Nord » et le « Sud » du pays.

#### **Le CLIP : Club d'Ingénierie Prospective Energie et Environnement.**

Cette structure souple qui regroupe des partenaires institutionnels, des établissements de recherche, des centres techniques, des entreprises industrielles, est animée par l'Iddri, et fournit aux décideurs des images concrètes de scénarios prospectifs. Pour cela, il conduit des études sur le potentiel des nouvelles filières énergétiques, la pénétration de nouvelles technologies dans différents contextes géographiques et sociaux, avec leurs conséquences sur l'environnement, notamment sur les émissions de CO<sub>2</sub>. Ces études sont publiées dans la revue Les cahiers du CLIP.

Le CLIP a été créé en janvier 1993. Ses membres actuels sont : l'ADEME, le BRGM, le CEA, le Cirad, le Citepa, le CNRS, le CSTB, EDF, la Fnade, GDF, l'IFP, l'Ineris, l'INRA, l'Inrets, le GIE Recherche PSA Renault, l'ONF, la SNCF et le SNET. Participent au comité de coordination et d'orientation scientifique les ministères chargés de la recherche, de l'environnement, de l'industrie, des transports et du logement, de l'agriculture, ainsi que le Commissariat général du Plan.

### **1.2. Objectifs de l'étude**

Le questionnement de l'étude est précis : en admettant que la production de biocarburants est fixée à un certain niveau de production, quel pourra être l'impact sur les ressources en eau selon différents choix de développement (production agricole, technologie disponible pour la production des biocarburants) ?

Les autres aspects environnementaux sont à traiter par ailleurs, en dehors de la présente étude. Cela ne signifie pas que les critères « eau » doivent occulter les autres critères, mais qu'ils semblent devoir mériter un traitement à part entière. Les autres critères environnementaux sont également importants : bilan énergie, bilan gaz à effet de serre, sont bien entendu au premier plan de ces critères, mais ils ne sont pas les seuls à devoir être pris en compte.

*En complément à ce Rapport Technique, un rapport sous forme de "Cahier du CLIP" est également disponible. Cette version synthétique est plus facilement accessible aux lecteurs non expérimentés ou souhaitant prendre connaissance de l'étude sans nécessité d'approfondir l'ensemble des détails méthodologiques et résultats intermédiaires. Cette*

*seconde version est ainsi allégée en données sources, en annexes, en justification de certains choix méthodologiques, et en illustration de résultats intermédiaires.*

### 1.3. Principaux éléments de cadrage de l'étude

La prospective n'est pas la prévision mais la construction dans le présent d'avenirs envisageables dans le but de mettre en lumière des tendances à relativement long terme d'un secteur, d'identifier des opportunités et défis émergents.

De caractère prospectif, les scénarios définissent des niveaux de production de biocarburants, pour lesquels les impacts sur l'eau sont évalués, sans avoir vocation à prédire l'organisation du paysage agricole d'un bassin, ni même à prédire l'organisation des filières biocarburant à l'horizon 2030.

L'évaluation de l'impact de la production de biocarburants 2030 est réalisée en comparaison avec un contexte agricole et énergétique correspondant à l'année 2006 afin que la situation de référence soit relativement proche et connue de tous.

L'**horizon 2030** a été retenu comme horizon prospectif de manière à s'affranchir des phases de transitions et des ajustements correspondants envisageables à plus courts termes. Les différentes technologies employées dans les scénarios peuvent raisonnablement être considérées comme matures à cet horizon. Par souci de simplification et d'homogénéisation de la présentation des évaluations, tous les scénarios sont évalués à 2030 en comparaison de l'année de référence 2006. Il faut cependant noter que certains scénarios se basent uniquement sur le développement des filières de première, déjà implantées aujourd'hui (par exemple, éthanol de betterave ou de blé, biodiesel de colza ou tournesol). Ce type de scénario peut selon toute vraisemblance être déployé à **un horizon plus proche que 2030**. Les résultats de l'évaluation de ces scénarios, en termes de pression sur l'eau, pourraient ainsi être interprétés à horizon 2015 par exemple (première date butoir de la DCE).

**Dans tout le document, il est fait référence à l'année 2030 comme le terme de l'évolution des scénarios. Il faut comprendre que, pour les scénarios 1A et 1B en particulier, cet horizon du scénario pourrait de façon équivalente être pris à 2015 ou 2020. En revanche, les scénarios 2 et 3, qui reposent sur le développement de technologies actuellement non commercialement accessibles, sont à envisager au terme de 2030.**

En dehors de la production de biocarburants française, **aucune rupture** n'est ici envisagée **concernant la demande globale en carburants et la surface agricole utile** du pays. En effet, peu de scénarios prospectifs de référence évoquent ce type de paramètres à l'horizon 2030. Par ailleurs, la consommation totale nationale de carburants routiers en 2030 est considérée comme identique à la consommation actuelle, soit 42 Mtep tout carburants confondus.

Il a, par ailleurs, été convenu qu'à l'échéance 2030, le changement climatique n'aurait pas d'impact notable sur les scénarios agricoles.

Le choix de focaliser le travail sur des **scénarios de production agricole** pour les carburants s'explique par la nécessité de centrer l'étude sur la question des impacts avec les ressources en eau. Peu traitée quantitativement, cette question a soulevé des difficultés méthodologiques importantes, et a nécessité de concentrer les efforts sur le cœur du questionnement, et sur les flux quantitativement très importants impliqués

dans la production végétale. Il est admis, de fait, que **d'autres études peuvent traiter par ailleurs la problématique de la demande en carburant**, et que les scénarios de production agricole décrits ici sont découplés de l'élaboration de scénarios de demande. Ils ne présagent pas des éventuels échanges de biocarburants sur les marchés internationaux (ex: éthanol brésilien) et d'exportation (ex: contribution de la France et d'autres pays à une demande européenne). Le choix de définir des scénarios de production traduit cette réalité, sans pour autant aborder la question de l'approvisionnement en carburant de façon conservatoire.

Chacun des scénarios est évalué à l'échelle de **deux bassins hydrographiques** français aux contextes contrastés en terme de disponibilités en ressources naturelles (eau, sols, climat notamment): le bassin Seine-Normandie et le bassin Adour-Garonne.

#### Les attendus du travail

La présente étude constitue une évaluation principalement quantitative de scénarios prospectifs de développement des biocarburants. Elle repose sur des développements méthodologiques spécifiques qui constituent une contribution aux méthodologies d'évaluation environnementales des bioénergies, sous l'angle des pressions sur les ressources en eau en termes de quantité et de qualité.

Elle comprend également :

- une proposition de scénarios contrastés, en termes de volume de production, de technologies de degrés de maturité différents, et de priorité donnée ou pas à l'environnement.
- un travail d'évaluation sur des scénarios de production agricole pour les biocarburants
- un travail d'évaluation à l'échelle de deux grands Bassins hydrographiques.
- un travail en interaction entre l'agronomie et « l'énergétique générale » appliquée aux objets de l'agronomie. Ce premier travail a nécessité des croisements et contacts interdisciplinaires, et a montré le besoin et l'intérêt de développer ultérieurement ces méthodes d'évaluation.

Elle ne comprend pas :

- une recherche de scénarios de rupture sur la demande en carburants : le travail est focalisé sur des scénarios de production agricole pour les carburants, afin de traiter principalement la question des impacts sur les ressources en eau.
- une recherche d'optimisation des ressources naturelles pour les bioénergies
- une analyse environnementale multicritères des biocarburants
- une analyse environnementale au sens réglementaire du compartiment eau de plans ou programmes gouvernementaux existants
- un argumentaire pour ou contre la production de biocarburants
- une étude comparative avec les autres voies de production et de valorisation des bioénergies



## 2. Méthodologie générale

Ce chapitre reprend sous forme synthétique les grands éléments de méthode des différentes parties de l'étude dont on trouvera une description plus détaillée dans chacune des parties correspondantes.

### 2.1. Principes méthodologiques

#### 2.1.1. *Les scénarios*

Les scénarios sont construits, suivant en cela une démarche générale des études CLIP, comme des **images construites d'un futur** qui ne cherchent pas à prédire ou projeter les tendances. Il s'agit donc de scénarios :

- à caractère prospectif,
- élaborés à long terme, avec des discontinuités possibles avec les tendances actuelles (ruptures possibles),
- proposant des images contrastées du futur,
- ne visant pas à l'exhaustivité : il ne s'agit pas de balayer le champ des possibles avec des scénarios haut – moyen – bas selon différents itinéraires, mais de déterminer une transcription possible d'un schéma dans le long terme

#### 2.1.2. *L'évaluation : objectifs*

L'évaluation vise en premier lieu à donner une appréciation des **impacts sur l'eau** des images possibles du futur 2030 qui sont proposées ici :

- elle focalise sur les ressources en eau :
  - o en quantité,
  - o en qualité,
- elle procède par une approche en pression sur les ressources,
- l'approche est quantitative et se situe aux grandes échelles : territoire national, échelle de deux grands Bassins hydrographiques.

#### 2.1.3. *L'évaluation : méthode, outils*

Méthode :

- changement d'échelle,
- systèmes modèle,
- bilans physiques

L'évaluation des pressions repose ici sur trois principes :

- Principe de changement d'échelle et « prise de moyenne » à grande échelle : les évaluations à grande échelle reposent sur la construction d'objets moyens (exemple : une culture moyenne de colza dans le Nord) à petite échelle technique dont on propose un fonctionnement. Les objets moyens sont définis en intégrant les informations statistiques valables à la grande échelle. Une culture moyenne est définie par :
  - o une espèce
  - o une pratique culturale (saison, irrigation, fertilisation, traitement,...)
  - o un rendement moyen
  - o un sol moyen.
- Ecriture de bilans conservatifs. Les grandeurs recherchées (flux d'eau, flux d'azote, etc.) sont évaluées par un modèle physique à petite échelle lorsqu'il

est possible d'écrire un modèle de bilan conservatif. Les modèles proposés ne sont pas prédictifs, mais descriptifs du fonctionnement des objets moyens. Ils permettent ainsi d'obtenir des indicateurs quantitatifs traduisant des pressions exercées sur l'eau.

- Lorsque les bilans conservatifs ne s'appliquent pas, ou s'appliquent difficilement (par exemple pour les pesticides : diversité des substances, difficulté à établir des bilans de conservation sur un grand nombre de substances), on a recours à des évaluations à l'aide d'indicateurs plus qualitatifs.

#### Terminologie : nature des indicateurs environnementaux

Parmi les indicateurs d'évaluation envisageables on distingue :

- les indicateurs de **Pression**, qui décrivent par exemple la pression polluante exercée par les activités agricoles (ex : quantité d'azote contenue dans la lame drainante).
- Les indicateurs d'**Etat** qui décrivent l'évolution des caractéristiques des milieux récepteurs en relation avec les transferts de substances étudiées et les délais de réponse des milieux. Ce type d'indicateurs nécessite de travailler à partir de données de mesure de terrain difficile à mettre en oeuvre dans l'étude.
- Les indicateurs d'**Impact** apportant des renseignements sur les perturbations induites par les modifications de l'état du milieu (ex : eutrophisation d'un milieu). Ceux-ci requièrent la prise en compte d'un nombre important de facteurs spatio-temporels pouvant nécessiter la mise en oeuvre de modèles.
- Enfin, les indicateurs de **Réponse** qui permettent d'évaluer les efforts consentis et décrivent les moyens de lutte contre les pollutions (humains, financiers, équipement), leur degré de mise en oeuvre, (état d'avancement) ainsi que leur efficacité. Cette approche, ne fait pas partie du champ d'investigation de l'étude.

**Ce sont ainsi des indicateurs de pression, quantitatifs dans le cas de l'évaluation des effets des besoins en eau et sur l'effet de l'azote agricole, et plus qualitatifs dans le cas des effets des produits phytosanitaires, qui ont été retenus pour l'ensemble de l'étude**

#### 2.1.4. Validation, expertise

Outre les réunions du comité de pilotage de l'étude, divers experts ont été sollicités pour

- la mise au point de jeux de données de référence notamment lors de réunion avec des experts agronomes et forestiers,
- la validation de la cohérence de résultats sur documents par des sollicitations ponctuelles d'experts,
- l'obtention de résultats de modélisation lors de réunions de travail (INRA Toulouse).

## 2.2. Construction des scénarios : principales hypothèses structurantes

La démarche de construction des scénarios à partir de scénarios prospectifs existants est présentée en détail dans le paragraphe 3.2.1. Il convient cependant de préciser quelques grandes hypothèses définies en amont de cette démarche de construction.



Dans cette étude, chacun des scénarios se base sur une production de **biocarburants issue de cultures** (ou sous-produits de cultures) produites **sur la surface agricole utile** (SAU) telle qu'elle est définie aujourd'hui. L'évaluation chiffrée de l'évolution de la SAU étant peu documentée dans les scénarios prospectifs, c'est le choix de la stabilisation de la surface qui a été retenu.

Par ailleurs les **surfaces forestières ne sont pas prises en compte**. La construction des scénarios de production est consacrée aux seules surfaces agricoles et peupleraies de manière à faciliter le cadrage des scénarios en termes d'identification des surfaces disponibles. Cette hypothèse ne rend cependant pas impossible la mobilisation de ressources ligneuses cultivées sur terres agricoles (TCR<sup>6</sup>, TTCR<sup>7</sup>), des surfaces de **TCR** d'eucalyptus subventionnées envisagées en région, ainsi que des **peupleraies**, dont l'exploitation emploie des techniques proches des pratiques agricoles.

Les importations possibles de biocarburants et/ou de biomasse ne sont pas prises en compte dans l'étude car seuls les risques d'impact sur les ressources en eau du territoire français sont évalués. Ils ne sont pour autant pas exclus de l'approvisionnement français en biocarburants pour répondre aux objectifs énergétiques européens.

S'agissant de **scénarios de production** de biocarburants et non de demande, les importations possibles de biocarburants et/ou de biomasse ne sont pas prises en compte dans l'étude car seuls les risques d'impact sur les ressources en eau du territoire français sont évalués. Ils ne sont pour autant pas exclus de l'approvisionnement français en biocarburants pour répondre aux objectifs énergétiques européens.

La demande en carburant n'est pas explicitement analysée. Toutefois, lorsque c'est utile à la présentation des scénarios, une proposition de demande en carburant vraisemblable est décrite. C'est dans un souci de cohérence des scénarios de production qu'il peut, à titre indicatif, être fait référence à des scénarios de demande en carburants, flottes de véhicules etc. En effet, les scénarios d'incorporation de biocarburants peuvent être envisagés dans différents types de transports - bien que le transport routier soit le plus consommateur de carburants et donc la 1<sup>ère</sup> cible visée pour la diminution des gaz à effets de serre -, et également pour différents types de carburants selon la structure du parc envisagée. La déclinaison des productions de biocarburants et produits agricoles n'est cependant pas basée sur une version précise de ces scénarios de demande.

## 2.3. Evaluation des scénarios

### 2.3.1. *Comparaison d'une situation 2030 à une situation 2006*

L'évaluation des impacts sur les ressources en eau est réalisée en relatif par comparaison de niveaux de pression sur l'eau obtenus par les scénarios 2030 avec les niveaux de pression sur l'eau qui pouvaient être obtenus en 2006 sur les surfaces considérées. Il convient cependant de caractériser les principaux événements de la campagne agricoles 2005-2006 afin d'en mesurer la représentativité [Agreste Chiffres et Données Agriculture n° 200].

**Au niveau français, les surfaces semées** en colza ont connu une hausse de 12 % par rapport à 2005. Les soles d'orge d'hiver et de blé dur gagnent respectivement 10 % et 9 %

<sup>6</sup> TCR: Taillis à Courte Rotation

<sup>7</sup> TTCR: Taillis à Très Courte Rotation

par rapport à 2005 et dépassent de 7 à 26 % la moyenne 2001-2005. Les surfaces en maïs, surtout en sec, diminuent fortement et atteignent leur niveau le plus bas depuis 30 ans. Les surfaces en tournesol sont en léger repli.

Les pluies inférieures aux normales d'avril à juillet, associées aux coups de chaleur de juin et juillet ont pénalisé les rendements. Ainsi, **les rendements** en céréales à paille et colza s'établissent respectivement à 2 % et 10 % en dessous du rendement moyen des 5 dernières années. Le rendement du maïs grain est inférieur de 9 % par rapport aux bons résultats de 2002 et 2004. Le rendement du tournesol baisse de 4 % par rapport à 2005. Les rendements des betteraves industrielles reculent de 5 % comparés à ceux de 2005.

Pour les céréales à paille, la campagne 2005/2006 se caractérise par une faible **pression des maladies**. Côté **ravageurs**, une année « normale » pour les ravageurs habituels (pucerons...) mais une recrudescence d'autres ravageurs tels le zabre, les taupins en raison du climat et des évolutions des pratiques agronomiques. Pour le colza, la campagne phytosanitaire a été agitée avec la présence côté maladies de l'oïdium et du sclerotinia et côté ravageurs, des pucerons verts, des méligèthes, du charançon, des siliques et de la cécidomyie. Au plan des adventices, à côté de la flore classique, les géraniums et les crucifères ont posé problème. Pour le tournesol, les maladies (mildiou, phomopsis...) ont été présentes mais discrètes ; côté ravageurs, l'année a été globalement calme. Quelques difficultés dans la maîtrise des adventices dont certaines (ambroisie, datura...) sont en progression. Pour le maïs, le charbon et les fusarioses ont été les maladies les plus fréquemment observées cette année. Dans le Sud Ouest, les attaques de sésamie ont été importantes mais le fait marquant de 2006 est son installation au Nord de la Loire. Les niveaux de population de pyrale ont été élevés dans de nombreuses régions, notamment au Nord de la Loire. Pour la betterave, un mois d'août frais et très pluvieux a favorisé le développement des maladies. Bonne maîtrise de la flore adventice.

Cette brève description de la campagne 2005-2006 affiche une année 2006 ne marquant pas de rupture particulière. L'implantation des grandes cultures est tendancielle avec une hausse des surfaces de céréales à paille et du colza et une baisse des surfaces de maïs et tournesol, tendance également observée les campagnes précédente et suivante. Les rendements apparaissent légèrement en dessous des années précédentes mais ne sont pas repris tels quels pour la construction des scénarios 2030. Pas de phénomène marquant à noter concernant les attaques de maladies et ravageurs en dehors de l'observation inhabituelle de la sésamie du maïs en zone nord.

### 2.3.2. *Évaluation de la variation des pressions induite par la conversion des sols entre 2006 et 2030 : matrices de conversion 2030- 2006*

Les assolements 2006 et 2030, définis pour chaque scénario, sont mis en forme sous forme d'une matrice de conversion de sol entre les deux dates. Celle-ci présente :

- en lignes, les surfaces 2006 de « départ » de la conversion. Ces dernières font apparaître différentes surfaces :
  - o les surfaces « de référence Bassin 2006 » (SIB 2006) : il s'agit des surfaces couvertes en 2006 par la sole totale des cultures concernées par le scénario (ex : sole totale de blé, de colza, de maïs etc. en 2006),
  - o les surfaces « converties 2006 » : correspondent aux surfaces potentiellement disponibles dans les scénarios pour l'implantation de cultures dédiées aux biocarburants,

- o les surfaces « converties ». Comptant à la fois comme surfaces « de départ » (2006) et comme surfaces « d'arrivée » (2030), elles sont présentées dans le total des colonnes (Total 2030).

Ces surfaces sont définies en détail au paragraphe 3.2.3

- en colonne, les surfaces 2030 converties, pour chacune des surfaces de départ. Par exemple, une surface de jachère est convertie en une proportion de blé, de betterave et de colza. Le Tableau 1 présente l'exemple du scénario 1A sur Seine Normandie (SN).

**Tableau 1 - Matrices de conversion de cultures, exemple du scénario 1A SN**

Bilan surfaces 1000 ha	2006						SN1A
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	betterave*	prairie	Total
Référence 2006	284	577	43	1704	257	1391	<b>4255</b>
Convertibles 2006	255	298	1,8	223	77	139	<b>993</b>
colza 2030	80	298	1,8	104		35	<b>519</b>
blé 2030	27			118		70	<b>215</b>
betterave 2030	14				77	35	<b>126</b>
<b>Converties 2030</b>	<b>121</b>	<b>298</b>	<b>2</b>	<b>223</b>	<b>77</b>	<b>139</b>	<b>859</b>

\* dont cultivés sur gels industriels et ACE et surfaces d'export

Bilan surfaces %	2006						SN1A
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	betterave*	prairie	Total
Référence 2006	284	577	43	1704	257	1391	<b>4255</b>
Convertibles 2006	90%	52%	4,20%	13%	30%	10%	<b>23%</b>
colza 2030	31%	100%	100%	47%		25%	<b>52%</b>
blé 2030	11%			53%		50%	<b>22%</b>
betterave 2030	5%				100%	25%	<b>13%</b>
<b>Converties 2030</b>	<b>47%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>87%</b>

\* dont cultivés sur gels industriels et ACE et surfaces d'export

Ces matrices servent de base au calcul de l'ensemble des indicateurs quantitatifs de pression, tant pour le bilan en eau des conversions que pour le bilan en flux d'azote des conversions. Elles seront donc présentées dans les chapitres relatifs aux évaluations pour chaque scénario et pour chacun des deux bassins d'étude, sans toutefois mentionner les surfaces converties, qui ont une valeur indicative pour la construction des scénarios, mais ne sont pas utilisées pour la représentation des pressions.

### 2.3.3. *Evaluations en quantité d'eau : Pressions quantitatives par les bilans hydriques*

Pour chaque conversion de culture, les différentiels 2030 – 2006 de flux d'eau sont calculés à partir des cultures type (par exemple, blé 2030 – jachère 2006), pour chaque indicateur, et exprimés en unité de flux par unité de surface (mm/an,  $\frac{m^3}{ha.an}$ ). Ces différentiels, appliqués aux surfaces converties (par exemple, la surface de jachère convertie en colza) exprimées en hectares, permettent d'évaluer les bilans nets de la conversion, exprimés en variation de flux totale entre 2006 et 2030 (en  $Mm^3/an$ ).

Chaque case des matrices présentées dans le chapitre consacré aux pressions en quantité indique ainsi le bilan net de la conversion (culture 2030 – culture 2006), pour les flux totaux des bassins ou pour les flux à l'hectare. Pour les matrices de conversion de flux, la colonne de droite indique le bilan total de la conversion, c'est-à-dire le différentiel de flux (en  $Mm^3/an$ ) entre 2006 et 2030 pour la mise en place de chacune des cultures 2030 considérée (lecture par ligne de culture 2030 possible).

Les matrices de conversion finales expriment ainsi la variation 2030 – 2006 de chacun des flux d'eau globaux (évaporation, prélèvement, drainage, etc.) exprimés en  $\text{Mm}^3/\text{an}$ .

#### 2.3.4. *Evaluations en qualité d'eau : pressions nitrates*

De la même façon, pour chaque conversion de culture, les différentiels 2030 – 2006 de flux de nitrates sont calculés à partir des cultures type (par exemple, blé 2030 – jachère 2006), pour chaque indicateur, et exprimés en unité de flux d'azote par unité de surface ( $\text{kgN}/\text{ha.an}$ ). Ces différentiels sont appliqués aux surfaces converties, exprimées en hectares, afin d'évaluer les bilans nets de la conversion, exprimés en variation de flux totale entre 2006 et 2030 (en  $\text{tN}/\text{an}$ ).

Les matrices de conversion finales expriment ainsi : pour les flux d'azote, la variation 2030 – 2006 du flux global d'azote (fuite d'azote totale) exprimée en tonne d'azote par an ( $\text{tN}/\text{an}$ ). Les fuites d'azote globales, rapportées au drainage, permettent d'estimer les concentrations en nitrate dans le drainage sous culture, qui forment un indicateur utile de la pression nitrates.

#### 2.3.5. *Evaluations en qualité d'eau : pressions pesticides*

L'objectif dans cette évaluation est de traduire, la présence de substances phytosanitaires ayant pour effet de dégrader la qualité de l'eau (substances minérales, substances organiques, causes de toxicité, d'eutrophisation, etc.).

Pour chacun des scénarios précédemment définis, l'évaluation est réalisée selon un différentiel de pressions sur l'eau entre une situation caractérisée par un assolement en 2006 et une situation et son assolement en 2030 (avant et après développement des scénarios biocarburants). Cette évaluation est réalisée à travers la mesure de pressions sur l'eau de l'épandage de produits phytosanitaires pour ces deux assolements, à l'échelle de deux bassins hydrographiques

La présence de substances est alors traduite à l'aide d'indicateurs spécifiques dont un premier mesure l'intensité de l'utilisation de substances phytosanitaire et un deuxième mesure un risque d'exposition des eaux à ces substances utilisées.

### 2.4. Avertissement et remarques préliminaires sur la démarche et l'interprétation

Pour désigner les carburants issus de productions agricoles, les termes de biocarburants et d'agrocarburants sont tous deux usités. Selon les contextes, le premier présente l'inconvénient d'une possible confusion avec l'agriculture biologique (cet inconvénient n'existe pas en anglais, où le terme *biofuels* est le seul usité et où l'agriculture sans intrants de synthèse est nommée *organic*). Le second, quant à lui, est moins général et ne convient pas pour désigner les carburants issus de productions forestières ou de cultures aquatiques. Il a été retenu ici le terme de biocarburant, au sens le plus neutre, car c'est celui qui est employé dans les documents officiels et les textes réglementaires. Dans le cadre de la présente étude, les deux termes pourraient être employés indifféremment.

Pour rappel, la finalité de l'étude **n'est pas de produire des évaluations agronomiques et environnementales détaillées** des différentes cultures impliquées dans les scénarios. La présente étude procède par des **approches estimatives conçues pour une évaluation à grande échelle**, dans le cadre de scénarios très contrastés. En ce sens, le travail recherche une certaine forme d'homogénéité dans le traitement de chacune des nombreuses cultures concernées. De ce fait, il ne requiert pas nécessairement les ensembles de données détaillées sur les différentes cultures, du type de celles qui sont actuellement en cours de production dans le cadre de grands programmes nationaux de recherche.

Certaines cultures incluses dans les scénarios **n'étant pas encore documentées**, en particulier nombre de cultures énergétiques, il a été dans certains cas nécessaire d'avoir **recours à des estimations** pour déterminer les caractéristiques des cultures nécessaires aux évaluations. L'étude ne vise donc **pas à se substituer aux études d'impact** qui pourront se faire à posteriori une fois les cultures maîtrisées. Il s'agit bien de **développer une méthodologie d'évaluation à grande échelle** dans un cadre prospectif, d'en situer les atouts et les limites, et de **la mettre en oeuvre dans son domaine de validité**. Différents travaux préalablement conduits au Laboratoire Trefle ont permis d'élaborer une méthodologie générale d'évaluation à grande échelle, qui peut s'appliquer à un domaine plus large que le seul champ de l'agronomie (aval de la filière, etc.).

La démarche d'évaluation à partir de systèmes moyens et en particulier de **cultures type** apparaît très satisfaisante pour le niveau de précision requis par l'étude. Il convient de préciser qu'il existe, bien entendu, d'importantes disparités de rendement sur les grands Bassins hydrographiques, dues aux hétérogénéités de sols, de climats, de pratiques, etc. De ce fait, bien que l'essentiel des valeurs d'entrée et des résultats aient été soumis aux spécialistes pour validation, il reste **possible d'améliorer ces valeurs d'entrée et ces résultats**, soit par le dire d'expert, soit par la référence à de nouveaux résultats scientifiques, soit par des méthodes complémentaires plus fines (zonages plus fins, recours à des outils cartographiques pour la détermination des valeurs moyennes, et pour le contrôle et la validation des résultats).

Le modèle utilisé est par nature simplificateur puisqu'il repose sur des valeurs moyennes des variables d'entrée. Lorsque les évaluations reposent sur des bilans quantitatifs, calculés comme c'est le cas dans le présent travail à partir d'évaluations de flux relativement robustes, ces évaluations moyennes **fournissent des résultats satisfaisants**, tant que l'expression de l'hétérogénéité et des variabilités n'est pas recherchée. Les **contrôles de cohérence** des résultats, en particulier sur les rendements agricoles moyens obtenus pour les cultures alimentaires - qui s'avèrent très proches des productivités agricoles moyennes telles qu'elles apparaissent dans les statistiques départementales et régionales - montrent que cette approche fournit des **résultats représentatifs** de la situation à grande échelle.

### 3. Les 4 scénarios 2030

Après un bref rappel de quelques éléments de contexte actuels des filières biocarburants, cette partie décrit comment les quatre scénarios de production de biocarburants retenus ont été construits, comment ils sont déclinés aux différentes échelles d'étude, et comment ils sont traduits en terme de demande en surfaces et productions agricoles aux différentes échelles d'espace (nationale, bassin) et de temps (2006 vs 2030). Enfin une description des spécificités de chacun des scénarios est détaillée en présentant successivement des éléments du scénario énergétique dans lequel s'insère la production de biocarburants, la demande nationale en produits et surfaces agricoles sous tendue, mentionnant des éléments d'impacts de changement indirect d'usage des sols, puis la déclinaison de cette demande aux échelles des deux bassins hydrographiques étudiés.

#### 3.1. Les biocarburants en France

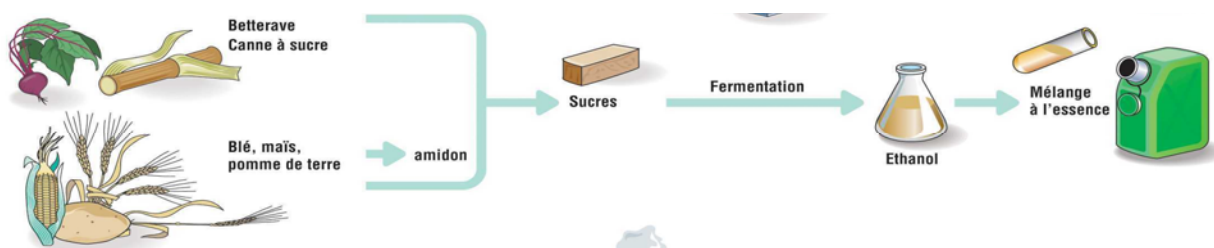
##### Présentation des filières

Dans le langage courant, on appelle biocarburants des combustibles liquides ou gazeux utilisés pour alimenter des moteurs de véhicules et produits à partir de matières végétales, ou animales, aussi appelées biomasse. Ils peuvent provenir de l'agriculture, de la sylviculture, de la transformation de produits animaux ou de la fraction biodégradable des déchets. On distingue les filières biocarburants issues de produits de récoltes agricoles (grains de blé, maïs, colza etc.) dites de première génération, des filières issues des composés lignocellulosiques, dites de deuxième génération. Ces dernières sont en mesure de convertir divers types de biomasse non alimentaire comme les rémanents forestiers, les pailles et autres résidus de récolte, ainsi que des espèces herbacées à lignieuses dédiées, cultivées en plante entière (triticale, miscanthus, switchgrass, taillis etc.)

Il existe aujourd'hui deux grandes filières de biocarburants de **première génération** : l'éthanol qui est utilisé dans des moteurs de type "essence" et les esters méthyliques d'huiles végétales (EMHV) destinés à un usage dans les moteurs de type "diesel". L'éthanol est le biocarburant dont l'usage est le plus répandu dans le monde, il a été produit à hauteur de 42 Mt en 2007, pour l'essentiel au Brésil et aux États-Unis. La production d'EMHV a été de l'ordre de 8,5 Mt en 2007, réalisée pour l'essentiel en Europe [FO Licht's].

**L'éthanol** est aujourd'hui produit à partir de deux grands types de cultures : les plantes sucrières (cannes à sucre, betteraves) et des plantes amylacées (blé, maïs). Ces différentes filières passent toutes par une étape de fermentation qui transforme les sucres en éthanol et une étape plus ou moins poussée de distillation qui sépare l'alcool de l'eau.

Figure 1 – Illustration des filières éthanol de première génération. Source : IFP





L'éthanol peut-être utilisé pur, en mélange ou bien encore sous sa forme d'éther (ETBE), produit par réaction avec de l'isobutène issu des raffineries. L'usage de l'éthanol pur ou à très forte concentration (par exemple 85 % ou E85) nécessite une adaptation spécifique du véhicule. C'est sous forme de mélange à des teneurs relativement faibles de 5 à 10%, ou sous forme d'ETBE à des teneurs d'environ 15%, que l'éthanol est le plus utilisé dans les véhicules essence conventionnels.

Les **EMHV** sont produits à partir d'huiles végétales issues par exemple de colza, de tournesol, de soja ou même de palme. Dans le cas où l'huile provient du broyage de graines (colza, soja, tournesol), un résidu solide (le tourteau) est produit (1 à 1,5 tonne de tourteau/tonne d'huile). Il est généralement réservé à l'alimentation animale. Inadaptées à l'utilisation directe dans les moteurs diesel modernes, les huiles végétales doivent être transformées par une opération de transestérification avec un alcool, aujourd'hui le méthanol, qui donne les esters méthyliques d'huiles végétales et de la glycérine (0,1 t de glycérine/t. d'EMHV). En France l'EMHV est commercialisé sous le nom de Diester.

**Figure 2 – Illustration des filières biodiesel de première génération. Source : IFP**

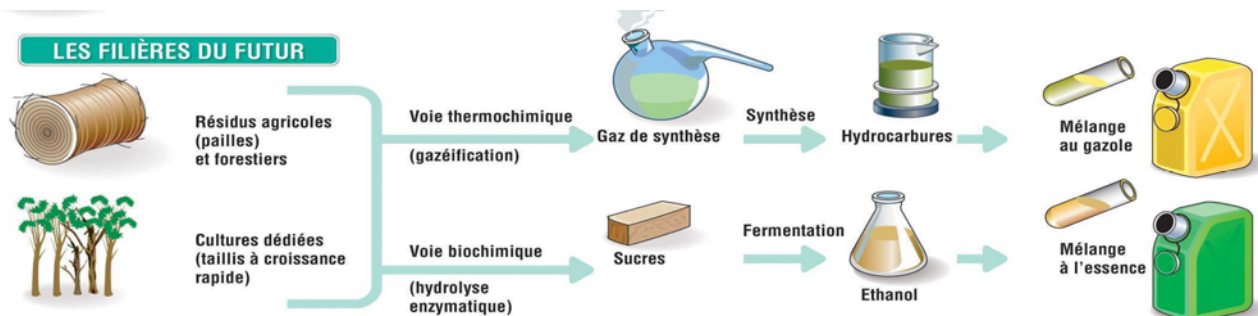


Le biodiesel présente également des variantes, non considérées dans l'étude, comme l'EMHA, ester méthyliques d'huiles animales, ou encore l'EEHV qui utilise pour la synthèse de l'ester de l'éthanol à la place du méthanol qui est un produit issu de gaz naturel. Le produit final a des propriétés tout à fait équivalentes à celle de l'EMHV. Un diesel de synthèse peut également être produit à partir d'une opération d'hydrogénation d'huile végétale. Ce procédé produit un gazole de très bonne qualité et permettant une certaine souplesse sur le type d'huile à utiliser. Il requiert cependant d'importantes quantités d'hydrogène.

Le **biométhane** carburant est issu de la récupération de biogaz de décharge ou de la production de biogaz par méthanisation de la biomasse (digestion par des microorganismes en absence d'oxygène). Cette dernière, considérée dans l'étude, est également une technologie connue à l'heure actuelle en France. Elle concerne majoritairement le traitement de biomasses issues de déchets urbains, industriels et agricoles, comme les fumiers, lisiers et résidus de récolte, pour la production de chaleur et d'électricité. Certains pays, comme l'Allemagne, ont par ailleurs fait le choix de la culture dédiée à la production de biogaz, avec la culture de maïs notamment. La filière biométhane carburant est en France en cours de développement pour un usage sur flottes captives (bus, bennes à ordures, véhicules de sociétés etc.).

Parmi les biocarburants de **deuxième génération**, on distingue deux principales voies de conversion de la biomasse lignocellulosique en carburant, faisant l'objet d'efforts importants en termes de recherche et développement.

**Figure 3 – Illustration des filières biodiesel de deuxième génération. Source : IFP**



Une **voie biochimique** qui, par fermentation des sucres contenus dans la lignocellulose, produit de l'**éthanol** de même nature que le bioéthanol actuel, et se substituerait à l'essence.

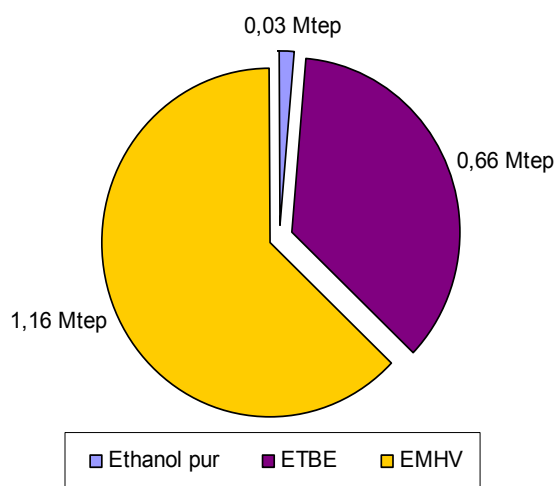
- Une **voie thermochimique**, dont la technologie la plus avancée est la gazéification de la biomasse (voie indirecte). La gazéification consiste en la production d'un gaz de synthèse suite à un prétraitement qui réduit la biomasse en particules sous forme sèche ou liquide (slurry). Le gaz peut ensuite être orienté vers la production de différents carburants. Le **BtL** (Biomass-to-Liquid) est une voie qui fait réagir le gaz de synthèse selon la synthèse Fischer-Tropsch. Elle permet la production de gazole de synthèse (ou Diesel-FT), pour une incorporation directe dans les moteurs Diesel. Cette technologie est déjà démontrée à partir de charbon (CtL) ou de gaz naturel (GtL). Dans cette étude la technologie BtL considérée est la voie autothermique, soit sans apport exogène d'hydrogène, ni d'électricité.

D'autres filières biocarburants ex gaz de synthèse sont en mesure de produire des biocarburants gazeux qui sont techniquement moins contraignants à produire, mais leur nature gazeuse en conditions atmosphériques implique d'autres contraintes d'utilisation (infrastructure de transport, flotte de véhicules dédiées etc.). Elles ne sont pas considérées dans l'étude.

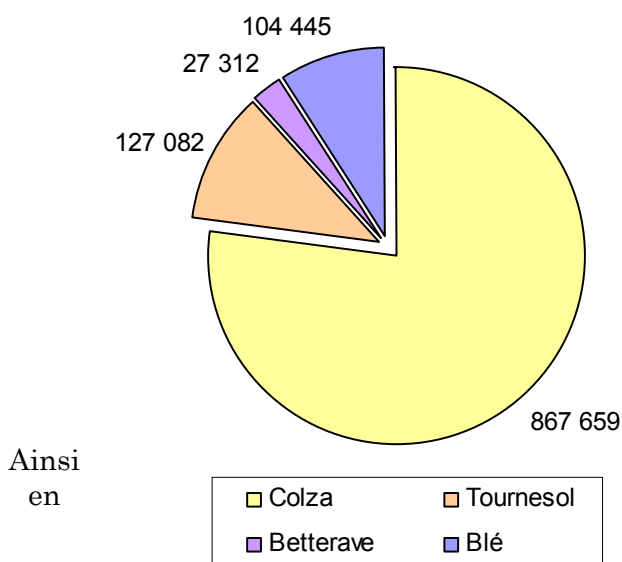
#### Niveaux de production

En France, en 2007, l'éthanol a été incorporé à hauteur de 3,4% PCI<sup>8</sup> dans l'essence, et le biodiesel à hauteur de 3,65% PCI, soit un taux d'incorporation global de 3,6%, ou 1,84 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep), dans les carburants routiers. Les volumes de biométhane carburant sont considérés comme négligeables. La production locale de biodiesel et d'éthanol a représenté 78% des volumes consommés en mobilisant 1,13 Mha de gel industriel et de surfaces bénéficiant de l'aide aux cultures énergétiques (ACE<sup>9</sup>).

**Figure 5 – Quantités de biocarburants mis à la consommation dans les carburants routiers en France en 2007 (millions de tep).**  
 Source : Douanes, MAP



**Figure 4 – Surfaces de cultures destinées à la production de biocarburants en France en 2007 (hectares).** Source : ONIGC



<sup>8</sup> PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur (Energie thermique libérée par la réaction de combustion d'un kilogramme de combustible sous forme de chaleur sensible)

<sup>9</sup> ACE : Aides aux cultures énergétiques. Depuis la récolte 2004, cette aide de 45 €/ha est instaurée dans le cadre de la PAC. Elle concerne plus particulièrement les producteurs qui consacrent une partie de leurs surfaces hors jachère à des cultures destinées à la production de produits énergétiques, de chaleur ou d'électricité (biocarburants, combustible, électricité).



France, seuls l'éthanol et le biodiesel de première génération (G1) sont actuellement commercialisés. Les filières comme l'éthanol lignocellulosique et le BtL (G2), considérées dans l'étude, sont au stade de l'implantation d'unités pilotes et pourraient être envisagées à l'échelle commerciale aux alentours de 2020.

## 3.2. La construction des scénarios biocarburants: éléments de méthode

### 3.2.1. Démarche de construction

#### a) Identification de scénarios existants

Les 4 scénarios de production sont pour la plupart issus de scénarios de référence envisagés dans diverses études prospectives reconnues. Les principales études de référence ayant permis d'apporter des éléments de cadrage aux scénarios de la présente étude sont au nombre de 5 et il s'agit des scénarios « Facteur 4 » mis au point lors de l'Atelier changement climatique (F.Peruzzo et al., 2006), du rapport du groupe de travail « division par 4 des émissions de gaz à effet de serre en 2050 » du Ministère de l'Industrie et de l'Environnement (2006), des scénarios 2025 Agriculture et Environnement réalisés par le Groupe de la Bussière (X. Poux., 2005), les scénarios 2015 Agriculture et Territoire du groupe de prospective de la DATAR (DATAR, 2002), et enfin de la publication de l'ONIGC sur l'utilisation des terres en France pour la production de biocarburants en 2010 (ONIGC, 2007).

La consultation de ces différents scénarios a eu pour but de définir des éléments de cadrage en termes de niveaux de production de biocarburant mais également en termes de contexte de production agricole et de choix des cultures envisageables à l'horizon 2030.

Un premier scénario, tendanciel, s'est inspiré de travaux de l'ONIGC (ONIGC, 2007) ainsi que de l'IFP (D. Lorne, étude interne IFP, 2006) définissant des scénarios de production de biocarburants de première génération devant permettre d'atteindre les objectifs d'incorporation fixés par le gouvernement à l'horizon 2010. Ces études ont notamment permis de définir le niveau de contribution des différentes filières biocarburant dans le mix de substitution ainsi que la part des différentes cultures énergétiques permettant de les produire.

A partir d'un objectif de définition de scénarios contrastés, certains scénarios « facteur 4 » ont notamment permis la définition d'un scénario de fort développement des biocarburants fixant un niveau de production déterminé à partir d'une surface agricole dédiée définie.

Par ailleurs, dans les études de prospective agricole, la présence récurrente de scénarios de production agricole protectrice de l'environnement a amené à considérer la définition d'un scénario « priorité environnementale » visant le respect des ressources en eau.

#### b) Construction de scénarios nationaux

A partir d'éléments de cadrage décrit précédemment et issus d'études existantes, **quatre scénarios** de production contrastés ont pu être définis à l'échelle nationale : les scénarios 1A, 1B (comme variantes du scénario 1A), le scénario 2 et le scénario 3.

Les scénarios diffèrent par la définition de différents critères de développement des filières biocarburants :

- le **niveau de production globale** des filières à l'échelle nationale : 5 Mtep pour les scénarios 1A et 1B, puis jusqu'à 20 Mtep pour le scénario 2. Cela implique alors différents niveaux de mobilisation des terres agricoles.
- les **filières technologiques** considérées : les scénarios 1A et 1B utilisent les technologies aujourd'hui commercialisées (dites de 1ère génération) mettant en jeu des filières de production agricole bien connues, tandis que les scénarios 2 et 3 considèrent les filières de conversion de biomasse lignocellulosique dites de 2<sup>ème</sup> génération, mobilisant en partie des cultures énergétiques dédiées dont les pratiques culturales sont en cours de développement.
- le **niveau d'exigence environnementale** associé au choix des cultures ainsi qu'aux pratiques culturales considérées : le scénario 1A valorise des produits de récolte de grandes cultures (grains, tubercules) dédiées aux biocarburants tandis que le 1B favorise en premier lieu la valorisation de résidus de cultures ; le scénario 2 cherche à produire un maximum de biomasse à l'hectare sans restriction de moyens tandis que le scénario 3 impose des pratiques culturales préservant particulièrement les ressources en eau.

**Tableau 2 - Principaux éléments de définition des quatre scénarios retenus**

	<b>Production biocarburants sur SAU</b>	<b>Filières en jeu</b>	<b>Surfaces mobilisées</b>	<b>Ambiance de production agricole</b>
<b>Scénario 1A</b>	5 Mtep*	Biodiesel Bioéthanol G1	2,6 Mha	Tendancielle
<b>Scénario 1B</b>	5 Mtep*	Biodiesel Bioéthanol G1 Biogaz	1,67 Mha	Tendancielle améliorant
<b>Scénario 2</b>	20 Mtep*	BtL Bioéthanol G2	6,9 Mha* (¼ SAU)	Productive (recherche des meilleurs rdt)
<b>Scénario 3</b>	~14 Mtep	BtL Bioéthanol G2	6,9 Mha* (¼ SAU)	Priorité environnementale

*\* Paramètres de calage des scénarios*

La description détaillée de chacun des quatre scénarios et leur traduction en scénarios agricoles sont présentés en parties 3.3, 3.4, 3.5 et 3.6.

### c) Les cultures et rendements considérés dans l'étude

Les différents types de culture considérés dans l'étude sont :

- les cultures alimentaires conventionnelles (céréales, oléagineux, betteraves), intervenant en 2006 et en 2030 pour les deux premiers scénarios. Ces cultures annuelles sont semées et récoltées tous les ans, généralement dans le cadre de rotations culturales,
- les résidus de récolte de ces cultures (pailles, tiges, etc.) constituent une ressource parfois significative, exploitée dans l'un des scénarios,

- les cultures pérennes conventionnelles (espèces prairiales ou fourragères : luzerne, fétuque, ...), dotées d'un système racinaire permanent. Elles sont récoltées plusieurs fois par an,
- les cultures énergétiques de type pérenne herbacée (miscanthus, switchgrass, etc.), domestiquées spécifiquement pour la production énergétique. Elles aussi dotées d'un système racinaire permanent, elles sont récoltées une fois par an et fournissent de fortes productivités de biomasse à l'hectare,
- les cultures énergétiques de type ligneux (arbres feuillus : saule, peuplier, eucalyptus, ...). Capables d'importants rejets après coupe, ces essences sont récoltées tous les 3 ans (taillis à très courte rotation) à 7 ans (taillis à courte rotation) pendant une vingtaine d'années.

La définition des rendements moyens des cultures 2030 a été réalisée à dire d'experts. Les rendements des grandes cultures (blé, colza, maïs etc.) destinées aux filières G1, ont été définis à partir du taux d'évolution de rendements à attendre à cet horizon à partir des données de rendements 2006 mises à disposition par le SSP (Service Statistiques et Prospective du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche).

**Tableau 3 – Évolution des rendements des grandes cultures envisagée dans l'étude à horizon 2030**

		Rendements moyens 2005 (tonne de produit récolté/ha)	Rendements moyens 2030 (tonne de produit récolté/ha)
Colza	nord	3,7	4
	sud	3,2	3,5
Tournesol	nord	2,9	-
	sud	2,3	2,8
Blé	nord	7,4	10
	sud	5,3	8
Maïs	nord	8,7	10
	sud	8,2	12
Betterave	nord	77,8	80
Luzerne	nord	10	12

Les rendements moyens 2030 se présentent comme relativement optimistes en restant cohérents avec :

- la progression tendancielle des rendements observés
- les plus hauts rendements moyens départementaux observés ces dernières années sur les grands bassins de production de la culture (les départements de la Marne, de la Seine-Maritime et du Pas de Calais ont récemment affichés les meilleurs rendements moyens en blé (proches de 100 qx/ha en 2004)).
- l'absence d'effet du changement climatique sur les rendements en 2030

Les rendements de conversion de ces cultures en carburant sont des valeurs actuelles moyennes par grandes familles de cultures, et considérées comme stables jusque l'horizon d'étude.

**Tableau 4 – Rendements de conversion des différentes filières biocarburants G1 (IFP)**

	tep de carburant/ tonne de produit agricole

Rdt EMHV/oléagineux	0,37 tep/t
Rdt éthanol/céréales	0,22 tep/t
Rdt éthanol/betterave	0,05 tep/t
Rdt biogaz/luzerne	0,25 tep/t

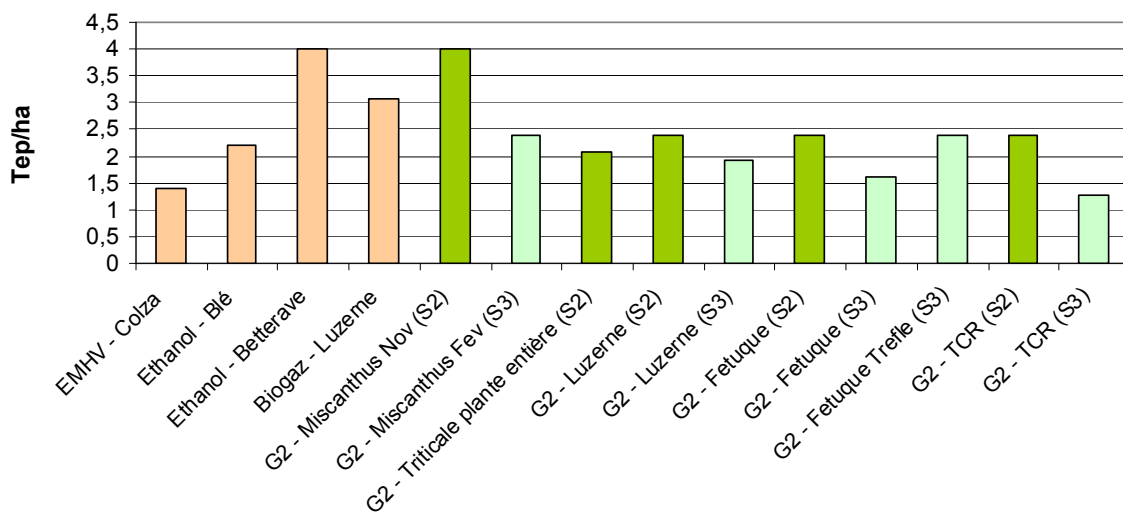
Les rendements des cultures énergétiques lignocellulosiques, destinées aux filières G2, ont été définis à partir de fourchettes de rendements fournies par les experts expérimentateurs de l'INRA et de l'Institut Arvalis, couplées à des éléments de contexte d'implantation dans les scénarios de l'étude (ex : type de sol, période de récolte, apport d'eau par irrigation etc.). Dans le tableau suivant, les commentaires permettent d'argumenter le choix de la valeur de rendement retenue vis à vis de la fourchette à dire d'expert.

**Tableau 5 - Rendements 2030 des cultures énergétiques lignocellulosiques considérées dans l'étude**

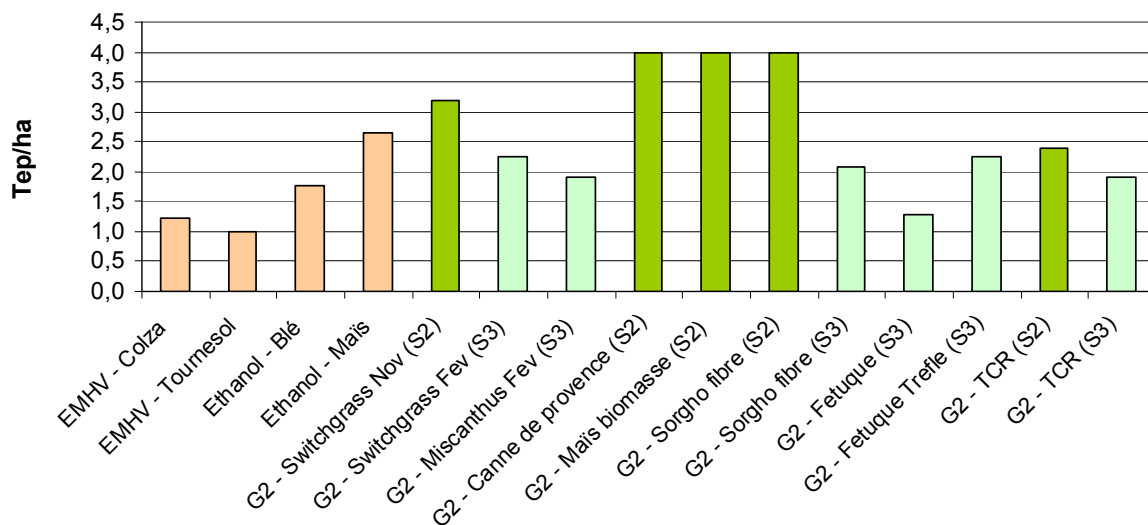
		Nord			Sud		
		valeur retenue récolte	fourchette experts	commentaire	valeur retenue récolte	fourchette experts	commentaire
<b>S2</b>	Miscanthus Nov	25	18 - 30	Valeur moyenne haute car valeur max spécifique de conditions optimales rares		18 - 30	
	Switchgrass Nov		15 - 25		20	15 - 30	Moyenne retenue pour terres pauvres. Valeur max spécifique de conditions optimales rares
	Canne de provence		10 - 25		25	10 - 20; 25	Meilleurs sols, progrès techno sur conduite très technique
	Maïs biomasse		10 - 25		25	10 - 20; 25	Meilleurs sols, progrès techno sur conduite très technique
	Sorgho fibre		10 - 25		25	10 - 20; 25	Meilleurs sols, progrès techno sur conduite très technique
	Triticale plante entière	13	8 - 18	Valeur moyenne car valeur max spécifique des terres expérimentales de Mons		8 - 16	
	Luzerne	15	12 - 15	Valeur max maîtrisée		7 - 15	
	Fetuque	15	10 - 15	Valeur max maîtrisée		8 - 15	
	TCR	15	8 - 15		15	8 - 15	
<b>S3</b>	Miscanthus Fev	15	10 - 20	Valeur moyenne: sans irrigation avec rattrapage phyto	12	10 - 16	Valeur moyenne: sans irrigation avec rattrapage phyto
	Switchgrass Fev		10 - 18		14	10 - 16	Valeur moyenne: sans irrigation avec rattrapage phyto
	Sorgho fibre		10 - 25		13	10 - 20	Valeur moyenne basse: sans irrigation avec rattrapage phyto
	Luzerne	12	12 - 15	Valeur mini sans irrigation ni phyto		7 - 15	
	Fétuque	10	10 - 15	Valeur mini sans irrigation ni phyto	8	8 - 15	Valeur mini sans irrigation ni phyto
	Fetuque Trefle	15			14		
	TCR	8	8 - 15	Valeur mini spécifique de l'essence choisie (Robinier)	12	8 - 15	Valeur mini spécifique de l'essence choisie (Eucalyptus)

Le rendement de production de biocarburants de deuxième génération à partir de cultures énergétiques est exprimé en tep de carburant par tonne de biomasse sèche. Ce rendement est du même ordre de grandeur pour les filières éthanol et BtL considérées dans l'étude. Une valeur de **0,16 tep/ tonne MS** est retenue pour l'ensemble de la présente étude (IFP). Ainsi, compte tenu de la diversité des rendements agricoles des différentes cultures impliquées dans les scénarios, la productivité énergétique de carburant à l'hectare peut varier significativement d'une filière à l'autre. On observe cette variabilité en Seine Normandie (Figure 6), et plus encore en Adour Garonne (Figure 7) où les conditions climatiques associées à l'irrigation permettent d'obtenir les plus forts rendements.

**Figure 6 - Production d'énergie à l'hectare pour les différentes cultures et filières biocarburants 2030 associées de la zone nord (tep/ha)**



**Figure 7 - Production d'énergie à l'hectare pour les différentes cultures et filières biocarburants 2030 associées de la zone sud (tep/ha)**



#### d) Déclinaison des scénarios aux échelles Nord, Sud, et bassins

La déclinaison des scénarios de production de biocarburants au niveau de la production agricole nécessite le passage des scénarios nationaux à des échelles géographiques inférieures. En effet, le choix des cultures et des niveaux de productivités pour chacun des scénarios est effectué en fonction de compatibilités pédoclimatiques des espèces végétales cultivées avec une zone géographique donnée. Un découpage nord/sud est apparu suffisant pour définir, pour chacun des scénarios, un jeu d'espèces végétales en mesure d'approvisionner les unités de production de biocarburants. Le découpage suit les frontières régionales présentées en Figure 8.

La déclinaison des scénarios de production nationaux aux échelles nord et sud est spécifique à chacun des quatre scénarios. Celle-ci dépend des éléments de cadrage définissant les différents scénarios (localisation d'unités de conversion, étendues des surfaces agricoles dédiées etc.). La démarche suivie est détaillée au sein des chapitres consacrés à la description de chacun des quatre scénarios.

**Figure 8 - limite de découpage nord/sud pour la détermination des cultures adaptées à chacune des zones**



A l'issue de cette première déclinaison aux échelles nord et sud chacun des scénarios disposent d'une liste de cultures à destination des biocarburants, de la surface occupée par chacune d'elles, et de leur contribution à la production de biocarburants dans chacune des deux zones (Tableau 6).

La définition des rendements moyens des cultures 2030 a été réalisée à dire d'experts. Les rendements des grandes cultures ont été définis à partir du taux d'évolution de rendement à attendre à cet horizon à partir des données de rendements 2006 mises

à disposition par le SSP (Service Statistiques et Prospective du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche). Les rendements des cultures énergétiques lignocellulosiques ont été définis à partir de fourchettes de rendements fournis par les experts expérimentateurs de l'INRA et de l'Institut Arvalis, couplées à des éléments de contexte d'implantation dans les scénarios de l'étude (exemple: type de sol, période de récolte, apport d'eau par irrigation etc.).

Tableau 6 - Déclinaison d'un scénario de production nationale aux échelles nord/sud : exemple du scénario 1A

Scénario 1A = 1/3 biodiesel + 2/3 éthanol					
	Cultures	Tep biocarburants	Tonnes de produits agricoles	Rdt (t/ha)	Hectares de surface dédiée
NORD	colza	1 111 111	3 003 003	4	750 751
	blé	1 481 481	6 734 007	10	673 401
	betterave	740 741	14 814 815	80	185 185
	<b>Sous total nord</b>	<b>3 333 333</b>	<b>2.551.824</b>		<b>1 609 337</b>
SUD	colza	370 370	1 001 001	3,5	286 000
	tournesol	185 185	500 501	2,8	178 750
	blé	500 000	2 272 727	8	284 091
	maïs	611 111	2 777 778	10	277 778
	<b>Sous total sud</b>	<b>1 666 667</b>	<b>3 774 229</b>		<b>1 026 619</b>
	<b>Total France</b>	<b>5 000 000</b>	<b>28 326 053</b>		<b>2 635 956</b>

Le poids donné dans ce tableau à chacune des filières carburant et agricoles est défini de manière spécifique à chacun des scénarios et est explicité en parties 3.3 à 3.6.

Un tel découpage nord/sud permet par la suite le **passage aux échelles des deux bassins hydrographiques** dont les ressources en eau font l'objet des évaluations. Le bassin Seine-Normandie est géographiquement réparti sur un territoire compris dans les frontières de la zone nord ici définie. Le bassin Adour-Garonne s'étend sur un territoire compris dans les frontières de la zone sud (Figure 9).



Le découpage détaillé des frontières des bassins vis-à-vis des frontières départementales est illustré en Annexe 2.

Dans la présente étude, le bassin Adour-Garonne comprend les seuls départements des régions Aquitaine, Midi-Pyrénées et les deux départements sud du Poitou-Charentes (Charente et Charente-Maritime). Les autres territoires d'Auvergne et du Limousin ne sont pas pris en compte car les sols agricoles sont considérés comme non mobilisables pour la culture des espèces considérées dans les scénarios de l'étude.

Si la contribution de chaque culture, dans le pool de cultures dédiées aux biocarburants en 2030, est définie spécifiquement par scénarios, en fonction d'éléments de cadrage, la nature des surfaces mobilisées en 2006 est définie selon un certain nombre d'hypothèses valables pour l'ensemble des scénarios.



**Figure 9 - Les frontières des bassins hydrographiques français**

*Source : ©Agence de l'eau Rhin Meuse 2007*



### 3.2.2.

### *Transcription des scénarios en assolements 2006 et 2030*

#### a) Démarche

Pour atteindre le niveau de production défini dans chacun des scénarios, un ensemble de surfaces mobilisées en 2030, ainsi que la répartition des différentes cultures dédiées sur ces surfaces mobilisées, doivent être définis.

- **Détermination de la nature et de la proportion de chacune des espèces dédiées aux biocarburants 2030**

Si le choix des différentes espèces dédiées à une filière de valorisation donnée est principalement conditionné par des compatibilités pédoclimatiques propres aux différentes échelles de travail, il convient néanmoins de distinguer les éléments de cadrage propres aux cultures énergétiques existantes pour les filières de première génération, des éléments de cadrage propres aux cultures énergétiques lignocellulosiques pour les filières de deuxième génération, qui ont la particularité de ne pas être actuellement intégrées aux systèmes de cultures existants.

Pour les scénarios mettant en œuvre des cultures dédiées aux **biocarburants de première génération** (scénarios 1A et 1B) le choix des espèces repose principalement sur les **espèces mobilisées par les unités de transformation actuellement agréées** jusqu'à l'horizon 2010 pour la production de biocarburants à incorporer dans le pool de carburants français. La liste et la localisation de ces unités de production de biocarburants agréées sont affichées en Annexe 4. Lorsque la demande en carburant 2030 est supérieure à ces agréments 2010, le choix des espèces est orienté en fonction des spécificités du scénario (espèces les plus représentées sur le bassin considéré (scénario 1A) ou développement d'une nouvelle filière ne disposant pas d'agrément aujourd'hui (scénario 1B)). Pour ces systèmes de cultures annuels en rotation, la proportion relative des différentes espèces végétales sur les surfaces mobilisées pour la production de biocarburants en 2030, est faite à partir de règles agronomiques de respect des rotations ou alors à partir de règles de cadrage spécifique du scénario.

Pour les scénarios mettant en œuvre des cultures dédiées de type **lignocellulosique dédiées aux biocarburants de deuxième génération** (scénarios 2 et 3) le choix des espèces repose sur un panel de cultures actuellement identifiées comme étant, par nature, en mesure de produire d'importantes quantités de biomasse à l'hectare en un laps de temps relativement court, ainsi que potentiellement adaptées à une mise en culture dans un contexte pédoclimatique français. Certaines espèces sont d'ores et déjà bien connues et valorisées dans d'autres types de filières (triticale, fétuque etc.); d'autres espèces, encore peu domestiquées, sont à l'étude dans divers programmes de recherche nationaux et internationaux. Parmi ces dernières le choix se concentre alors dans un premier temps sur celles dont on dispose à l'heure actuelle d'un minimum d'**indications quant à leur comportement** en système de culture biomasse. C'est ensuite le niveau de productivité requis et le niveau d'exigence environnemental du scénario qui permet d'orienter plus précisément le choix des espèces. Un scénario intensif (scénario 2) vise préférentiellement les cultures à plus forte productivité, tout en assurant un minimum de diversité dans la nature physiologique des espèces (annuelles, pluriannuelles, pérennes herbacées, pérennes ligneuses). Un scénario de priorité environnementale (scénario 3) s'oriente vers le choix de cultures plus sobres en eau et en intrants par nature (légumineuse, sorgho plutôt que maïs, etc.), de cultures relativement rustiques et minimisant les interventions sur parcelles (espèces pérennes plutôt qu'annuelles). La

proportion relative d'une espèce vis à vis des autres peut être appuyée par son niveau de productivité dans le contexte du scénario et également selon une certaine facilité d'introduction dans les systèmes de cultures actuels.

Pour l'ensemble des scénarios la répartition des différentes espèces aux échelles bassin se fait en général au prorata de la répartition définie à l'échelle nord ou sud correspondante. A titre illustratif, si le miscanthus occupe 64% de la surface de gel nu considérée comme mobilisable sur la zone nord (car considéré comme tel par les éléments de cadrage du scénario), il occupera également 64% de cette surface de gel nu à l'échelle du bassin Seine-Normandie.

o **Détermination de la nature et de la proportion des surfaces mobilisées en 2006**

L'évaluation des impacts sur les ressources en eau est réalisée en comparant une situation 2030 à une situation de référence 2006. Une fois les cultures dédiées et les volants d'implantation nécessaires déterminés, il convient de définir sur quelles types de surfaces 2006 de référence elles seront implantées. La nature des surfaces mobilisées en 2006 est déterminée à partir de différentes surfaces considérées comme « mobilisables » en 2006, appelées surfaces « convertibles ».

Pour l'ensemble des scénarios, le mot d'ordre principal pour le choix des surfaces à mobiliser est la **non concurrence avec les produits destinés à l'alimentation française et européenne**. En suivant une évolution tendancielle des assolements agricoles français, il est dans un premier temps envisageable de mobiliser une partie des principales surfaces non valorisées, en déclin ou déjà utilisées pour la culture de végétaux à usages biocarburants (oléagineux, céréales, betterave sucrière), soit notamment de:

- continuer à exploiter les surfaces de **gel industriel** existantes en 2006, en considérant qu'elles sont, dans leur ensemble, à destination des filières biocarburants.
- mobiliser les surfaces de **gel non cultivé** issues du gel PAC 2006 (jachère agronomique) dont on estime la part cultivable en grandes cultures (méthode d'estimation en Annexe 3),
- conserver la sole **ACE** (surfaces bénéficiant des Aides aux Cultures Énergétiques) telle qu'elle existe en 2006,
- conserver une tendance à la baisse des surfaces de **prairies permanentes** en vue de l'implantation de cultures dédiées de type grandes cultures ou préférentiellement en espèces prairiales à vocation bioénergie, le tout en restant dans le cadre règlementaire de réduction des surfaces défini par la Commission Européenne (Annexe 3).

Les scénarios de type tendanciel mettant en jeux des filières de première génération (scénarios 1A et 1B) pourront nécessiter davantage de surfaces de grandes cultures pour atteindre le niveau de production fixé. Ils pourront alors :

- mobiliser jusque 1/3 des **exports extra européens** des principales céréales, de colza et de sucre (betterave) pour la production de ces mêmes cultures pour un usage biocarburant. Les surfaces de céréales d'export étant relativement conséquentes, elles pourront également être converties pour y implanter une culture de colza par exemple.

Le chiffrage détaillé des différents types de surfaces considérées comme mobilisables est présentées en Annexe 3.

⇒ A l'échelle nationale, l'ensemble des ces 5 types de surfaces représente les surfaces considérées comme convertibles pour la production de biocarburants pour les scénarios

**nationaux 1A et 1B. Elles s'élèvent pour ces scénarios à 3 Mha, dont 2 Mha sur la moitié nord et 1 Mha sur la moitié sud.**

Pour les scénarios mobilisant jusqu'un quart de la surface agricole utile (6,9 Mha) il est nécessaire de considérer des surfaces supplémentaires. Dans ces scénarios le choix d'espèces globalement plus rustiques et, pour certaines, moins exigeantes vis-à-vis de la qualité des sols, permet la mobilisation de surfaces de plus faible valeur agronomique. Parmi celles-ci on compte notamment les surfaces de **gel PAC non cultivé** pouvant, dans ces scénarios, être mobilisées dans leur intégralité, ainsi que les friches, landes et autres **surfaces agricoles non cultivées** comme définies par la nomenclature Teruti-Lucas du service statistique du ministère de l'agriculture. Ces scénarios sont par ailleurs amenés à considérer des cultures lignocellulosiques de type herbacées prairiales (fétuque par exemple) qui peuvent être implantées sur prairie permanente sans en nécessiter le retournement. En plus des 10% règlementaires une part de **prairie non retournée** peut alors être mobilisée. D'autres types de cultures dédiées ligneuses de type « taillis à courte rotation » (TCR) sont également candidates et seront en premier lieu implantées sur terres de **peupleraie**, dont la moitié des surfaces seront réquisitionnées, ainsi que sur les surfaces de TCR d'**Eucalyptus** existantes et en projet.

**⇒ A l'échelle nationale, l'ensemble des surfaces convertibles des scénarios précédents ainsi que ces nouveaux types de surfaces supplémentaires représente un total de 9,5 Mha pour les scénarios nationaux 2 et 3.**

Par ailleurs, pour certaines espèces dont le comportement est encore peu connu en système de culture classique, l'implantation peut être réalisée sur un **sol portant initialement une espèce de caractéristiques similaires**. Exemple : le sorgho fibre peut être implanté sur des surfaces initialement cultivées en sorgho grain en 2006. D'autres types de surfaces peuvent ensuite être déterminés **spécifiquement à partir des hypothèses de cadrage du scénario**, en privilégiant par exemple le choix de surfaces dont les ressources en eaux correspondantes sont particulièrement vulnérables dans le but d'obtenir un effet volontairement améliorant par exemple (scénario 3).

**⇒ En définitive l'ensemble des surfaces convertibles des scénarios 2 et 3 peut s'échelonner entre 10 et 13 Mha selon les cas, et seront précisées au cours de la présentation des scénarios.**

A partir de ce volant de surfaces convertibles, les éléments de cadrage des différents scénarios permettent de définir les surfaces effectivement converties en 2030 pour la production de cultures dédiées aux biocarburants, propres à chaque scénario. Le volant de surfaces converties en 2006 correspond donc à la surface dédiée en 2030, elles se différencient par l'occupation du sol entre les deux dates. La nature des surfaces mobilisées en 2006 aux échelles nord/sud reste strictement la même aux échelles des bassins correspondants.

**Tableau 7 - Détermination des cultures dédiées en 2030, détermination des surfaces 2006 converties, exemple du scénario 1A nord**

surfaces dédiées en 2030		surfaces converties en 2006	
Cultures biocarburants 2030	Surfaces mobilisées 2030 (ha)	Cultures 2006	Surfaces converties 2006 (ha)
colza	212 644	Terre jachère nue	318 966
Blé	70 881		
betterave	35 441		
colza	235 802	Gel industriel	235 802
tournesol	13 136		13 136
blé	16 815		16 815
betterave	9 100		9 100
colza	285 552	ACE*	285 552
tournesol	5 439		5 439
blé	2 725		2 725
betterave	13 818		13 818
colza	96 710	Prairies permanentes	386 841
Blé	193 420		
betterave	96 710		
Blé	126 452	Blé/orge d'export	252 905
colza	126 452		
colza	6 667	colza d'export	6 667
betterave	61 572	Sucre d'export	61 572
<b>Total</b>	<b>1 609 337</b>		<b>1 609 337</b>

\*ACE : surfaces bénéficiant de l'Aide aux Cultures Énergétiques (Annexe 3)

#### b) Données utilisées

La définition des différents types de surfaces est basée sur le glossaire Teruti-Lucas défini par le service statistique du ministère de l'agriculture. D'autres notions faisant référence notamment aux différentes surfaces de gel PAC sont définies par la réglementation européenne. Les textes adaptés à la réglementation française sont disponibles sur le site du ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Les valeurs de surfaces établies en 2006 sont issues du service statistique et prospective du Ministère de l'Agriculture et mises en ligne sur le site dédié à la statistique agricole (Agreste).

#### c) Définition des surfaces décrites

La mise en place des assolements 2006 et 2030 pour chacun des scénarios aux échelles nationales puis bassin amène à considérer différents niveaux de surfaces nécessaires à la réalisation des évaluations à posteriori. Chacun des scénarios fait alors référence :

- **aux Surfaces « Converties »**, correspondent aux surfaces qui seront effectivement converties pour un usage énergétique à destination de la production de biocarburants en 2030. Les évaluations en termes de quantité et de qualité de l'eau (nitrates, pesticides) sont effectuées pour ce volant de surfaces. Les surfaces « converties 2006 » sont les mêmes surfaces avant conversion.
- **aux Surfaces « Convertibles »**, correspondent aux surfaces qui en 2006 sont, selon la définition des scénarios, réglementairement, ou par principe de cadrage, convertibles pour un usage énergétique. Il s'agit le plus souvent des surfaces maximum que les contraintes agricoles ou la réglementation permettent de convertir. Selon leur nature, les surfaces converties peuvent dans certains cas correspondre en totalité aux surfaces convertibles (gels industriels, ACE), ou n'en représenter qu'une fraction (gel nu, prairie, terres agricoles non cultivées etc.) en fonction des ajustements nécessaires à la demande en surfaces du scénario de production. Les évaluations ne s'appuient pas sur ces surfaces.
- **Les Surfaces de référence** correspondent, pour une culture donnée cultivée en 2006, à l'ensemble de la surface agricole consacrée à cette culture dans un scénario à l'échelle considérée. A titre d'exemple, la surface de référence de

prairie permanente est la surface totale de prairies permanentes en 2006 à l'échelle nationale ou pour un bassin donné. Les indicateurs « quantité » et « nitrates » sont mesurés à l'échelle de ces surfaces de référence, afin de situer la part du niveau de pression évaluée pour les surfaces « converties » vis-à-vis de niveaux de pression de cet ensemble plus large. Ces surfaces de référence peuvent selon les scénarios, représenter une surface de l'ordre de la surface agricole utile totale du bassin étudié.

- à la « surface agricole utile » (SAU), correspond par définition à l'ensemble des surfaces agricoles de l'ensemble des exploitations d'un territoire (toutes natures de production confondues, grandes cultures, prairies, élevage, etc.). Cette surface est mentionnée pour situer la part des autres surfaces vis-à-vis de la totalité des ressources agricoles que constitue la SAU totale du bassin.

#### d) Remarques : ajustements, particularités

La construction des scénarios porte sur les surfaces récoltées 2006. A noter que les natures de sols ne sont pas pris en compte à ce stade : ils le sont dans l'étape d'évaluation des pressions sur l'eau.

### 3.2.3. Matrices de conversion des sols

Une fois les différents assolements 2006 et 2030 définis pour chaque scénario aux échelles des bassins hydrographiques, ils sont présentés sous forme de matrices de conversion reprenant en lignes les ensembles de surfaces converties, convertibles et de référence définis précédemment, ainsi que chacune des cultures dédiées 2030. Elles sont réparties (en ligne) en hectare (premier tableau) et en pourcentage (second tableau) sur les différents sols mobilisés en 2006 (en colonnes). Ces derniers sont regroupés non pas par nature de sol (ACE, gel, etc.) mais en fonction du type de culture implantée (colza, prairie, sol nu etc.). Les différentes cultures de colza (énergétiques, d'export, non alimentaire) se retrouvent ainsi sous l'appellation "colza" (Tableau 8).

**Tableau 8 - Matrices de conversion de cultures, exemple du scénario 1A SN**

Bilan surfaces 1000 ha	2006						SN1A
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	betterave*	prairie	Total
Référence 2006	284	577	43	1704	257	1391	<b>4255</b>
Convertibles 2006	255	298	1,8	223	77	139	<b>993</b>
colza 2030	80	298	1,8	104		35	<b>519</b>
blé 2030	27			118		70	<b>215</b>
betterave 2030	14				77	35	<b>126</b>
<b>Converties 2030</b>	<b>121</b>	<b>298</b>	<b>2</b>	<b>223</b>	<b>77</b>	<b>139</b>	<b>859</b>

\* dont cultivés sur gels industriels et ACE et surfaces d'export

Bilan surfaces %	2006						SN1A
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	betterave*	prairie	Total
Référence 2006	284	577	43	1704	257	1391	<b>4255</b>
Convertibles 2006	90%	52%	4,20%	13%	30%	10%	<b>23%</b>
colza 2030	31%	100%	100%	47%		25%	<b>52%</b>
blé 2030	11%			53%		50%	<b>22%</b>
betterave 2030	5%				100%	25%	<b>13%</b>
<b>Converties 2030</b>	<b>47%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>87%</b>

\* dont cultivés sur gels industriels et ACE et surfaces d'export

Ces matrices ont alors vocation à accompagner le travail de calcul de certains indicateurs de pression qui, initialement exprimés par unité de surface (exemple : les fuites de nitrate sous culture, en kg/ha), doivent ensuite être mesurés à l'échelle du bassin (en tonne par an).

### 3.3. Scénario 1A – 5 Mtep

#### 3.3.1. *Scénarios énergétiques d'incorporation de 5 Mtep de biocarburants de première génération dans les transports en 2030*

L'incorporation de 5 Mtep de biocarburants correspond à près de 12% de substitution des carburants fossiles consommés chaque année, soit 2% de plus que l'objectif annoncé par la commission européenne à l'horizon 2020. Un tel taux d'incorporation permet d'envisager par exemple une utilisation réservée aux flottes captives. Dans un tel scénario de demande en carburants le biodiesel (EMHV<sup>10</sup>) peut par exemple être dédié aux véhicules lourds, navires de pêche, et trains dans une moindre mesure, l'huile végétale pure incorporée dans les tracteurs, et l'éthanol dans la flotte de véhicules de l'Etat. Un tel scénario s'affranchit des contraintes de la mise en place d'infrastructures de transport et de distribution des biocarburants à grande échelle.

Un scénario 5 Mtep peut également n'être consacré qu'aux seuls transports routiers. Sachant que la production de biodiesel est limitée par la disponibilité des surfaces d'oléagineux, ce scénario implique que le biodiesel soit incorporé en mélange au gazole, sous forme de B10 par exemple, et l'éthanol, qui est produit en volumes plus importants, est incorporé en mélange (E5 ou E10) ainsi que « pur » sous forme d'E85 dans des véhicules adaptés de type FlexFuel.

⇒ Le scénario 1A se rapproche du contexte énergétique du 2<sup>ème</sup> exemple dans la mesure où il considère le développement des deux seules filières éthanol et EMHV. Différents modes de commercialisation et d'incorporation des deux produits dans les véhicules peuvent cependant être envisagés.

#### 3.3.2. *Demande nationale en surfaces et produits agricoles pour la production de 5 Mtep de biocarburants*

##### a) **Choix et répartition des filières de production**

A l'échelle nationale, compte tenu d'une demande prépondérante en gazole, la filière biodiesel est la filière à privilégier. Son développement reste cependant limité par la disponibilité en oléagineux convertibles en biodiesel (colza et tournesol). Une récente étude de l'ONIGC<sup>11</sup> (ONIGC, 2007) affiche un potentiel maximum de surface d'oléagineux entre 2,3 Mha (record historique) et 2,7 Mha (selon le CETIOM<sup>12</sup>). En considérant ici une production constante d'oléagineux à destination de l'export et de l'alimentaire (~1,3 Mha) la surface potentiellement éligible aux biocarburants se trouve entre 1 et 1,4 Mha.

<sup>10</sup> EMHV : Ester Méthylique d'Huile Végétale

<sup>11</sup> ONIGC: Office Nationale Interprofessionnelle des Grandes Cultures

<sup>12</sup> CETIOM : Centre technique interprofessionnel des oléagineux métropolitains



En fixant à 1/3 la part du biodiesel dans la demande globale en biocarburant, on obtient un besoin de surface en colza et tournesol qui se situe dans cette fourchette, soit 1,21 Mha (Tableau 9).

⇒ Compte tenu des limitations agronomiques à la production d'oléagineux (rotations) et des surfaces disponibles, à l'échelle nationale, les 5 Mtep de biocarburants sont produits à partir d'1/3 de biodiesel et 2/3 d'éthanol ex céréales (blé et maïs) et ex betterave sucrière.

La liste des agréments de production distribués aux différentes unités d'éthanol et de biodiesel (soit 3,2 Mtep à horizon 2010 ; Annexe 4), permet de déterminer la part de chaque culture dédiée actuellement mobilisée sur chacune des zones nord (colza, blé, betterave) et sur la zone sud (colza, tournesol, maïs). Dans la moitié nord du pays, le biodiesel est produit à partir de **colza**, unique espèce végétale locale utilisée dans les usines de biodiesel du nord agréées en 2010. L'éthanol est produit à partir de 2/3 de **blé tendre** et 1/3 de **betterave**. Cette répartition correspond également aux matières premières utilisées dans les usines agréées en 2010. Dans la moitié sud du pays, le biodiesel est produit à partir de 2/3 de **colza** et 1/3 de **tournesol** selon l'usage des oléagineux des usines agréées en 2010. Il n'y a cependant à ce jour qu'une unité d'éthanol agréée à horizon 2010 sur la moitié sud. La création de nouvelles unités est alors supposée sur cette zone, l'éthanol y est produit à partir de 45% de **blé tendre** et 55% de **maïs** selon la part de ces deux cultures dans l'assolement actuel du sud.

Enfin, la part de biocarburants produite sur la moitié nord et sur la moitié sud est déterminée en fonction de la quantité d'agréments 2010 fixés sur la moitié nord et sur la moitié sud. Le nord produit ainsi 2/3 des 5 Mtep nationaux et le sud 1/3.

⇒ A l'échelle nationale, les 5 Mtep de biocarburants sont produits aux 2/3 sur la moitié nord du pays et à 1/3 sur la moitié sud

**b) Récapitulatif de la nature des cultures dédiées et des surfaces nécessaires à l'échelle nationale**

Selon l'approche décrite ci dessus, le Tableau 9 reprend la répartition des cultures ainsi que les surfaces nécessaires dans chacune des deux zones décrites.

**Tableau 9 - Répartition de la production des 5 Mtep de biocarburants à l'échelle nationale**

Scénario 1A = 1/3 biodiesel + 2/3 éthanol					
	Cultures	Tep biocarburants	Tonnes de produits agricoles	Rdt (t/ha)	Hectares de surface dédiée
<b>NORD</b>	Colza	1 111 111	3 003 003	4	750 751
	Blé	1 481 481	6 734 007	10	673 401
	Betterave	740 741	14 814 815	80	185 185
	<b>Sous total nord</b>	<b>3 333 333</b>	<b>24 551 824,</b>		<b>1 609 337</b>
<b>SUD</b>	Colza	370 370	1 001 001	3,5	286 000
	Tournesol	185 185	500 501	2,8	178 750
	Blé	500 000	2 272 727	8	284 091
	Maïs	611 111	2 777 778	10	277 778
	<b>Sous total sud</b>	<b>1 666 667</b>	<b>3 774 229</b>		<b>1 026 619</b>

	<b>Total France</b>	<b>5 000 000</b>	<b>28 326 053</b>	<b>2 635 956</b>
--	---------------------	------------------	-------------------	------------------

⇒ La réalisation du scénario 1A implique la mobilisation de 2,6 Mha de terres agricoles pour la production de l'éthanol et du biodiesel attendue en 2030

### c) Nature des surfaces convertibles et effectivement converties

Le scénario 1A étant un scénario de type tendanciel il convient de considérer que l'évolution des assolements conserve la tendance actuelle. Les surfaces allouables aux biocarburants pour chacune des zones nord et sud correspondent strictement aux surfaces convertibles définies en 3.2.2 page 29, soit un total de 3 Mha dont 2 Mha dans le nord et 1 Mha dans le sud.. Les hypothèses émises pour le calcul chiffré des surfaces convertibles sont détaillées en Annexe 3.

Le passage des surfaces convertibles aux surfaces converties est réalisé en priorisant le type de surfaces à mobiliser. Pour les deux zones, le scénario 1A mobilise prioritairement l'ensemble des surfaces en cultures énergétiques (gel industriel et ACE), l'ensemble du tiers des surfaces d'export hors UE mobilisable, ainsi que les 10% de surfaces de prairie réglementairement mobilisables. La zone nord mobilise enfin 48% des surfaces en gel nu considérées comme cultivables (surface d'ajustement), s'agissant du type de surface dont l'incertitude est la plus importante sur la part réellement disponible. Tandis que la zone sud mobilise l'ensemble de ses surfaces de gel nu car elles sont significativement moins étendues sur ce bassin. Sur cette même zone, l'ensemble des surfaces considérées comme disponibles en 2006 se retrouvent alors converties en 2030

**Tableau 10 - Déplacements des surfaces 2006 pour la réalisation du scénario**

	<b>Surfaces de référence 2006</b>	<b>Part convertie pour les biocarburants 2030</b>	<b>Surfaces restantes 2030</b>
Gel nu (jachère agronomique)	1,18 Mha	0,7 Mha (60%)	0,41 Mha
Gel industriel	403 929 ha	378 101 ha (93%)	25 828 ha
ACE	385 454 ha	385 454 (100%)	0
Export extra UE	1,52 Mha	509 242 (1/3)	1,02 Mha
Prairie permanente	8,15 Mha	0,7 Mha (8,6%)	7,43 Mha
<b>Total</b>	<b>11,6 Mha</b>	<b>2,7 Mha</b>	<b>8,88 Mha</b>

### d) Impacts éventuels de l'assolement 2030 envisagé sur les autres filières

Ayant à ce stade défini quelle part de chacune des cultures est dédiée en 2030 aux filières biocarburants et aux filières d'export hors UE, il est alors possible d'envisager la part totale de celles-ci à l'horizon 2030 et les éventuels impacts sous-jacents sur les filières associées.

#### ▪ Impact sur les surfaces globales

**Tableau 11 - Évolution des surfaces de colza, céréales et betterave en considérant que les usages autres (hors biocarburants et export hors UE) ne varient pas**

	<b>Usages</b>	<b>2005</b>	<b>2030</b>
Colza - tournesol	Biocarburant	0,47 Mha	1,41 Mha
	Export hors UE	0,028 Mha	0,019 Mha
	Autres	1,37 Mha	1,37 Mha
	<b>Total</b>	<b>1,87 Mha</b>	<b>2,8 Mha</b>
Céréales (blé tendre, blé dur, orge, maïs)	Biocarburant	0,019 Mha	1,02 Mha
	Export hors UE	1,31 Mha	0,87 Mh
	Autres	7,14 Mha	7,14 Mha
	<b>Total</b>	<b>8,4 Mha</b>	<b>9,03 Mha</b>
Betterave sucrière	Biocarburant	0,023 Mha	0,22 Mha



	Export hors UE	0,18 Mha	0,12 Mha
	Autres	0,18 Mha	0,18 Mha
	<b>Total</b>	<b>0,38 Mha</b>	<b>0,52 Mha</b>

⇒ A usages alimentaires constants, le scénario 5 Mtep implique une augmentation des surfaces de colza-tournesol de 49%, en restant dans la fourchette de surface potentielle maximum indiquée par l'ONIGC, une augmentation de 7% des surfaces de céréales et de 36% des surfaces de betterave.

Dans le cas des céréales, si l'augmentation des surfaces peut être une évolution possible, la conversion des surfaces d'export apparaît plus probable. Quant à la betterave sucrière, plutôt qu'une augmentation de surfaces, c'est la diminution des quotas d'export qui oriente les récoltes vers la demande supplémentaire pour l'éthanol.

▪ **Impacts sur l'export de matières premières**

Tableau 12 – Traduction de la mobilisation d'1/3 des surfaces d'export hors UE

	Tonnages relatifs à la réduction d'1/3 des surfaces d'export (tonnes)	Part des exports totaux français (UE + pays tiers)
<b>colza</b>	23 333	1,45%
<b>tournesol</b>	6 800	1,1%
<b>Betterave</b>	757 333	23,5%
<b>Blé</b>	2 370 000	13,21%
<b>Orge</b>	363 333	5,52 %
<b>Maïs</b>	66 667	0,67%
<b>Céréales</b>	<b>2 800 000</b>	<b>8,07 %</b>

Sur les oléagineux, l'essentiel des exports se fait vers l'Union Européenne, l'impact global apparaît donc ici peu significatif. Parmi les céréales, le blé est le plus impacté avec une baisse de 13% de l'export global. En réponse à un scénario où les principaux producteurs européens d'éthanol poursuivent le développement de la filière à partir de céréales, les pays de l'ex URSS comme la Russie, l'Ukraine, la Biélorussie se positionnent déjà comme producteurs de céréales à fort potentiel à destination de l'Europe occidentale.

Enfin, l'importante baisse de l'export de sucre de betterave reste cohérente avec les réglementations actuelles de régulation mondiale du marché du sucre qui depuis la campagne 2006-2007 ont fortement réduit les quotas européens d'export de sucre.

▪ **Impacts sur la production de co-produits**

Tableau 13 – Quantités et origine des co-produits générés

	Quantités de co-produits	Remarques
Production supplémentaire de tourteaux de colza (2006-2030)	619 192 tonnes	= imports de tourteaux 2005 + 153 192 tonnes de surplus à valoriser
Production supplémentaire de drèches de blé et de maïs	2 463 133 tonnes	remplacement d'une part des céréales de l'alimentation animale

En 2030, la France est autosuffisante en tourteaux de colza et peut éventuellement substituer une nouvelle part de tourteaux de soja par le surplus de tourteaux de colza. Peu de données sont actuellement disponibles sur la valeur alimentaire des drèches issues de la production d'éthanol. Dans l'hypothèse où elles pourraient remplacer 20% de

la ration globale des animaux d'élevage, 2 Mt seraient valorisables dans ce sens, faisant une économie d'autant en céréales.

▪ **Impacts sur la filière élevage**

- En considérant que la baisse de la surface de prairie induit une baisse proportionnelle d'UGB<sup>13</sup>, on observe une diminution de 1,63 millions d'UGB en France. De la même manière, on peut en déduire une baisse proportionnelle de la demande en céréales pour l'alimentation animale de 950 000 tonnes de céréales.

En y ajoutant la substitution de 2 Mt de céréales de l'alimentation animale par les drèches d'éthanoleries, on compte alors 2,95 Mt de céréales en surplus.

Ce surplus de céréales correspond à un peu plus de la totalité de la quantité de céréales qui n'est plus exportée hors Union Européenne en 2030 (2,8 Mt) du fait de l'orientation d'une partie de cet export vers les biocarburants.

Si ces chiffres s'avéraient être confirmés, les surfaces de blé et de maïs éthanol initialement prises sur les surfaces d'export **n'auraient plus d'impact sur l'export extra européens de céréales**, puisque un surplus de céréales équivalent observé par ailleurs pourrait jouer ce rôle compensateur.

- En considérant que la baisse de la surface de prairie induit une intensification de l'activité d'élevage, le chargement global passerait alors de 1,46 UGB/ha en 2006 à 1,55 UGB/ha en 2030. Si un tel taux de chargement était réglementairement toléré, cela impliquerait une gestion des prairies plus intensive et/ou certainement un recours plus important aux aliments concentrés.

*3.3.3. Déclinaison du scénario 1A à l'échelle du Bassin Seine-Normandie*

La nature des surfaces convertibles des bassins est strictement la même que pour les zones nord et sud. Elles sont chiffrées à partir des statistiques départementales du Ministère de l'agriculture et de la Pêche (AGRESTE). S'agissant d'un scénario tendanciel il convient de considérer, comme à l'échelle nationale, que l'évolution des assolements conserve la tendance actuelle : le développement des jachères industrielles sur des surfaces non cultivées comme les jachères agronomiques, un développement des surfaces « ACE » à la place de cultures initialement vouées à l'export extra européen et une diminution des prairies permanentes.

Pour déterminer les surfaces allouables aux biocarburants sur le bassin on considère :

- une surface nue issue du **gel PAC** actuel (jachère agronomique) dont on estime la part cultivable, ajoutée aux surfaces de gel industriel biocarburant, se retrouve entièrement dédiée aux biocarburants en 2030.

Ne sont donc pas comprises ici les surfaces en gel environnemental (bandes enherbées), les surfaces en gel légumineuses (qui concerne les exploitations bio), les surfaces de gels industrielles autres que colza 00, blé et betterave, ainsi que les surfaces considérées comme peu productives (moyenne des surfaces en jachère agronomique entre 1989 et 1991). Un total de **407 388** ha est alors mobilisé sur le gel PAC total.

- les surfaces en Aides aux Cultures Énergétiques (ACE) représentent en 2006 **167 247 ha** sur le bassin, uniquement composées de colza, tournesol, blé et betterave à

---

<sup>13</sup> UGB : Unité Gros Bétail

destination des biocarburants. Ces surfaces sont donc laissées à l'identique et mobilisées comme telles en 2030.

- les ports de Rouen, du Havre et de Caen exportent 4,46 Mt de céréales et 9100 t de colza vers les pays tiers (hors UE). Ces produits agricoles représentent 94% des débouchés des céréales normands, soit 2,8 Mt de céréales hors UE, le reste majoritairement en provenance de Picardie et d'Ile de France, soit 1,66 Mt de céréales hors UE.

Ainsi 390 000 ha de céréales en Normandie sont dédiés à l'export, 235 000 ha dans les autres régions du bassin, puis 27 300 ha de colza et 123 749 ha de betterave pour l'export de sucre. En considérant la mobilisation de 1/3 de ces **surfaces d'export**, le bassin dispose de **279 570 ha** de terres d'export pour les biocarburants.

- une baisse des surfaces de prairie permanentes observée entre 2000 et 2005 qui se poursuit de manière à atteindre la limite réglementaire de retournement de prairie permanente (Annexe 3), soit **139 072 ha** de prairie convertis en 2030.

⇒ **A l'échelle du bassin Seine-Normandie la surface mobilisable pour la production de biocarburants revient dans ce scénario à près d'1 Mha ha**

Sur ce même bassin, le scénario 1A mobilise prioritairement l'ensemble des surfaces en cultures énergétiques (gel industriel et ACE) des cultures d'intérêt, l'ensemble du tiers des surfaces d'export hors UE mobilisable, les 10% de surfaces de prairie réglementairement mobilisables puis 48% des surfaces en gel nu considérées comme cultivables, s'agissant du type de surface dont l'incertitude est la plus importante sur la part réellement disponible.

**Tableau 14 - Répartition des cultures biocarburants sur les surfaces Seine-Normandie mobilisées**

Cultures 2006	Surfaces de référence 2006	Surfaces convertibles 2006	Cultures biocarburants 2030	Surfaces converties en 2030	Remarques
<b>Terre jachère nue</b>	284 001	254 816	colza blé betterave	79 883 27 435 13 717	Mise en culture de terres nues cultivables
<b>Gel industriel</b>	152 572	152 572	colza blé betterave	136 817 11 764 3 991	Pas de changement d'assolement par rapport à 2006
<b>ACE</b>	167 247	167 247	colza tournesol blé betterave	151 945 1 806 2 228 11 269	Pas de changement d'assolement par rapport à 2006
<b>Prairies permanentes</b>	1 390 719	139 072	colza blé betterave	34 768 69 536 34 768	Mise en culture de surfaces de prairie permanente
<b>Blé/orge d'export</b>	625 786	208 595	colza blé	104 298 104 298	Pas de changement d'assolement, réorientation de la récolte
<b>colza d'export</b>	27 300	9 100	colza	9 100	
<b>Sucre d'export</b>	123 749	61 875	betterave	61 875	

<b>Total</b>	<b>2 771 374</b>	<b>993 277</b>	<b>859 496</b>
--------------	------------------	----------------	----------------

Les biocarburants du scénario 1A mobilisent 0,86 Mha sur le bassin Seine-Normandie, soit 14,5% de la SAU du bassin.

**Tableau 15 - Récapitulatif des produits obtenus par culture**

2030	Surface (ha)	tonnes	Tep* de carburant
<b>Colza</b>	518 616	2 074 466	<b>767 552 (EMHV)</b>
<b>Blé</b>	215 260	2 152 598	<b>473 572 (Ethanol)</b>
<b>Betterave</b>	125 620	10 049 585	<b>502 479 (Ethanol)</b>
<b>Total</b>	<b>859 496</b>	<b>14 276 649</b>	<b>1 743 603</b>

\*Tep : Tonne Equivalent Pétrole

⇒ Dans ce scénario, le bassin Seine-Normandie produit 1,74 Mtep de biocarburants dont 0,97 Mtep d'éthanol et 0,77 Mtep de biodiesel, soit 54% de la production de la moitié nord et 35% de la demande nationale.

**Tableau 16 - Besoin en unités de production de biocarburants sur le bassin**

	Quantité produite	Unités nécessaires et leurs capacités
Bioéthanol ex betterave	796 136 t	- Téréos Origny 110 kt - Cristanol Bazancourt 75 kt -Cristal Union Arcis 88 kt -Cristal Union Betheniville 24kt -Téréos Artenay 56 kt -Téréos Bucy 10 kt -Téréos Lillers 36 kt -Téréos Morains 36 kt -SVI Toury 20 kt -BCE Provins 12 kt - Vallée du Loing Souppes 10 kt
Bioéthanol ex blé	752 068 t	- Téréos Lillebonne 240 kt -Téréos Origny 110 kt - Cristanol Bazancourt 190 kt - Soufflet Nogent 300 kt -Téréos Provins 12 kt -Cristal Union Betheniville 24 kt
Biodiesel	804 481 t	- Diester Grand Couronne 1&2 (510 kt) -Diester Compiègne 1&2 (300 kt) -Diester Nogent/Le Mériot (250 kt)
<b>Total</b>	<b>1,55 Mt d'éthanol                      0,72 Mt de biodiesel</b>	<b>17 unités d'éthanol + 2 unités de 150 kt                      3 unités de biodiesel</b>

⇒ En considérant que les unités existantes fonctionnent toutes à pleine capacité en 2030, ce scénario 5 Mtep nécessite la construction de 2 nouvelles unités d'éthanol ex betterave sur le bassin.

### 3.3.4. Déclinaison du scénario 1A à l'échelle du Bassin Adour-Garonne

S'agissant d'un scénario tendanciel, il convient de considérer, comme à l'échelle nationale, que l'évolution des assolements conserve la tendance actuelle : le développement des jachères industrielles sur des surfaces non cultivées comme les jachères agronomiques, un développement des surfaces « ACE » à la place de cultures initialement vouées à l'export extra européen et une diminution des prairies permanentes

Pour déterminer les surfaces allouables aux biocarburants sur le bassin, on considère :

- une surface nue issue du **gel PAC** actuel (jachère agronomique) dont on estime la part cultivable, ajoutée aux surfaces de gel industriel biocarburant, se retrouve entièrement dédiée aux biocarburants en 2030.  
 Ne sont donc pas comprises ici les surfaces en gel environnemental (bandes enherbées), les surfaces en gel légumineuses (qui concerne les exploitations bio), les surfaces de gel industriel autres que colza 00<sup>14</sup>, tournesol et blé, ainsi que les surfaces considérées comme peu productives (moyenne des surfaces en jachère agronomique entre 1989 et 1991). Un total de **231 051 ha** est alors mobilisé sur le gel PAC total.
- les surfaces en Aides aux Cultures Énergétiques (ACE) représentent en 2006 **39130 ha** sur le bassin, uniquement composées de colza et tournesol à destination des biocarburants. Ces surfaces sont donc laissées à l'identique et mobilisées comme telles en 2030.
- les ports de la Rochelle et de Bordeaux exportent 0,7 Mt de céréales et 41 500 t d'oléagineux vers les pays tiers. Ces produits agricoles proviennent en grande majorité d'Aquitaine et de Poitou-Charentes, et concernent donc à part entière le potentiel de ressources biocarburants du bassin Adour-Garonne.  
 En considérant la mobilisation d'1/3 des surfaces d'export hors UE du blé, de l'orge, du maïs et du colza, le bassin dispose de **52 056 ha** de terres d'export pour les biocarburants
- une baisse des surfaces de prairies permanentes observée entre 2000 et 2005 qui se poursuit de manière à atteindre la limite réglementaire de retournement de prairie permanente (Annexe 3), soit **119 900 ha** de prairie convertis en 2030.

⇒ A l'échelle du bassin Adour-Garonne la surface mobilisable pour la production de biocarburants revient dans ce scénario à **442 137ha**.

Le scénario 1A du bassin Adour-Garonne mobilise prioritairement l'ensemble des surfaces en cultures énergétiques (gel industriel et ACE) des cultures d'intérêt, l'ensemble du tiers des surfaces d'export hors UE mobilisable, les 10% de surfaces de prairie réglementairement mobilisables puis l'ensemble des surfaces en gel nu considérées comme cultivables (au lieu de 48% en Seine-Normandie), car elles sont

<sup>14</sup> Colza 00: variétés de colza très répandue en France sélectionnée pour améliorer l'utilisation alimentaire des tourteaux de colza en alimentation animale

significativement moins étendues sur ce bassin. L'ensemble des surfaces considérées comme disponibles en 2006 se retrouvent alors converties en 2030.

**Tableau 17 - Répartition des cultures biocarburants sur les surfaces Adour-Garonne mobilisées**

Cultures 2006	Surfaces de référence 2006	Surfaces convertibles 2006	Cultures biocarburants 2030	Surfaces converties en 2030	Remarques
<b>Jachère nue</b>	277 767	207 443	oléagineux	55 510	Mise en culture de terres nues cultivables
			blé	65 843	
			maïs	86 090	
<b>Gel industriel</b>	23 608	8 290	colza	8 290	Pas de changement d'assolement par rapport à 2006
		15 242	tournesol	15 242	
		76	blé	76	
<b>ACE</b>	39 130	31 474	colza	31 474	Pas de changement d'assolement par rapport à 2006
		7 656	tournesol	7 656	
<b>Prairies permanentes</b>	1 199 000	119 900	oléagineux	32 085	Mise en culture de surfaces de prairie permanente
			blé	38 056	
			maïs	49 759	
<b>Blé/orge d'export</b>	116 421	38 807	blé	12 317	
			maïs	16 105	
			oléagineux	10 384	
<b>Maïs d'export</b>	324	324	maïs	324	Pas de changement d'assolement, réorientation de la récolte
<b>Colza d'export</b>	12 925	12 925	colza	12 925	
<b>Total</b>	<b>1 669 175</b>	<b>442 137</b>		<b>442 137</b>	

Les biocarburants du scénario 1A mobilisent 0,44 Mha sur le bassin Adour-Garonne, soit 8,8% de la SAU du bassin.

**Tableau 18 - Récapitulatif des produits obtenus par culture**

2030	ha	tonnes	tep carburant
colza - tournesol	173 566	520 699	192 659 (EMHV)
maïs	152 278	1 522 781	335 012 (Éthanol)
blé	116 292	930 339	204 674 (Éthanol)
<b>total</b>	<b>442 137</b>	<b>2 973 819</b>	<b>732 345</b>

⇒ Le bassin Adour Garonne est alors en mesure de produire 0,73 Mtep de biocarburants dont 0,54 Mtep d'éthanol et 0,19 Mtep de biodiesel, soit 40% de la production de la moitié sud et 15% de la demande nationale.



**Tableau 19 - Besoin en unités de production de biocarburants sur le bassin**

	Quantité produite	Unités nécessaires
Bioéthanol ex maïs	0,52 Mt	Lacq (200 kt) 2 autres unités (180 kt)
Bioéthanol ex blé	0,32 Mt	2 unités 180 kt
Biodiesel	0,21 Mt	Unité trituration Bordeaux 280 kt Unité Diester Bassens 250 kt Unité Diester Boussens 40 kt
<b>Total</b>	<b>0,84 Mt d'éthanol</b> <b>0,21 Mt de biodiesel</b>	<b>5 unités d'éthanol</b> <b>1 unité tritu + 2 unités biodiesel</b>

⇒ En considérant que les unités existantes fonctionnent toutes à pleine capacité en 2030, ce scénario 5 Mtep nécessite la construction de 4 nouvelles unités d'éthanol

### 3.4. Scénario 1B – 5 Mtep

A l'image du scénario 1A, cette variante a recours aux technologies aujourd'hui connues avec un contexte de production agricole conventionnelle. Le scénario 1B est caractérisé par le développement d'une filière biométhane carburant en plus des filières de première génération (*biocarburants G1*) présentées dans le scénario 1A. En comparaison à ce dernier, il y a une volonté d'amélioration des rendements des procédés par la valorisation de cultures en plante entière. Cette volonté implique alors le développement d'une filière biogaz agricole comprenant des étapes d'épuration/odorisation pour l'obtention d'un gaz de qualité carburant; une technologie, dont les rendements énergétiques à l'hectare apparaissent supérieurs. Cette filière sous-tend une mobilisation moindre de grandes cultures alimentaires pour un usage biocarburants au profit de sous-produits de récolte et de cultures pérennes en plante entière. C'est par leur utilisation qu'un critère environnemental est introduit ici en comparaison du scénario 1A qui n'en comprend pas.

#### 3.4.1. Scénarios énergétiques d'incorporation de 5 Mtep de biocarburants G1 et de biogaz dans les transports en 2030

Dans ce scénario, les biocarburants de première génération (éthanol, biodiesel) sont limités aux agréments de production fixés par le gouvernement en octobre 2007 à l'horizon 2010. Parmi ces agréments de production, il y a une part d'agrément attribuée à un certain nombre d'unités de production françaises, et une autre part attribuée à des unités de production des pays voisins (Allemagne, Belgique, Italie, Espagne). En 2010, un total de **2,86 Mtep** de biocarburants G1 sera alors agréé pour être produit en France, dont 2,17 Mtep de biodiesel (2,4 Mt) et 0,69 Mtep d'éthanol (1,09 Mt). La liste des unités de production françaises ayant reçu un agrément en 2010 est détaillée en Annexe 4. A ce même horizon, un total de 0,7 Mtep (non listé dans ces mêmes tableaux) est attribué aux unités étrangères agréées pour produire pour la France (soit un total de **3,56 Mtep** de biocarburants agréé pour la France).

Dans un contexte de stagnation de la production d'oléagineux pour l'alimentaire, les quantités d'oléagineux nécessaires à l'agrément biodiesel apparaissent ici supérieures au potentiel annoncé par l'ONIGC et utilisé dans le scénario 1A. Les productions d'éthanol

et de biodiesel prévues par les agréments français sont issues d'unités de production françaises. Il n'y a cependant pas de précisions quant à l'origine des matières premières (production locale ou import de graines, d'huile etc.). Une certaine part d'import de matière première peut alors être envisagée lors de l'attribution des agréments. Dans un souci de cohérence il convient alors de limiter la production d'oléagineux français à destination du biodiesel au même niveau que le scénario précédent (**1,21 Mha**) qui s'inscrit dans la fourchette de potentiel maximum annoncé par l'ONIGC.

**Tableau 20 - Définition de la production de biodiesel du scénario à partir des oléagineux produits en France**

	hectares de produits agricoles	tonnes de produits agricoles	tep de carburants
colza	938 586	3 754 343	1 389 107
tournesol	276 916	775 364	286 885
<b>total</b>	<b>1 215 501</b>	<b>4 529 706</b>	<b>1 675 991</b>

A partir de la surface potentielle totale d'oléagineux utilisée dans le scénario 1A (1,21 Mha), on détermine les parts de surfaces de colza et de tournesol, à partir des parts relatives observées dans les agréments, puis les tonnages de récolte dédiée et les tonnages de carburants sont déduits à partir des rendements précédemment.

La production de biodiesel du scénario 1B s'élève alors à **1,67 Mtep**.

Quant aux matières premières à destination de l'éthanol agréé, elles sont toutes issues de cultures récoltées sur le territoire français. La production d'éthanol du scénario 1B s'élève ainsi à **0,68 Mtep**.

A l'image de la situation attendue en 2010, l'éthanol peut être incorporé dans le pool essence sous forme d'ETBE<sup>15</sup> et d'éthanol pur de type E5, et le biodiesel incorporé dans le pool gazole routier sous forme de B5.

Le biométhane carburant d'origine agricole vient en complément de ces agréments de biocarburants de première génération jusqu'à atteindre 5 Mtep au total, soit une production de **2,64 Mtep** de méthane (3060 Mm<sup>3</sup>), ou environ 5093 Mm<sup>3</sup> de biogaz.

A noter qu'en pratique, qu'il soit produit à la ferme ou en collectif, le biogaz est issu de la méthanisation de charges de diverses natures. A la ferme, les résidus agricoles (fumiers, lisiers) sont valorisés en premier lieu, et couramment complétés par des déchets de coopérative, d'industries alimentaires ou autres déchets municipaux. En Allemagne, le biogaz à la ferme est principalement produit à partir de cultures dédiées.

Dans ce scénario, sont uniquement considérés des cultures et résidus de culture dont la mobilisation peut potentiellement avoir un impact sur les ressources en eau.

En 2005 les flottes de camions pour le transport routier ont consommé autour de 9 Mtep de carburants, les bus près de 0,75 Mtep, les véhicules utilitaires légers près de 7 Mtep (CPDP, 2006). L'ensemble du biogaz peut ainsi alimenter une ou plusieurs flottes captives sans nécessairement impliquer la mise en place d'infrastructures de distribution pour les véhicules particuliers.

<sup>15</sup> ETBE : Ethyl tertio butyl éther.

### 3.4.2. *Demande nationale en surfaces et produits agricoles pour la production de 5 Mtep de biocarburants et de biogaz*

#### a) Choix et répartition des filières de production

Concernant **l'éthanol et le biodiesel**, compte tenu de la spécialité de chacune des unités, les agréments dictent la part des différentes matières premières à mobiliser, ainsi que leurs quantités (Annexe 4). Lorsqu'une unité utilise différentes matières premières et que leur part respective n'est pas connue, une répartition à parts égales est alors considérée.

Remarques : - Une partie de la production d'éthanol est faite partir d'alcool vinique en surplus. N'étant pas issue d'une culture dédiée, cette production d'éthanol agréé n'est pas prise en compte dans l'étude.

- Dans le cas particulier des matières premières du biodiesel, compte tenu que l'intégralité des matières premières n'est pas produite en France, il n'est pas déduit un tonnage d'oléagineux mais un pourcentage d'oléagineux nord/sud appliqué par la suite au potentiel limite de production française.

⇒ **A l'échelle nationale, 2,8 Mt de biodiesel sont produites en France, dont 2,4 Mt issues de cultures oléagineuses, produites ou non en France.**

On note une demande de 65,7% d'oléagineux pour le nord (100% colza) et 34,2% pour le sud (dont 50% colza et 50% tournesol).

⇒ **A l'échelle nationale, 1,09 Mt d'éthanol sont produits en France, dont 1,075 Mt à partir de produits de récolte de grandes cultures.**

La production de biométhane est, quant à elle, dictée dans un premier temps par le potentiel en pailles de blé et de maïs mobilisable. Dans le cas d'un surplus de surfaces disponibles après implantation des cultures pour éthanol et biodiesel, celles-ci pourront être mobilisées pour des cultures dédiées au biogaz.

#### b) **Récapitulatif de la nature des cultures dédiées et des surfaces nécessaires à l'échelle nationale**

##### ▪ **Surfaces et produits mobilisés pour la production d'éthanol et de biodiesel agréés**

Selon l'approche décrite ci dessus, le Tableau 21 reprend la répartition des cultures des filières éthanol et biodiesel ainsi que les surfaces nécessaires dans chacune des deux zones décrites.

**Tableau 21 – Répartition de la production des biocarburants G1 à l'échelle nationale**

	Cultures	Tonnes biocarburants	Tonnes de produits agricoles	Rdt (t/ha)	Hectares de surface dédiée
<b>NORD</b>	colza	1 224 691	2 978 979	4	744 745
	blé	617 288	1 795 747	10	179 575
	betterave	337 712	4 322 714	80	54 034
	<b>Sous total nord</b>	<b>2 179 691</b>	<b>9 097 440</b>		<b>978 353</b>
<b>SUD</b>	colza	318 761	775 364	3,5	221 532
	tournesol	318 761	775 364	2,8	276 916
	maïs	120 000	349 091	12	29 091
	<b>Sous total sud</b>	<b>757 521</b>	<b>1 899 818</b>		<b>527 539</b>
<b>Total France</b>	<b>2 937 213</b>	<b>10 997 258</b>		<b>1 505 892</b>	

⇒ La réalisation du scénario 1B implique la mobilisation de 1,5 Mha de terres agricoles pour la production de l'éthanol et du biodiesel attendue en 2030

▪ **Surface et produits mobilisés pour la production de biométhane**

Pour évaluer la part que les résidus de récolte peuvent représenter dans ce scénario de production de biogaz, une estimation des pailles de céréales mobilisables peut être réalisée pour les zones nord et sud (détails des calculs en Annexe 5).

Sur la moitié sud, les pailles de maïs seraient en mesure de produire **1428 ktep** de biogaz, et les pailles de blé tendre **96 ktep**. A elles deux, elles permettent d'assurer 60% de la production française attendue dans ce scénario.

Sur la moitié nord les pailles de blé permettent la production de **590 ktep** de biogaz. La mise en culture d'une production de luzerne dédiée à la production de biogaz sur près de 170 000 ha permettrait la production des **521 ktep** de biogaz restant pour atteindre les 2,64 Mtep nationaux.

NB: En pratique, pour la production de biogaz, ces pailles seraient codigérées en mélange avec d'autres types de déchets à taux d'humidité plus importants (lisier, effluent industriels etc.) de manière à permettre un bon fonctionnement du méthaniseur. Dans la présente étude, seuls sont considérés les ressources issues de cultures implantées sur la SAU du territoire considéré.

**Tableau 22 – Récapitulatif des surfaces et cultures mobilisées et des biocarburants produits dans le scénario IB**

	Zone Nord			Zone Sud		
	ha	tonnes	tep carburant	ha	tonnes	tep carburant
Colza	744 714	2 978 979	1 102 222	221 532	775 364	286 885
Tournesol				276 916	775 364	286 885
Blé	179 575	1 795 747	395 064			
Betterave	54 034	4 322 714	216 136			
Maïs				29 091	349 091	76 800
Luzerne	168 450	2 021 400	519 755			
pailles de blé		3 518 835	590 109		572 585	96 029
pailles de maïs					4 396 379	1 428 823
<b>Total</b>	<b>1 146 803</b>	<b>14 637 675</b>	<b>2 823 286</b>	<b>672 556</b>	<b>6 868 784</b>	<b>2 175 422</b>

La zone nord est alors ici en mesure de produire 56,5% de la production et la zone sud 43,5%.

### c) Nature des surfaces convertibles et effectivement converties

A l'image du scénario tendanciel 1A, les surfaces considérées comme convertibles sont de même nature. Les surfaces allouables aux biocarburants pour chacune des zones nord et sud correspondent strictement aux surfaces convertibles définies en 3.2.2 page 29, soit un total de 3 Mha dont 2Mha dans le nord et 1 Mha dans le sud. Les hypothèses émises pour le calcul chiffré des surfaces convertibles sont détaillées en Annexe 3

Le passage des surfaces convertibles aux surfaces converties est réalisé en priorisant le type de surfaces à mobiliser. Sur la **moitié nord**, les surfaces de gel et d'ACE suffisent pour produire l'éthanol et le biodiesel attendus. Les surfaces de cultures d'export n'ont donc pas besoin d'être mobilisées. Le biogaz est quant à lui produit à partir de résidus de récolte non comptabilisés dans les surfaces mobilisées ainsi qu'à partir de luzerne qui mobilise 4,3% de la surface de prairie permanente. Sur la **moitié sud**, les surfaces de cultures énergétiques n'étant pas suffisamment importantes, il est nécessaire de mobiliser une part des surfaces d'exports hors UE rendue disponible, soit 15% des exports hors UE de la zone sud, ou 5,6% des exports nationaux vers les pays tiers (Tableau 23). Dans ce scénario 1B, la prairie ne se retrouve ainsi pas mobilisée pour la production de grandes cultures mais uniquement sur la moitié nord pour la culture d'une espèce prairiale, la luzerne.

**Tableau 23 - Déplacements des surfaces actuelles pour la réalisation du scénario 1B France**

(1 000 ha)	Surfaces de référence 2006	Part convertie pour les biocarburants 2030	Surfaces restantes 2030
Gel nu (jachère agronomique)	1 181	728 (61%)	453
Gel industriel	321	321 (100%)	0
ACE	380	380 (100%)	0
Export extra UE	1 520	86 (5,6%)	1 434
Prairie	8 150	168 (2%)	7 982
<b>Total</b>	<b>11,5 Mha</b>	<b>1,68 Mha (14%)</b>	<b>9,8 Mha</b>

⇒ La réalisation du scénario 1B implique la mobilisation d'un total de 1,7 Mha de terres agricoles pour la production des 5 Mtep de carburants d'origine agricole attendue en 2030. Ce volant de surface correspond à 6,5% de la surface agricole utile actuelle.

#### 3.4.3. Déclinaison du scénario 1B à l'échelle du Bassin Seine-Normandie

A l'échelle du bassin, la carte de la localisation géographique des unités de conversion (Annexe 4) peut difficilement dicter la localisation exacte des bassins d'approvisionnement en matières premières des usines du bassin hydrographique compte tenu de très probables flux de produits agricoles hors des frontières de ce bassin. La détermination des surfaces agricoles dédiées aux biocarburants est alors réalisée à partir des mêmes types de terres considérées comme convertibles pour les zones nord et sud. Il s'agit également des mêmes types de surface que dans le scénario 1A, à savoir le développement des jachères industrielles sur des surfaces non cultivées comme les

jachères agronomiques, la mobilisation des surfaces « ACE » actuelles, une diminution des prairies permanentes et une part des surfaces de cultures d'export.

Pour déterminer les surfaces allouables aux biocarburants sur le bassin on considère :

- une surface nue issue du **gel PAC** actuel (jachère agronomique) dont on estime la part cultivable, ajoutée aux surfaces de gel industriel biocarburant, se retrouve entièrement dédiée aux biocarburants en 2030.

Ne sont donc pas comprises ici les surfaces en gel environnemental (bandes enherbées), les surfaces en gel légumineuses (qui concerne les exploitations bio), les surfaces de gels industrielles autres que colza 00, blé et betterave, ainsi que les surfaces considérées comme peu productives (moyenne des surfaces en jachère agronomique entre 1989 et 1991). Un total de **407 388 ha** est alors mobilisé sur le gel PAC total.

- les surfaces en Aides aux Cultures Énergétiques (ACE) représentent en 2006 **167 247 ha** sur le bassin, uniquement composées de colza, tournesol, blé et betterave à destination des biocarburants. Ces surfaces sont donc laissées à l'identique et mobilisées comme telles en 2030.

- les ports de Rouen, du Havre et de Caen exportent 4,46 Mt de céréales et 9100 t de colza vers les pays tiers (hors UE). Ces produits agricoles représentent 94% des débouchés des céréales normands, soit 2,8 Mt de céréales hors UE, le reste majoritairement en provenance de Picardie et d'Ile de France, soit 1,66 Mt de céréales hors UE.

Ainsi 390 000 ha de céréales en Normandie sont dédiés à l'export, 235 000 ha dans les autres régions du bassin, puis 27 300 ha de colza et 123 749 ha de betterave pour l'export de sucre. En considérant la mobilisation de 1/3 de ces **surfaces d'export**, le bassin dispose de **279 570 ha** de terres d'export pour les biocarburants.

- une baisse des surfaces de prairie permanentes observée entre 2000 et 2005 qui se poursuit de manière à atteindre la limite réglementaire de retournement de prairie permanente (Annexe 3), soit **139 072 ha** de prairie convertis en 2030.

⇒ A l'échelle du bassin Seine-Normandie la surface mobilisable pour la production de biocarburants revient dans ce scénario à **près d'1 Mha**

D'après les règles de priorisation des surfaces à mobiliser définie nationalement pour les zones nord et sud du scénario 1B, le bassin **Seine-Normandie** mobilise l'ensemble des surfaces disponibles en gel nu et cultures énergétiques ainsi que 4,3% de la prairie permanentes sur les 10% considérées comme disponibles. Les cultures d'export ne sont pas mobilisées. La surface convertie en 2030 (635 823 ha) se retrouve alors inférieure aux totales des surfaces convertibles en 2006 (Tableau 24).



**Tableau 24 - Répartition des cultures biocarburants sur les surfaces Seine-Normandie mobilisées.**

Cultures 2006	Surfaces de référence 2006	Surfaces convertibles 2006	Cultures biocarburants 2030	Surfaces converties 2030	Remarques
Terre jachère nue	284 001	254 816	colza blé betterave	137 317 98 372 19 127	Mise en culture de terres nues cultivables
Gel industriel	152 572	152 572	colza blé betterave	136 817 11 764 3 991	Pas de changement d'assolement par rapport à 2006
ACE	167 247	167 247	colza tournesol blé betterave	151 945 1 806 2 228 11 269	Pas de changement d'assolement par rapport à 2006
Prairies permanentes	1 390 719	139 072	Luzerne	60 559	conversion surface de prairie permanente en prairie temporaire
cultures d'export	776 835	279 570		0	Pas de changement
<b>Total</b>	<b>2 771 374</b>	<b>993 277</b>		<b>635 194</b>	

La surface totale dédiée aux biocarburants sur le bassin Seine-Normandie s'élève à 635 194 ha, soit 10,8 % de la SAU du bassin.

A l'image de la production définie dans la zone nord (Tableau 21), le biogaz est produit à partir de pailles de blé et de luzerne. La luzerne est implantée sur prairie (4,4%) et les pailles de blé sont issues de la culture de blé réalisée sur l'ensemble du bassin (calcul détaillé en Annexe 5).

**Tableau 25 - Récapitulatif des produits obtenus par culture**

2030	ha	tonnes	tep
Colza	427 884	1 711 538	<b>633 269 (EMHV)</b>
Blé	112 364	1 123 638	<b>247 200 (Ethanol)</b>
Betterave	34 387	2 750 941	<b>137 547 (Ethanol)</b>
Luzerne	60 559	726 707	<b>186 856 (Biogaz)</b>
Pailles de blé*		1 579 441	<b>268 505 (Biogaz)</b>
<b>Total</b>	<b>635 194</b>	<b>7 892 265</b>	<b>1 473 377</b>

\* Calcul de disponibilité en pailles détaillé en Annexe 5

⇒ Dans cette déclinaison du scénario 1B le bassin Seine-Normandie produit 1,47 Mtep de biocarburants dont 0,38 Mtep d'éthanol, 0,63 Mtep de biodiesel et 0,45 Mtep de biogaz soit 52% de la production de la moitié nord et 30% de la demande nationale.

#### 3.4.4.

#### Déclinaison du scénario 1B à l'échelle du Bassin Adour-Garonne

A l'échelle du bassin, la carte de la localisation géographique des unités de conversion (Annexe 4) peut difficilement dicter la localisation exacte des bassins d'approvisionnement en matières premières des usines du bassin hydrographique

compte tenu de très probables flux de produits agricoles hors des frontières de ce bassin. La détermination des surfaces agricoles dédiées aux biocarburants est alors réalisée à partir des mêmes types de terres considérées comme convertibles pour les zones nord et sud. Il s'agit également des mêmes types de surface que dans le scénario 1A, à savoir le développement des jachères industrielles sur des surfaces non cultivées comme les jachères agronomiques, un développement des surfaces « ACE » à la place de cultures initialement vouées à l'export extra européens, et une diminution des prairies permanentes.

Pour déterminer les surfaces allouables aux biocarburants sur le bassin on considère :

- une surface nue issue du **gel PAC** actuel (jachère agronomique) dont on estime la part cultivable, ajoutée aux surfaces de gel industriel biocarburant, se retrouve entièrement dédiée aux biocarburants en 2030.  
 Ne sont donc pas comprises ici les surfaces en gel environnemental (bandes enherbées), les surfaces en gel légumineuses (qui concerne les exploitations bio), les surfaces de gels industrielles autres que colza 00, tournesol, blé et maïs, ainsi que les surfaces considérées comme peu productives (moyenne des surfaces en jachère agronomique entre 1989 et 1991). Un total de **230 981 ha** est alors mobilisé sur le gel PAC total.
- les surfaces en Aides aux Cultures Énergétiques (ACE) représentent en 2006 **39 130 ha** sur le bassin, uniquement composées de colza et tournesol à destination des biocarburants. Ces surfaces sont donc laissées à l'identique et mobilisées comme telles en 2030.
- les ports de la Rochelle et de Bordeaux exportent 0,7 Mt de céréales et 41 500 t d'oléagineux vers les pays tiers. Ces produits agricoles proviennent en grande majorité d'Aquitaine et de Poitou-Charentes, et concernent donc à part entière le potentiel de ressources biocarburants du bassin Adour-Garonne.  
 En considérant la mobilisation d'1/3 des surfaces d'export hors UE du blé, de l'orge et du colza, le bassin dispose de **52 056 ha** de terres d'export pour les biocarburants
- une baisse des surfaces de prairies permanentes observée entre 2000 et 2005 qui se poursuit de manière à atteindre la limite réglementaire de retournement de prairie permanente (Annexe 3), soit **119 900 ha** de prairie convertis en 2030.

⇒ A l'échelle du bassin Adour-Garonne la surface mobilisable pour la production de biocarburants revient dans ce scénario à **442 137ha**.

D'après les règles de priorisation des surfaces à mobiliser définie nationalement pour la zone sud du scénario 1B, le bassin Adour-Garonne mobilise l'ensemble des surfaces disponibles en gel nu et cultures énergétiques ainsi que 23% des surfaces d'export hors UE (sur le tiers initialement rendu disponible). Par ailleurs, ce scénario ne nécessite pas la mobilisation de surfaces de prairies. La surface convertie en 2030 se retrouve alors inférieure aux totales des surfaces convertibles en 2006 (

**Tableau 26 – Répartition des cultures biocarburants sur les surfaces Adour-Garonne mobilisées**

Cultures 2006	Surfaces de référence 2006	Surfaces convertibles 2006	Cultures biocarburants 2030	Surfaces converties 2030	Remarques
<b>Jachère nue</b>	277 767	207 443	colza tournesol maïs	79 414 99 268 28 760	Mise en culture de terres nues cultivables
<b>Gel industriel</b>	32 632	23 538	colza tournesol maïs	8 290 15 242 6	Pas de changement d'assolement par rapport à 2006
<b>ACE</b>	39 130	39 130	colza tournesol	31 474 7 656	Pas de changement d'assolement par rapport à 2006
<b>Prairie permanente</b>	1 199 000	119 900		0	Pas de changement
<b>Blé/orge d'export</b>	116 421	38 807	colza Tournesol	486 16 078	Remplacement d'une culture de blé par du colza et du tournesol
<b>Colza d'export</b>	12 925	12 925	colza	12 925	réorientation de la récolte
<b>Maïs d'export</b>	324	324	maïs	324	réorientation de la récolte
<b>Total</b>	<b>1 669 175</b>	<b>442 137</b>		<b>299 924</b>	

La surface totale dédiée aux biocarburants sur le bassin Adour-Garonne s'élève à 299 924 ha, soit 6 % de la SAU du bassin.

A l'image de la production définie dans la zone sud, le biogaz est produit à partir de pailles de maïs et de blé issues des cultures de maïs et de blé réalisées sur le bassin.

**Tableau 27 – Récapitulatif des produits obtenus par culture**

2030	ha	tonnes	tep carburant
Colza	132 589	464 062	171 703 (EMHV)
Tournesol	138 244	387 082	143 220 (EMHV)
Maïs	29 091	349 091	76 800 (Ethanol)
Pailles de maïs*		3 383 664	1 099 691 (Biogaz)
Pailles de blé tendre*		299 450	50 907 (Biogaz)
<b>total</b>	<b>299 924</b>	<b>4 883 349</b>	<b>1 542 321</b>

\* Calcul des disponibilités en pailles détaillé en Annexe 5

⇒ Dans cette déclinaison du scénario 1B le bassin Adour Garonne produit 1,54 Mtep de biocarburants dont 77 ktep d'éthanol, 0,31 Mtep de biodiesel et 1,15 Mtep de biogaz soit 71% de la production de la moitié sud et 31% de la demande nationale.

### 3.5. Scénario 2 – 20 Mtep

Le scénario 2 traduit une forte augmentation de la production française de biocarburants, qui nécessite le recours aux filières de deuxième génération. Pour des raisons de simplicité d'interprétation des résultats, il est supposé qu'à l'horizon 2030, la production de biocarburants n'utilise que des procédés de deuxième génération permettant la production d'éthanol lignocellulosique et de gazole de synthèse par la voie BtL (Diesel-FT). On peut considérer que les unités de production de biocarburants de première génération sont soit converties dans le cas de l'éthanol, soit démantelées, ou sont en production à partir de matières premières importées.

Dans ce cadre, le développement des filières de deuxième génération n'implique pas de profondes modifications des parcs automobiles. L'éthanol, au même titre que l'éthanol de première génération, se substitue à l'essence, tandis que le diesel-FT est incorporé dans les moteurs diesel classiques en substitution au gazole fossile. Les rendements des deux procédés sont ici considérés comme similaires (0,16 Mtep de carburants/ tonne de biomasse sèche). Il n'y a donc pas lieu de définir précisément pour la construction du scénario la part de la production totale que l'on consacre à l'éthanol et la part consacrée au diesel-FT.

Le choix d'un scénario 20 Mtep est basé sur un scénario d'Henri Prévot dans le cadre de sa participation au groupe de travail à l'étude "Facteur 4". L'un des scénarios évoqué dans l'étude consiste à produire 22 Mtep de biocarburants en mobilisant entre autre 1/4 de la SAU française pour la production des biocarburants.

En considérant une demande nationale en carburants routiers stagnant autour de 43 Mtep, la production de 22 Mtep de biocarburants représente un taux de substitution global d'environ 50%. Avec un taux de diésélisation qui stagne à 72,8%, un taux de répartition égal des deux biocarburants dans les carburants fossiles impliquerait une production de 6 Mtep d'éthanol et 16 Mtep de diesel-FT.

A l'image du scénario Facteur 4, sont considérées, dans la déclinaison de ce scénario 2, uniquement des cultures dédiées à la production de biocarburants implantées sur la SAU du territoire. Ce scénario a recours à une agriculture conventionnelle qui privilégie la productivité. La valorisation du potentiel bois énergie issu des produits et sous-produits forestiers (hors TTCR) est ici réservée à un usage énergétique hors carburants, comme l'électricité ou la chaleur.

Il s'avère cependant qu'en vue des cultures et des rendements choisis dans ce scénario 2, la mobilisation d'1/4 de la SAU française ne permet pas d'atteindre la production de 22 Mtep annoncée, mais s'approche plus facilement de 20 Mtep (explication détaillée plus bas). C'est pourquoi le scénario 2 est intitulé "20 Mtep" dans l'étude.

### 3.5.1. Demande nationale en surfaces et produits agricoles pour la production de 20 Mtep de biocarburants

#### a) Choix et répartition des filières de production

Dans ce scénario productif le choix des cultures est fait parmi celles qui ont les meilleurs rendements en condition de culture conventionnelle (apport d'eau et d'intrants en réponse au besoin de la plante) et parmi les trois catégories de cultures dédiées, à savoir par ordre de priorité, les cultures pérennes herbacées, les cultures annuelles en plante entière, les cultures ligneuses en taillis. Celles-ci sont déterminées et implantées sur les moitiés nord et sud du territoire en fonction de leur adaptation aux différents climats.

La plupart de ces cultures sont aujourd'hui expérimentées sur parcelles exploratoires dans le cadre de programmes de recherche. Les connaissances acquises de ces cultures implantées en France, et en conditions pédoclimatiques proches en Europe, permettent cependant d'évaluer des productivités et conduites culturales en exploitation à grandes échelles.

L'unique paramètre de cadrage du scénario est la SAU française qui en 2030 reste similaire à la SAU 2006 soit 27,6 Mha, ainsi que la part de SAU dédiée aux biocarburants, soit  $\frac{1}{4}$  (**6,9 Mha**) selon le scénario "Facteur 4". Les surfaces allouées se répartissent géographiquement sur les moitiés nord et sud du pays (Figure 1) de manière proportionnelle à la répartition de la SAU :

SAU Nord : 16,4 Mha (60% SAU Française)

Surface biocarburants Nord :  $60\% \times 6,9 \text{ Mha} = \mathbf{4,14 \text{ Mha}}$

SAU Sud : 12 Mha (40% SAU Française)

Surface biocarburants Sud :  $40\% \times 6,9 \text{ Mha} = \mathbf{2,76 \text{ Mha}}$

Il s'avère cependant qu'à partir d'un volant de surfaces de 6,9 Mha et les rendements matières des procédés tels qu'on les connaît aujourd'hui, la production de 22 Mtep de biocarburants à partir d'une telle diversité de cultures dédiées n'est rendue possible qu'avec des productivités à l'hectare qui relèvent du record, et peu réalistes en culture à grande échelle.

Le Tableau 28 affiche alors la quantité de biocarburants qu'il est possible de produire à partir de la répartition des cultures dédiées comme suit:

- dans le nord: 20% (en surface) de miscanthus, 15% de luzerne, 15% de Fétuque, 30% de triticale plante entière et 20% de TTCR de peuplier.
- dans le sud: 30% (en surface) de switchgrass, 20% de canne de Provence, 15% de maïs biomasse, 15% de sorgho fibre et 20% de TTCR d'Eucalyptus

**Tableau 28 – Surfaces et cultures mobilisées pour la réalisation du scénario 2**

	Cultures	Mtep biocarb.	Mt ms	Rendement (t/ha)	Mha
<b>NORD</b>	Miscanthus	3,31	20,70	25	0,828
	Luzerne	1,49	9,32	15	0,621
	Fétuque élevée	1,49	9,32	15	0,621
	Triticale plante entière	2,58	16,15	13	1,242
	TTCR Peuplier (2ans)	1,99	12,42	15	0,828
	<b>Sous total nord</b>		<b>10,86</b>	<b>67,90</b>	
<b>SUD</b>	Switchgrass	2,65	16,56	20	0,83

Canne de Provence	2,21	13,80	25	0,55
Maïs biomasse	1,66	10,35	25	0,41
Sorgho fibre irrigué	1,66	10,35	25	0,41
TTCR Eucalyptus	1,32	8,28	15	0,55
<b>Sous total sud</b>	<b>9,49</b>	<b>59,34</b>		<b>2,76</b>
<b>Total France</b>	<b>20,36</b>	<b>127,24</b>		<b>6,90</b>

⇒ En dédiant une part de SAU proportionnelle aux SAU actuelles dans les deux zones, ce panel de cultures permettrait de produire 20 Mtep de biocarburants, avec 53 % des biocarburants sur la moitié nord et 47% sur la moitié sud.

#### b) Nature des surfaces convertibles et effectivement converties

Le premier volant de surfaces convertibles défini pour les scénarios 2 et 3 en 3.2.2 page 29 est ici considéré (jachère nue considérées comme totalement exploitables, gel industriel, surfaces ACE, prairie permanente, terres agricoles non cultivées, peupleraie, TCR d'Eucalyptus).

Par ailleurs, les cultures annuelles comme le sorgho et le triticales sont implantées sur toutes les terres allouées à ces mêmes espèces en 2006, avec un complément sur terres de **céréales** dans le nord et un complément sur **terres agricoles non cultivées** (ou friches) dans le sud. Ce dernier type de sol est par ailleurs utilisé comme surface d'ajustement pour les autres cultures lorsque nécessaire. Le maïs biomasse est quand à lui implanté sur terres initialement en maïs en 2006 en veillant à ce qu'il ne dépasse pas la moitié de la surface initiale.

Concernant les surfaces d'ajustement ayant un usage commercial défini (prairie au delà des 10% règlementaires, céréales) la part considérée comme convertible est arbitrairement arrêtée à la moitié de la surface totale de la zone considérée. La part réellement convertie correspond cependant à la surface manquante pour la réalisation du scénario après mobilisation des autres types de surface.

⇒ A l'échelle nationale, les surfaces convertibles pour la production de biocarburants reviennent dans ce scénario à 13 Mha, dont 7,6 Mha sur la moitié nord et 5,4 Mha sur la moitié sud.

#### c) Déplacement de surfaces et impacts potentiel sur les filières concernées

La nature des cultures et des surfaces mobilisées étant différentes dans les zones nord et sud les Tableau 29 et Tableau 30 affichent les déplacements de surfaces sur chacune des 2 zones.

**Tableau 29 – Part de surfaces mobilisées sur la moitié nord parmi les surfaces mobilisables identifiées**

<b>Zone Nord (ha)</b>	<b>Surfaces de référence 2006</b>	<b>Surfaces après mobilisation 2030</b>	<b>Surfaces converties biocarburants 2030</b>	<b>%</b>
Gel nu	748 459	0	748 459	100%
Gel industriel	347 770	0	347 770	100%
Prairie permanente	3 868 407	3 198 636	669 771	17,3%
ACE	304 000	0	304 000	100%
Triticale	170 000	0	170 000	100%
Autres céréales	6 200 000	5 128 000	1 072 000	17,3%
Peupleraies	152 000	75 000	77 000	50,7%



Terres agri non cultivées	751 000	0	751 000	100%
---------------------------	---------	---	---------	------

Pour atteindre les 4,14 Mha de cultures dédiées aux biocarburants sur la moitié nord, l'ensemble des terres de gel nues et des cultures énergétiques est mobilisé. Parmi les 17,3% de prairie mobilisées, 10% correspondent au taux considéré comme réglementairement mobilisable pour tout type de cultures. Les 7,3% restant sont mobilisés pour la culture de fétuque, une graminée prairiale ne nécessitant pas le retournement de la prairie. Les activités d'élevage se voient alors impactées par cette mobilisation, impliquant une baisse des effectifs animaux et/ou une augmentation du chargement à l'hectare. La première hypothèse, de baisse des effectifs d'animaux d'élevage, peut être préférentiellement retenue pour justifier la mobilisation d'une part similaire de la production de céréales (la totalité du triticale et 17,3% des autres céréales). Enfin la surface de peupleraie disponible aux débouchés actuels diminue de moitié. Ceci peut impliquer une diminution des débouchés à l'horizon 2030 au profit de la production d'énergie, et/ou une intensification de l'exploitation en TTCR de manière à produire des quantités similaires de bois sur une surface moindre.

**Tableau 30 - Part de surfaces mobilisées sur la moitié sud parmi les surfaces mobilisables identifiées**

<b>Zone Sud (ha)</b>	<b>Surfaces de référence 2006</b>	<b>Surfaces après mobilisation 2030</b>	<b>Surfaces converties biocarburants 2030</b>	<b>%</b>
Gel nu	433 308	0	433 308	100%
Gel industriel	59 313	0	59 313	100%
Prairie permanente	5 132 803	4 662 234	470 569	9,2%
ACE	81 431	0	81 431	100%
Maïs	1 071 323	657 323	414 000	38,6%
Sorgho	56 072	0	56 072	100%
Eucalyptus	4 000	0	4 000	100%
Peupleraies	76 575	38 288	38 288	50%
Terres agri non cultivées	1 655 530	452 511	1 203 020	72,7%

Pour atteindre les 2,76 Mha de cultures dédiées aux biocarburants sur la moitié sud, l'ensemble des terres de gel nu et des cultures énergétiques est mobilisé. Le sorgho fibre et l'eucalyptus sont implantés prioritairement sur les terres de sorgho grain et d'eucalyptus actuellement identifiées. Ils sont en deuxième lieu implantés sur les terres agricoles non cultivées. La prairie permanente, en tant que surface d'ajustement est mobilisée à hauteur de 9,2%, impliquant une diminution d'autant des effectifs d'élevage et/ou une augmentation du chargement à l'hectare. La disponibilité du maïs de la moitié sud se voit diminuer de 38,6%. L'utilisation du maïs grain français est à près de 70% dédiée à l'exportation, dont plus de 99% à destination des pays de l'union européenne (ONIGC). La baisse de la disponibilité en maïs peut alors se justifier en partie par la diminution des activités d'élevage mais également par le développement de l'autosuffisance en maïs des pays importateurs. L'évolution des peupleraies est identique au bassin Seine-Normandie. Enfin, les terres agricoles non cultivées étant une surface d'ajustement, seuls 72,7% sont nécessaires à la réalisation de ce scénario Sud.

### 3.5.2.

#### *Déclinaison du scénario 2 sur le bassin Seine-Normandie*

Les surfaces allouées des bassins correspondent aux systèmes d'allocation des moitiés nord et sud, comme décrit précédemment.

⇒ Sur l'ensemble des surfaces considérées comme convertibles sur la moitié nord, le bassin **Seine-Normandie** en compte 37%, soit **2,8 Mha**.

Les surfaces effectivement converties sur le Bassin Seine-Normandie correspondent au système d'allocation de la moitié nord, comme décrit précédemment, à savoir :

- l'ensemble des terres en gel nu et industriel et cultures énergétiques actuelles,
- 17,3% de la surface totale de prairie permanente, dont 7,3% de surface en espèce prairiale qui modifie peu l'environnement et le paysage,
- l'ensemble de la surface de Triticale et 17% des la surface totale des autres céréales,
- environ la moitié des peupleraies,
- l'ensemble des surfaces marginales dites surfaces agricoles non cultivées.

**Tableau 31 - Répartition des cultures biocarburants sur les surfaces Seine-Normandie mobilisées**

Cultures 2006	Surfaces de référence 2006	Surfaces convertibles 2006	Cultures biocarburants 2030	Surfaces converties 2030	Remarques
Jachère nue	284 001	284 001	Miscanthus Fétuque	182 222 101 779	Cultures pérennes sur sol nu
Gel industriel	176 024	152 572	Miscanthus	152 572	Culture pérenne sur grandes cultures
ACE	167 249	167 249	Luzerne	167 249	Culture pérenne sur grandes cultures
Prairies permanentes	1 390 719	764 895	Luzerne Fétuque	113 964 126 824	Cultures prairiales sur prairie
Triticale	21 454	21 454	Triticale plante entière	21 454	Pas de modification d'assolement
Autres céréales	2 600 464	1 300 232	Triticale plante entière	449 629	Céréale sur céréales
Peupleraie	69 270	34 635	TTCR	34 635	Intensification de l'exploitation
Terres agricoles non cultivées	137 352	137 352	TTCR	137 352	Culture ligneuse sur sol nu/en friche
<b>Total</b>	<b>4 823 081</b>	<b>2 862 390</b>		<b>1 487 679</b>	

⇒ Les surfaces converties du Bassin Seine-Normandie s'élèvent quant à elles à **1,48 Mha**, cette surface correspond bien au quart de la SAU actuelle du bassin

**Tableau 32 - Récapitulatif des produits obtenus par culture**

	2030	ha	Tonnes	tep
Miscanthus 2030		334 794	8 369 845	1 339 175
Luzerne 2030		281 213	4 218 193	674 911
Fétuque 2030		228 602	3 429 035	548 646
Triticale p.e. 2030		471 083	6 124 074	979 852
TTCR 2030		171 987	2 579 805	412 769
<b>Total</b>		<b>1 487 679</b>	<b>24 720 953</b>	<b>3 955 352</b>

⇒ Dans ce scénario 2, le bassin Seine-Normandie produit près de **4 Mtep de biocarburants de deuxième génération**, soit 36% de la production nord et 20% de la demande nationale.

3.5.3.

Déclinaison du scénario 2 sur le bassin Adour Garonne

Les surfaces allouées du bassin Adour-Garonne correspondent au système d'allocation de la moitié sud, comme décrit précédemment.

⇒ Sur l'ensemble des surfaces considérées comme convertibles sur la moitié sud, le bassin **Adour-Garonne** en compte 41%, soit **1,4 Mha**

Concernant les surfaces effectivement converties, comme sur la moitié sud, ce sont les surfaces de prairies (9% sur les 10% disponibles) et de terres agricoles non cultivées (72% plutôt que la totalité) qui ont servi de surfaces d'ajustement. Le bassin mobilise alors:

- l'ensemble des terres en gel nu et industriel et cultures énergétiques actuelles,
- 9% de la surface totale de prairie permanente,
- 38% de la surface 2006 de maïs grain et fourrage du bassin,
- l'ensemble de la surface de sorgho,
- l'ensemble de la surface identifiée de TCR d'Eucalyptus

Il en existe aujourd'hui environ 1200 ha implantés en TCR essentiellement en région Midi-Pyrénées. La région Midi-Pyrénées est actuellement la seule à proposer une subvention aux candidats planteurs. Dans le cadre du nouveau contrat de projet Etat-Région, ce système de subvention sera vraisemblablement renouvelé pour 7 ans avec un objectif affiché d'environ 4000 ha plantés sur cette période.

- la moitié des peupleraies
- 72% des surfaces agricoles non cultivées

**Tableau 33 - Répartition des cultures biocarburants sur les surfaces Adour-Garonne mobilisées**

Cultures 2006	Surfaces de référence 2006	Surfaces convertibles 2006	Cultures biocarburants 2030	Surfaces converties 2030	Remarques
Jachère nue	277 767	277 767	Switchgrass	277 767	Culture pérenne sur sol nu
Gel industriel	24 530	24 530	Switchgrass	24 530	Culture pérenne sur grandes cultures
ACE	39 131	39 131	Canne de Provence	39 131	Culture pérenne sur grandes cultures
Prairies permanentes	1 199 000	119 900	Canne de Provence	109 923	Culture pérenne sur prairie
Maïs	742 880	371 440	Maïs	287 077	Pas de modification d'assolement
Sorgho grain	29 351	29 351	Sorgho fibre	29 351	Pas de modification d'assolement
Eucalyptus	4 000	4 000	TTRC Eucalyptus	4 000	Pas de modification d'assolement
Peupleraie	53 310	26 655	TTCR	26 655	Intensification de l'exploitation
Terres agricoles non cultivées	502 973	502 973	Switchgrass	101 893	Culture pérenne sur sol nu/friche
			Sorgho fibre	108 743	Culture annuelle sur sol nu/friche
			TTCR	154 858	Culture ligneuse sur sol nu/friche
<b>Total</b>	<b>2 872 942</b>	<b>1 395 747</b>		<b>1 163 928</b>	

⇒ Les surfaces converties du Bassin Adour-Garonne s'élèvent quant à elles à **1,16 Mha**, cette surface correspond bien au quart de la SAU actuelle du bassin.

**Tableau 34 - Récapitulatif des produits obtenus par culture**

2030	ha	tonnes	tep
Switchgrass 2030	404 190	8 083 796	1 293 407
Canne de Provence 2030	149 054	3 726 346	596 215
Maïs biomasse 2030	287 077	7 176 928	1 148 308
Sorgho fibre 2030	138 094	3 452 362	552 378
TCR Eucalyptus 2030	185 513	2 782 691	445 231
<b>Total</b>	<b>1 163 928</b>	<b>25 222 123</b>	<b>4 035 540</b>

⇒ Dans ce scénario 2, le bassin Adour-Garonne produit un peu plus de 4 Mtep de biocarburant de deuxième génération, soit 42% de la production sud et 20% de la demande nationale.

### 3.6. Scénario 3 – Préservation des ressources en eau

Le scénario 3 constitue la variante « préservation des ressources » du scénario 2 : il se base sur le développement de filières biocarburants de deuxième génération, en mobilisant la même surface agricole (un quart de la SAU), restant analogue au scénario Facteur 4 de référence.

La particularité de ce scénario réside dans le choix de privilégier le respect de la ressource en eau. Il n'est pas fixé d'objectif de production nationale de biocarburants. Le choix des cultures et des pratiques culturales plus respectueuses des ressources en eau détermine les rendements atteignables, et, par suite, la production globale de biocarburants induite sur le volant de surfaces retenu.

Les options de développements des biocarburants retenues dans ce scénario intègrent des objectifs d'amélioration environnementale vis à vis du scénario 2 productif. Ces options peuvent se traduire dans un premier temps en terme de pratiques culturales adaptées et par conséquent en terme de choix de cultures adaptées (ex : cultures sobres, cultures à moindre besoin en produits phytosanitaires, cultures à moindres fuites N, cultures fixatrices d'azote ou améliorant le bilan N,...).

Un cahier des charges des pratiques est alors défini selon les exigences les plus strictes sur des zones de protection prioritaires, à savoir les zones correspondant aux bassins d'alimentation de captage d'eau potable (BAC) et bords de cours d'eau. Dans ce scénario, les cultures dédiées aux biocarburants peuvent être implantées, sur tout type de zone, à condition qu'elles répondent aux exigences de ce cahier des charges. Dans ce cadre, ces cultures dédiées peuvent faire partie des options envisageables pour l'amélioration de la ressource en eau des BAC et cours d'eau, lorsqu'elles y sont implantées

#### 3.6.1. Détermination du cahier des charges des pratiques et cultures dédiées appropriées

D'une manière générale l'amélioration de l'état des BAC et cours d'eau nécessite la forte réduction, voire l'absence de fuites vers les nappes, de fertilisants et de produits phytosanitaires chimiques. Par ailleurs la pratique de l'irrigation est tolérée uniquement en cas de nécessité vitale pour la culture, ou lorsque la ressource en eau n'est pas impactée.

A partir de ces premiers éléments de cadrage, il est également possible d'intervenir sur un certain nombre de paramètres permettant à priori d'engendrer de moindres impacts sur l'eau vis à vis d'un scénario 2 cherchant à optimiser la production de biomasse :

- 1) le **choix de systèmes de cultures** permettant des synergies inter espèces, pour un accès facilité à l'eau et aux nutriments,

Exemple : la culture d'une graminée prairiale (la fétuque) en association avec une légumineuse (le trèfle) pour une économie en engrais azoté. Un tel système sans apport externe d'azote permettra de meilleurs rendements qu'une culture de fétuque seule sans apport.

D'autres associations de ce type sont intéressantes, notamment entre céréales et légumineuses, entre différentes espèces ou variétés de céréales, mais également entre essences forestières et espèces agricoles (agroforesterie). Elles n'ont pas prioritairement été retenues par manque d'accessibilité aux données de productivité de ces systèmes ainsi que par le choix de privilégier les espèces pérennes ou pluriannuelles aux espèces annuelles.

- 2) le **choix d'espèces végétales** génétiquement plus sobres en eau et/ou en azote,

Exemple 1 : le maïs biomasse du scénario 2 est remplacé par du sorgho fibre dans le scénario 3. En condition non limitante d'alimentation en eau, le maïs ensilage a un potentiel de production plus élevé que le sorgho (croissance foliaire plus rapide du maïs qui intercepte ainsi une plus grande quantité de rayonnement). Cependant, l'efficacité de l'eau du maïs diminue lorsqu'il passe d'une condition non limitante d'alimentation hydrique à une condition très restreinte, alors que l'efficacité du sorgho augmente. Il y a donc une inversion du potentiel de production entre le sorgho et le maïs lorsque l'on passe d'une condition non limitante d'alimentation en eau à une condition plus sèche. Des observations en ce sens ont été faites en région Aquitaine par Straeber et Le Gall (1998) qui indiquent que le sorgho maintient une production plus élevée en situation de sécheresse que le maïs (d'après expertise sécheresse, INRA).

Exemple 2 : l'implantation d'une culture de TCR de robinier plutôt que du peuplier (scénario 2) pour sa moindre exigence en eau et sa disponibilité plus importante en azote due à sa nature légumineuse.

- 3) le **choix de pratiques culturales** également plus sobres en eau et/ou azote.

Exemple 1: la récolte hivernale, plutôt qu'automnale, des cultures dédiées comme le miscanthus et le switchgrass. Ces cultures dédiées pérennes ont deux dates de coupe possibles. La première en automne lorsque la plante est mature, possède toutes ses feuilles et à un taux d'humidité élevé. Le rendement en biomasse est alors maximal. La seconde date est en hiver lorsque la plante est en stade de sénescence, les éléments minéraux sont stockés dans les parties souterraines (rhizome ou racines), les feuilles sont tombées à terre, permettant un apport naturel du sol en éléments organiques. A la récolte, le rendement en biomasse est moindre, le taux d'humidité est plus bas, et les besoins d'apports en éléments minéraux sont nettement inférieurs pour la repousse suivante.

Exemple 2 : la culture des taillis à courte rotation. Le scénario 2, pour maximiser les rendements en biomasse, exploite les taillis en très courtes rotations de 2 à 3 ans. Le scénario 3 préfère l'allongement des rotations de 7 à 10 ans selon les espèces de manière à minimiser les interventions sur parcelles et les apports de nutriments nécessaires sur la période de ration.

3.6.2. *Production nationale de biocarburants obtenue par le système de cultures dédiées choisi*

a) **Choix et répartition des filières de production**

Le scénario 3, comme le scénario 2, a été construit à partir d'une surface disponible nationale fixe, des cultures et pratiques culturales déterminées précédemment, puis des rendements à l'hectare déterminés en conséquence à dire d'expert. De ces choix, dictés par la contrainte de préservation des ressources en eau admise pour ce scénario, découle une production de biocarburants de deuxième génération présentée dans le Tableau 35.

Tableau 35 – Biocarburants produits à partir des cultures mobilisées pour la réalisation du scénario 3

	Cultures	Mtep biocarburants	Mt ms	Rendement (t/ha)	Mha
<b>NORD</b>	Miscanthus	2.98	18.63	15	1.242
	Luzerne	1.19	7.45	12	0.621
	Fétuque	0.26	1.60	6	0.266
	Fétuque élevée - trèfle	3.83	23.95	15	1.597
	TCR robinier	0.53	3.31	8	0.414
	<b>Sous total nord</b>	<b>8.79</b>	<b>54.94</b>		<b>4.140</b>
<b>SUD</b>	Switchgrass	0.79	4.97	12	0.41
	Miscanthus	0.86	5.38	13	0.41
	Fétuque	0.11	0.72	6	0.12
	Fétuque élevée - trèfle	2.52	15.72	14	1.12
	Sorgho fibre	0.86	5.38	13	0.41
	TCR Eucalyptus	0.53	3.31	12	0.28
	<b>Sous total sud</b>	<b>5.68</b>	<b>35.48</b>		<b>2.76</b>
<b>Total France</b>	<b>14.47</b>	<b>90.42</b>		<b>6.90</b>	

⇒ En dédiant une part de SAU proportionnelle aux SAU actuelles dans les deux zones, ce panel de cultures permettrait de produire 14,5 Mtep de biocarburants, avec 62 % des biocarburants sur la moitié nord et 38% sur la moitié sud.

b) **Nature des surfaces convertibles et effectivement converties**

Comme pour le scénario 2, le premier volant de surfaces convertibles défini pour les scénarios 2 et 3 en 3.2.2 page 29 est ici considéré..

Parmi les particularités de ce scénario on trouve la mobilisation des **surfaces en couverts environnementaux** (définition des SCE en Annexe 6) et notamment les bandes enherbées, qui sont implantées en espèces prairiales comme la Fétuque élevée, puis fauchés pour l'utilisation du foin. Par ailleurs sur la moitié nord des surfaces de **cultures annuelles** (maïs fourrage et betterave) sont mobilisées en 2006 à hauteur d'un quart de leurs surfaces car considérées en déclin et viennent en complément des **terres agricoles non cultivées** qui sont intégralement mobilisées sur cette zone. Le taux règlementaire de



retournement de **prairie** est valorisé, avec une part supplémentaire pour l'implantation d'espèces prairiales en tant que surfaces d'ajustement pour parvenir aux 4,1 Mha à mobiliser. Sur la zone sud, les surfaces d'ajustement correspondent à une part de surfaces de **maïs** et des **terres agricoles non cultivées** (dont la part réellement cultivable est plus incertaine que sur la zone nord).

Concernant les surfaces d'ajustement ayant un usage commercial défini (prairie au delà des 10% règlementaires, et maïs dans le sud), la part considérée comme convertible est arbitrairement arrêtée à la moitié de la surface totale de la zone considérée. La part réellement convertie correspond cependant à la surface manquante pour la réalisation du scénario après mobilisation des autres types de surface.

⇒ A l'échelle nationale, les surfaces convertibles pour la production de biocarburants reviennent dans ce scénario à 10,7 Mha, dont 5 Mha sur la moitié nord et 5,7 Mha sur la moitié sud.

### c) Déplacement de surfaces et impacts potentiel sur les filières concernées

La nature des cultures et des surfaces mobilisées étant différente dans les zones nord et sud les Tableau 36 et Tableau 37 affichent les déplacements de surfaces sur chacune des 2 zones.

**Tableau 36 – Part de surfaces mobilisées sur la moitié nord parmi les surfaces mobilisables identifiées**

<b>Zone Nord (ha)</b>	<b>Surfaces de référence 2006</b>	<b>Surfaces après mobilisation 2030</b>	<b>Surfaces converties biocarburants</b>	<b>%</b>
Gel nu	748 459	0	748 459	100%
Gel industriel	347 770	0	347 770	100%
Prairie	3 868 407	2 589 587	1 278 820	33.1%
ACE	304 000	0	304 000	100%
SCE	266 052	0	266 052	100%
Maïs fourrage	1 096 375	822 281	274 094	25.0%
Betterave	375 220	281 415	93 805	25.0%
Peupleraies	152 000	76 000	76 000	50.0%
Terres agri non cultivées	751 000	0	751 000	100%

Pour atteindre les 4,14 Mha de cultures dédiées aux biocarburants sur la moitié nord, l'ensemble des terres de gel nu et des cultures énergétiques est mobilisé. Parmi les 33,1% de prairie mobilisées, 10% correspondent à la culture de luzerne, soit le taux considéré comme règlementairement mobilisable pour tout type de cultures. Les 23% restant sont mobilisés pour la culture de fétuque/trèfle, espèces prairiales en association, ne nécessitant pas le retournement de la prairie. Les activités d'élevage se voient alors impactées par cette mobilisation, impliquant une baisse des effectifs animaux et/ou une augmentation du chargement à l'hectare. La première hypothèse, de baisse des effectifs d'animaux d'élevage, peut être préférentiellement retenue pour justifier la mobilisation d'une part de la production de maïs fourrage et ensilage (25% ou 15% de la surface totale de maïs). Les surfaces de betterave sont quant à elles réquisitionnées suite aux baisses des quotas d'exportation de sucre européens ainsi qu'au remplacement de la production d'éthanol ex betterave par de l'éthanol lignocellulosique. Enfin, la surface de peupleraie disponible aux débouchés actuels diminue de moitié. Cela peut impliquer une diminution

des débouchés à l'horizon 2030 au profit de la production d'énergie, et/ou une intensification de l'exploitation en TCR de manière à produire des quantités similaires de bois sur une surface moindre.

**Tableau 37 - Part de surfaces mobilisées sur la moitié sud parmi les surfaces mobilisables identifiées**

<b>Zone Sud</b>	<b>2006</b>	<b>2030</b>	<b>Delta</b>	<b>%</b>
Gel nu	433 308	0	433 308	100%
Gel industriel	59 313	0	59 313	100%
Prairie	5 132 803	4 010 031	1 122 772	21.9%
ACE	81 431	0	81 431	100%
SCE	119 228	0	119 228	100%
Maïs	1 071 323	798 067	273 256	25.5%
TCR Eucalyptus	4 000	0	4 000	100.0%
Peupleraies	76 575	38 288	38 288	50.0%
Terres agri non cultivées	1 655 530	1 027 126	628 405	38%

Pour atteindre les 2,76 Mha de cultures dédiées aux biocarburants sur la moitié sud, l'ensemble des terres de gel nu et des cultures énergétiques est mobilisé. La prairie permanente est mobilisée à hauteur de 21,9%, intégralement pour la fauche d'espèces prairiales comme la fétuque et le trèfle en association. Cela implique une diminution d'autant des effectifs d'élevage et/ou une augmentation du chargement à l'hectare. La première hypothèse, de baisse des effectifs d'animaux d'élevage, peut être préférentiellement retenue pour justifier la baisse de surfaces de maïs de la moitié sud qui se voit diminuer de 25,5% pour profiter à la culture de sorgho fibre. L'eucalyptus est implanté prioritairement sur les terres de d'eucalyptus actuellement identifiées. Les cultures 2030 sont en deuxième lieu implantées sur les terres agricoles non cultivées qui se retrouvent mobilisées à 38% en tant que surfaces d'ajustement. L'évolution des peupleraies est identique à celle du bassin Nord.

### 3.6.3. *Déclinaison du scénario 3 sur le bassin Seine-Normandie*

Les surfaces allouées des bassins correspondent aux systèmes d'allocation des moitiés nord et sud, comme décrit précédemment.

⇒ Sur l'ensemble des surfaces considérées comme convertibles sur la moitié nord, le bassin **Seine-Normandie** en compte 35%, soit près de **1,77 Mha**.

Concernant les surfaces effectivement converties, comme sur la moitié nord, ce sont les surfaces de prairies permanentes pour la culture de Fétuque qui constituent les surfaces d'ajustement. La bassin mobilise alors :

- l'ensemble des terres en gel nu et industriel et cultures énergétiques actuelles,
- 33,1% de la surface totale de prairie permanente, dont 23,1% de surface en espèces prairiales qui modifient peu l'environnement et le paysage,
- l'ensemble des surfaces de couvert environnemental,
- 15% de la surface maïs (ou 25% de la surface de maïs ensilage et fourrage),

- 25% des surfaces de betterave
- environ la moitié des peupleraies,
- l'ensemble des surfaces marginales, dites surfaces agricoles non cultivées.

**Tableau 38 - Répartition des cultures biocarburant sur les surfaces mobilisées de Seine-Normandie**

Cultures 2006	Surfaces de référence 2006	Surfaces convertibles 2006	Cultures biocarburants 2030	Surfaces converties 2030	Remarques
Jachère nue	284 001	284 001	Miscanthus	284 001	Cultures pérennes sur sol nu
Gel industriel	176 024	152 572	Miscanthus	152 572	Culture pérenne sur grandes cultures
ACE	167 249	167 249	Miscanthus Luzerne	38 423 128 826	Culture pérenne sur grandes cultures
Prairies permanentes	1 390 719	764 895	Luzerne Féтуque/trèfle	139 072 320 673	Cultures prairiales sur prairie
SCE	98 412	98 412	Féтуque	98 412	Peu de modification d'assolement
maïs ensilage	252 955	65 739	Miscanthus Sorgho fibre	18 211 47 527	Culture pérenne et sobre en eau sur maïs
Betterave	256 504	64 126	TCR robinier	64 126	Culture ligneuse sur grande culture
Peupleraie	69 270	34 635	TCR robinier	34 635	Intensification de l'exploitation
Terres agricoles non cultivées	137 352	137 352	Féтуque/trèfle TCR robinier	92 691 44 661	Culture prairiale et ligneuse sur sol nu/en friche
<b>Total</b>	<b>2 681 681</b>	<b>1 768 981</b>		<b>1 463 830</b>	

⇒ Les surfaces converties du Bassin Seine-Normandie s'élèvent quant à elles à **1,46 Mha**. Cette surface correspond bien au quart de la SAU actuelle du bassin.

**Tableau 39 - Récapitulatif des produits obtenus par culture**

	2030	ha	Tonnes	tep
Miscanthus 2030		493 207	7 398 106	1 183 697
Luzerne 2030		267 898	3 214 772	514 363
Féтуque SCE 2030		98 412	984 120	157 459
Féтуque - trèfle 2030		460 891	6 913 367	1 106 139
TCR robinier 2030		143 422	1 147 378	183 580
<b>Total</b>		<b>1 463 830</b>	<b>19 657 742</b>	<b>3 145 239</b>

⇒ Dans ce scénario 3, le bassin Seine-Normandie produit 3,1 Mtep de biocarburants de deuxième génération, soit 35% de la production nord et 22% de la demande nationale.

### 3.6.4.

#### *Déclinaison du scénario 3 sur le bassin Adour Garonne*

Les surfaces allouées du bassin Adour Garonne correspondent au système d'allocation de la moitié sud, vu précédemment

⇒ Sur l'ensemble des surfaces considérées comme convertibles sur la moitié sud, le bassin Adour-Garonne en compte 34%, soit **1,9 Mha**

Concernant les surfaces effectivement converties, comme sur la moitié sud, ce sont les surfaces de prairies permanentes, de maïs et de terres agricoles non cultivées (49% plutôt que la totalité) qui ont servi de surfaces d'ajustement. Le bassin mobilise alors :

- l'ensemble des terres en gel nu et industriel et cultures énergétiques actuelles,
- 21,9% de la surface totale de prairie permanente, en totalité implantées en espèces prairiales qui modifient peu l'environnement et le paysage,
- l'ensemble des surfaces de couvert environnemental,
- 25,5% de la surface 2006 de maïs du bassin,
- l'ensemble de la surface identifiée de TCR d'Eucalyptus. Il en existe aujourd'hui environ 1200 ha implantés en TCR essentiellement en région Midi-Pyrénées. La Région Midi-Pyrénées est actuellement la seule à proposer une subvention aux candidats planteurs. Dans le cadre du nouveau contrat de projet Etat-Région, ce système de subvention sera vraisemblablement renouvelé pour 7 ans avec un objectif affiché d'environ 4000 ha plantés sur cette période.
- la moitié des peupleraies
- 38% des surfaces agricoles non cultivées

**Tableau 40 - Répartition des cultures biocarburants sur les surfaces Adour-Garonne mobilisées**

Cultures 2006	Surfaces de référence 2006	Surfaces convertibles 2006	Cultures biocarburants 2030	Surfaces converties 2030	Remarques
Jachère nue	277 767	277 767	Miscanthus Switchgrass	268 390 12 377	Cultures pérennes sur sol nu
Gel industriel	24 530	24 530	Sorgho fibre	24 530	Culture annuelle biomasse sur grandes cultures
ACE	39 131	39 131	Sorgho fibre	39 131	Culture annuelle biomasse sur grandes cultures
Prairies permanentes	1 199 000	659 450	Fétuque/trèfle	262 275	Peu de modification d'assolement
SCE	68 936	68 936	Fétuque	68 936	Peu de modification d'assolement
Maïs	742 880	371 440	Sorgho fibre	59 814	Culture annuelle plus sobre
Eucalyptus	4 000	4 000	TRC Eucalyptus	4 000	Pas de modification d'assolement
Peupleraie	53 310	26 655	TRC Eucalyptus	26 655	Changement d'espèce cultivée
Terres agricoles non cultivées	502 973	502 973	Switchgrass	119 913	Culture pérenne sur sol nu/friche
			TRC Eucalyptus	71 005	Culture ligneuse sur sol nu/friche
<b>Total</b>	<b>2 912 527</b>	<b>1 974 8824</b>		<b>1 083 694</b>	

⇒ Les surfaces converties du Bassin Adour-Garonne s'élèvent quant à elles à **1,1 Mha**. Cette surface correspond bien au quart de la SAU actuelle du bassin.

**Tableau 41 - Récapitulatif des produits obtenus par culture**

2030	ha	tonnes	tep
Switchgrass 2030	132 290	1 587 481	253 997
Miscanthus 2030	265 390	3 450 068	552 011
Fétuque SCE 2030	68 936	413 619	66 179
Fétuque - Trèfle 2030	262 275	3 671 844	587 495

Sorgho fibre 2030	253 143	3 290 859	526 537
TCR Eucal 2030	101 660	1 219 921	195 187
<b>Total</b>	<b>1 083 694</b>	<b>13 633 792</b>	<b>2 181 407</b>

⇒ Dans ce scénario 3, le bassin Adour-Garonne produit **2,2 Mtep** de biocarburant de deuxième génération, soit 38% de la production sud et 15% de la demande nationale.

### 3.7. Synthèse des caractéristiques des scénarios

Tableau 42 – Récapitulatif des filières impliquées dans les différents scénarios pour chacun des deux bassins d'étude.

	Scénario 1A				Scénario 1B				Scénario 2				Scénario 3				
	Espèce (usage)	Rendement de récolte (t/ha)	Surface convertie 2030 (Mha)	Mtep de carburant	Espèce (usage)	Rendement de récolte (t/ha)	Surface convertie 2030 (Mha)	Mtep de carburant	Espèce (usage = filières G2)	Rendement de récolte (t/ha)	Surface convertie 2030 (Mha)	Mtep de carburant	Espèce (usage = filières G2)	Rendement de récolte (t/ha)	Surface convertie 2030 (Mha)	Mtep de carburant	
<b>Bassin Seine-Normandie</b>	Colza (EMHV)	4	0,52	0,76	Colza (EMHV)	4	0,43	0,63	Triticale plante entière	13	0,47	0,98	Luzerne	12	0,27	0,51	
	Blé (Ethanol G1)	10	0,22	0,47	Blé (Ethanol G1)	10	0,11	0,25	Luzerne	15	0,28	0,67	Fétuque élevée	6	0,10	0,16	
	Betterave (Ethanol G1)	80	0,13	0,50	Betterave (Ethanol G1)	80	0,03	0,14	Fétuque élevée	15	0,23	0,55	Fétuque-Trèfle	15	0,46	1,1	
					Luzerne (biométhane)	12	0,06	0,18	Miscanthus	25	0,33	1,34	Miscanthus	15	0,49	1,18	
					Paille blé (biométhane)*	0,7		0,27	TTCR Peuplier	15	0,17	0,41	TCR Robinier	8	0,14	0,18	
	<b>Total</b>			<b>0,86</b>	<b>1,73</b>			<b>0,64</b>	<b>1,47</b>			<b>1,49</b>	<b>3,95</b>			<b>1,46</b>	<b>3,13</b>
	<b>Bassin Adour-Garonne</b>	Colza (EMHV)	3,5	0,17	0,19	Colza (EMHV)	3,5	0,13	0,17	Maïs biomasse	25	0,29	1,15	Sorgho fibre	13	0,25	0,52
Tournesol (EMHV)		2,8			Tournesol (EMHV)	2,8	0,14	0,14	Sorgho fibre	25	0,14	0,55	Fétuque élevée	6	0,07	0,06	
Blé (Ethanol G1)		8	0,12	0,20	Maïs (Ethanol G1)	10	0,03	0,07	Switchgrass	20	0,40	1,3	Fétuque-Trèfle	14	0,26	0,59	
Maïs (Ethanol G1)		10	0,15	0,33	Paille blé/maïs (biométhane)*	0,7/5		1,14	Canne de Provence	25	0,15	0,59	Miscanthus	13	0,27	0,55	
									TTCR Eucalyptus	15	0,19	0,44	Switchgrass	12	0,13	0,25	
													TCR Eucalyptus	12	0,10	0,19	
<b>Total</b>				<b>0,44</b>	<b>0,72</b>			<b>0,30</b>	<b>1,52</b>			<b>1,16</b>	<b>4,03</b>			<b>1,08</b>	<b>2,16</b>

\* rendement en paille = rendement de pailles disponibles techno-économiquement (Annexe 5)



## 4. Pression sur les ressources en eau en quantité

### 4.1. Généralités. Contexte de l'évaluation.

- L'eau et la production végétale. Bilan hydrique des cultures

L'eau intervient dans la production végétale principalement par le processus d'évapotranspiration (ET). L'évapotranspiration est la combinaison de deux processus : la transpiration de la plante, et l'évaporation du sol. Bien que seule la transpiration soit liée à la production végétale, l'évapotranspiration dans son ensemble a longtemps été considérée, par approximation, comme facteur de la production végétale. Bien que les modèles de croissance végétale actuels (STICS, développé par l'INRA, en est un bon exemple) distinguent bien la transpiration de l'évaporation du sol, et modélisent finement son interaction avec la production végétale, cette approximation, encore utilisée dans des modèles de croissance simplifiée, reste toujours valable pour des évaluations à des échelles suffisamment larges. Le phénomène de transpiration s'explique notamment par la perte d'eau des feuilles par les stomates, orifices destinés à capter le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. Les feuilles, devant conserver une teneur en eau très élevée, sont en permanence approvisionnées en eau par le flux d'eau capté dans le sol par le système racinaire. Le bilan hydrique des cultures concerne donc en premier lieu le bilan du sol de la culture, le sol jouant le rôle de réservoir dans lequel la plante puise son alimentation en eau.

- Le bilan hydrologique. Les ressources hydrographiques

A la différence du bilan hydrique des agronomes, qui concerne le sol (un à deux mètres en dessous de la surface), le bilan hydrologique des hydrologues s'intéresse aux ressources en eau, qui sont alimentées par les sols captant l'eau des précipitations :

- nappes souterraines. On distingue deux types de nappes souterraines :
  - les nappes phréatiques, alimentées directement par la part des précipitations quittant le sol. Leur réservoir étant constituée souvent d'une roche poreuse reposant sur une couche imperméable, les nappes phréatiques sont sensibles aux variations climatiques et saisonnières.
  - les nappes profondes ou captives. Séparées des flux provenant du sol par une ou plusieurs couches imperméables, ces réservoirs ne sont alimentés que dans des zones particulières (affleurements)
- ressources de surface. Qu'il s'agisse de lacs ou de cours d'eau, les ressources de surface sont alimentées en eau par le ruissellement des sols, d'une part, et par les nappes phréatiques ou profondes avec lesquels ils échangent. Par exemple, un cours d'eau pourra recevoir des apports d'eau provenant de sa nappe d'accompagnement, qui constitue un réservoir d'eau important dans lequel les transferts se font plus lentement que dans la circulation du cours d'eau. Ainsi, les phénomènes affectant les nappes affectent également les ressources de surface, souvent avec des effets retard caractérisés par une fonction de transfert.
- Les systèmes d'irrigation

Destinés à compenser l'insuffisance d'eau des climats relativement secs, ou à sécuriser la production en réduisant les effets des variabilités saisonnières ou interannuelles, les équipements et infrastructures d'irrigation concernent :

- la création de ressources, par la mise en place de lacs réservoirs ou, à plus petite échelle, de retenues collinaires,
- la captation et le transport de l'eau, faisant appel à des ouvrages privés ou collectifs de pompage en nappe, de captage en rivière et d'acheminement vers les zones de production agricole
- la distribution de l'eau sur la parcelle, au moyen de différentes techniques possibles. Les techniques utilisées sur les Bassins de l'étude fonctionnent par aspersion :
  - o rampes ou pivots se déplaçant pour apporter l'eau au dessus des cultures. Ces systèmes, constituant un investissement important immobilisé sur la parcelle, sont adaptés aux cultures fortement et systématiquement irrigués.
  - o canons projetant l'eau sur une distance assez importante. En général, le canon est raccordé par la conduite souple à un enrouleur qui déplace automatiquement le canon asperseur sur la parcelle. Ces systèmes sont adaptés à l'irrigation de complément ainsi qu'aux zones inaptes à la mise en place de rampes : parcelles morcelées, déclivités importantes, etc.

## 4.2. Méthode : établissement de bilans hydriques des cultures moyennes

### 4.2.1. Résumé de la méthode

La méthode proposée a été développée au Laboratoire Trefle pour les besoins de l'étude. Elle repose sur un principe de changement d'échelle par construction de systèmes moyens représentatifs de la *grande* échelle « bassin hydrographique » pour laquelle on cherche à obtenir les résultats de l'évaluation.

Il s'agit en appliquant cette méthode dans un but opérationnel d'évaluation sur les deux bassins d'étude:

- d'identifier et de définir les cultures type moyennes de chacune des espèces considérées dans les scénarios (une culture type = une espèce, un sol (caractérisé par sa réserve utile), une conduite, sous un climat donné), représentatives de la grande échelle
- d'évaluer les différents termes du bilan hydrique pour ces cultures moyennes (évaporation annuelle, évaporation d'étiage, prélèvement annuel, prélèvement d'étiage, drainage annuel, drainage hivernal). Ces termes sont exprimés, sous forme d'un flux par unité de surface, en mm/période, ou en (m<sup>3</sup>/ha)/période.
- D'exprimer les termes du bilan hydrique dans les bilans de conversion de surfaces. Ces bilans de conversion 2006-2030 sous forme de matrices sont obtenus à partir des scénarios biomasse (2.3.2). Les termes de *flux surfaciques* (en (m<sup>3</sup>/ha)/période), multipliés par des surfaces (en hectares), donnent des flux annuels qui sont exprimés en Mm<sup>3</sup>/an sur toute la surface « convertie » du bassin.

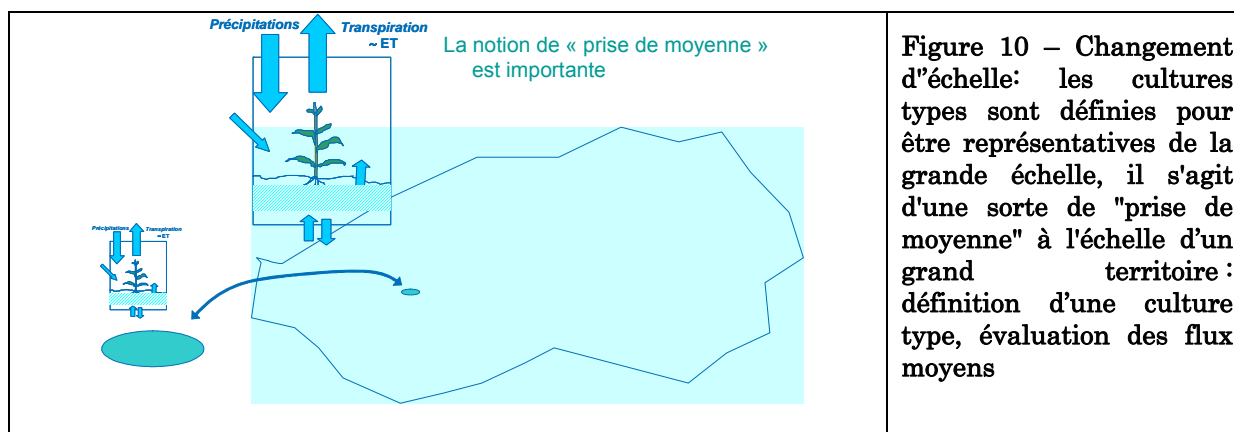
Les résultats sont affinés par validation (expertise INRA) et par itération (représentativité des cultures type et cohérence avec les données statistiques disponibles à grande échelle).

Les détails de méthode et les calculs sont explicités dans les paragraphes suivants..

#### 4.2.2. *Changement d'échelle et cultures type*

##### a) **Présentation : changement d'échelle par systèmes moyens.**

Les évaluations à l'échelle des Bassins ont été menées par une approche de changement d'échelle basée sur la construction de systèmes modèles moyens. Ce type d'approche développé au Trefle sur des bilans d'énergie et d'eau (Bonnet, 1998 ; Goossens et Bonnet, 2003) dans la production agricole et de biomasse, s'est montré pertinent pour des évaluations globales à grande échelle. Il permet notamment de produire des images réalistes de la situation globale, par calage des paramètres des systèmes moyens, correspondant au degré de précision requis dans les évaluations de la présente étude.



**Figure 10 – Changement d'échelle:** les cultures types sont définies pour être représentatives de la grande échelle, il s'agit d'une sorte de "prise de moyenne" à l'échelle d'un grand territoire : définition d'une culture type, évaluation des flux moyens

##### b) **Définition des cultures moyennes**

Les cultures type ont été spécifiquement définies pour être utilisées pour les évaluations des pressions sur l'eau en quantité dans des scénarios à grande échelle (Grand Bassin hydrographique) et à long terme (horizon 2030). De ce fait, leur utilisation pour d'autres évaluations devrait nécessiter une validation préalable. Les cultures sont définies selon un modèle simplifié, par coefficients culturaux adaptés de la méthode Cropwat (FAO) pour être représentatives d'une situation moyenne sur les bassins étudiés. Le modèle n'est pas utilisé à des fins prédictives, mais pour construire une culture type qui puisse être réaliste et représentative d'une situation à grande échelle. En particulier, différents modes de conduite de l'irrigation sont utilisables. On recourt au besoin au calage de certains paramètres (efficacité d'utilisation de l'eau, doses d'irrigation etc.) sur des valeurs existantes à grande échelle. Par ailleurs, le calage à partir de données statistiques ou bibliographiques fournit certaines indications utiles pour l'évaluation, en particulier sur la représentativité des cultures utilisées (par exemple, pour les rendements agricoles)

Une culture type est définie, pour l'estimation des besoins en eau, par trois composantes:

- une plante, c'est-à-dire ici une espèce végétale générique. On distingue deux types de cultures : les cultures du Nord, en particulier sur le Bassin Seine Normandie, et les cultures du Sud, en particulier sur le Bassin Adour Garonne. Une même espèce végétale peut se retrouver sur les deux zones mais se distingue notamment par des niveaux de productivité différents

- un type de sol, ramené pour les besoins de l'évaluation en quantité d'eau à sa réserve facilement utilisable de sol (RFU). Il est exprimé en mm – voir l'étude des classes de sol par bassins (Figures 7 et 8).
- un mode de conduite de la culture (rendement, conduite d'irrigation, etc.). Le rendement, en particulier, peut être ajusté en cohérence avec les données statistiques disponibles.

Remarques :

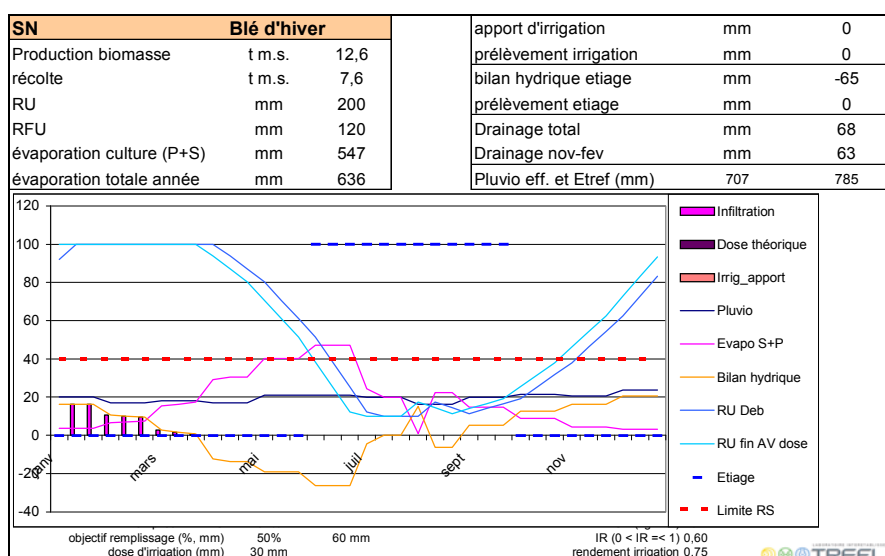
La réserve utile du sol n'est pas une notion intrinsèque au sol, car elle dépend à la fois des caractéristiques du sol (de façon simplifiée : profondeur, texture ou composition en sable – argile - limon, ...) et du type de plante, en particulier pour l'aptitude de son système racinaire à mobiliser l'eau du sol. Les notions de réserve utile du sol (RU) et de réserve facilement utilisable (RFU) sont à prendre pour des grandeurs intégratrices de l'état de paramètres du sol plus nombreux et pouvant être assez fortement variables. A grande échelle, l'évaluation, ou l'identification, de valeurs moyennes de ces grandeurs intégratrices permet de caler le modèle utilisé. L'emploi de ce dernier s'avère d'autant plus adapté que les relations « intégrées » sont relativement simples et linéaires. En effet, lorsque c'est le cas, l'utilisation de valeurs moyennes pour les grandeurs et paramètres d'entrée (caractéristiques des cultures, données climatiques d'entrée, etc.) fournit directement des valeurs moyennes des grandeurs de sortie (termes du bilan hydrique, rendements moyens, etc.).

### c) Fiches cultures

Les données de culture nécessaires pour l'évaluation à grande échelle sont produites et présentées dans des fiches culture. Les fiches cultures regroupent :

- les résultats des simulations, représentés sous forme de profils temporels de bilans hydriques
- les valeurs de bilan obtenues en bilan annuel et à l'étiage
- les paramètres utilisés pour l'estimation.

**Figure 11 - Exemple de fiche culture du blé tendre en Seine-Normandie**



Ces fiches ont été soumises aux spécialistes (INRA Avignon, INRA Lusignan, INRA Toulouse, ...) pour validation en termes de vraisemblance :

- dans leur définition (choix des paramètres, valeurs des paramètres, définition des modes de conduite...),

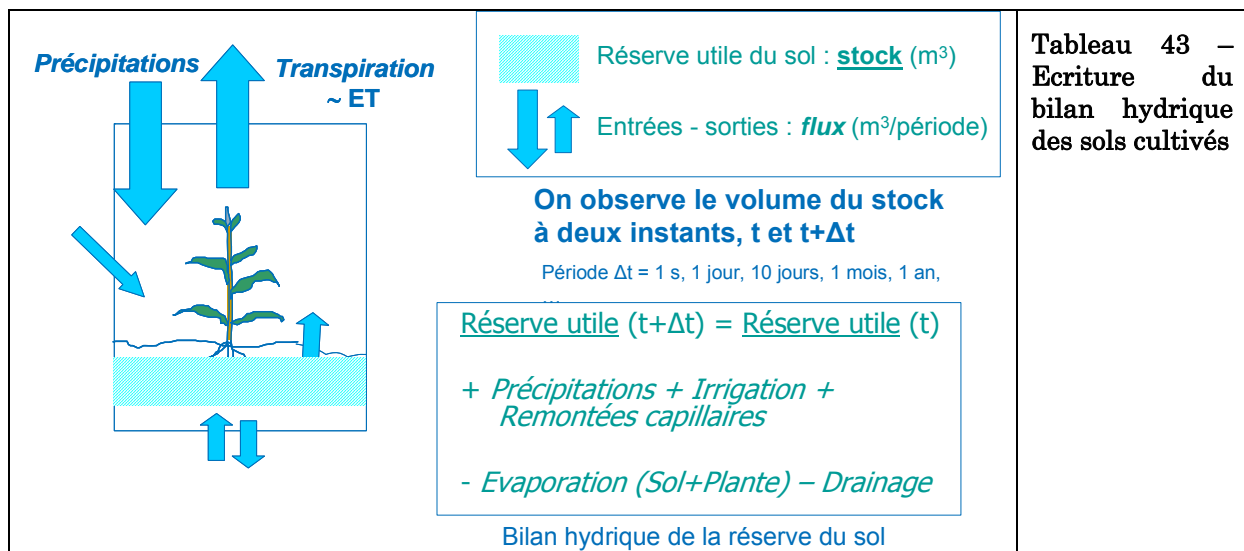
- sur la portée et les limites à la méthode,
- dans leurs résultats et leur allure.

Remarque : par la suite, ces mêmes fiches cultures ont été utilisées pour l'évaluation des pressions azote. Le chapitre 5 décrit plus précisément cette partie, ainsi que les différentes méthodes d'évaluation testées lors de l'étude.

#### 4.2.3. Etablissement des bilans hydriques

##### a) Ecriture du bilan hydrique du sol de culture

Le bilan hydrique est établi à partir de données climatiques moyennées pour les Bassins considérés (Adour Garonne, Seine Normandie). Les besoins en eau des cultures, c'est-à-dire l'évapotranspiration de la culture, sont déterminés à partir de profils de coefficients culturaux, et de l'évapotranspiration de référence. Les valeurs et les profils de coefficients culturaux sont adaptables. Le bilan hydrique du sol est écrit de façon classique, par décades, en négligeant le ruissellement et les remontées capillaires. La production de matière sèche sur la saison est estimée par un coefficient d'efficience d'utilisation de l'eau moyen (EUE), spécifique à chaque culture.



Pour l'apport d'eau, plusieurs modes de conduite sont utilisés :

- pas d'irrigation
- irrigation à la demande (par exemple, objectif de remplissage de 70% de la RFU, en prenant en compte un nombre entier de doses d'irrigation)
- irrigation systématique : apport d'une dose à dates fixes
- des périodes sans irrigation peuvent être introduites, par exemple pour une conduite sans irrigation en période d'étiage.
- Par ailleurs, à partir des apports d'eau sont évalués les prélèvements, tenant compte de l'efficience en eau des systèmes d'irrigation (désormais représentés dans les fiches jointes).

## b) Données climatiques

Les données climatiques utilisées (précipitations efficaces, évapotranspiration de référence) sont des données d'« année moyenne » définies dans la base CROPWAT. Les profils climatiques proviennent des données disponibles sur une sélection de différentes stations des bassins considérés (Figure 6).

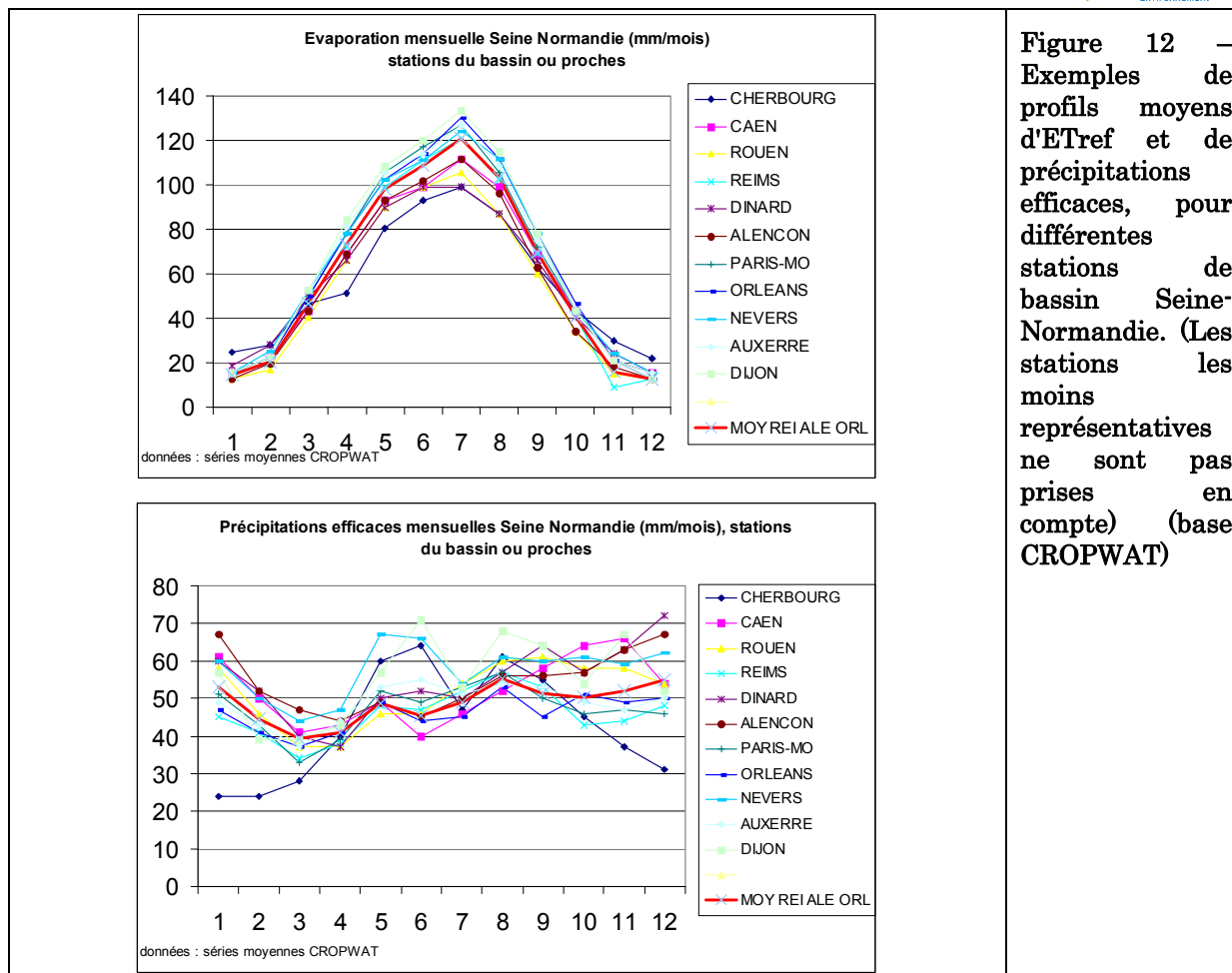
Cette méthode de calcul présente plusieurs limitations (Ph. Debaeke, G. Lemaire, comm. pers.), portant notamment sur les points suivants :

- reposant sur des « années moyennes », elle ne traduit pas la variabilité interannuelle. Or les effets de variabilité ont une grande importance pour des estimations à caractère statistique : par exemple, fréquence d'apparition admissible d'un fort déficit hydrique, etc.
- le pas de temps du calcul étant la décade (10 jours), la variabilité des événements climatiques (précipitations) sur courte période est traduite de façon approximative
- les phénomènes non linéaires (exemple : influence du stress hydrique sur le développement de la plante aux stades critiques) ne sont pas traduits dans la représentation. Il a été choisi de ne pas utiliser de méthode approximative pour introduire une influence sur l'efficacité d'utilisation de l'eau, ou sur l'indice de récolte. Il en résulte que les cultures présentées sont à prendre comme conduites dans des conditions correctes de croissance.

Ces réserves, si elles s'appliquent pleinement pour un modèle prédictif de la production des plantes et de leur besoin en eau, peuvent être relativisées dans l'objectif de modélisation de cette étude. En effet, l'objectif est de simuler les besoins en eau de cultures représentatives d'une situation moyenne, afin de comparer des situations très différentes entre elles. Le recours à des cultures type moyennes, traitées avec des données climatiques moyennes, se retrouve alors justifié. S'il s'était agi d'analyser finement l'influence d'un phénomène ou d'un paramètre sur la production végétale et sur le besoin en eau (changement climatique, variations interannuelles des conditions climatiques, prise en compte des effets locaux (climats, sols, pratiques, ...), cette approche se serait révélée inadaptée.

Il importe, à ce stade, d'insister sur le fait qu'une prise de moyenne « avant calcul » ne fournira pas nécessairement un résultat moins fiable qu'une prise de moyenne « après calcul » de résultats locaux. En effet, l'obtention de ces derniers requiert la connaissance d'un très grand nombre de paramètres locaux, tant pour les sols, que pour les climats (pouvant alors faire intervenir des caractéristiques climatiques spécifiquement locales, comme le vent), et pour les pratiques. Ces calculs locaux « avant calcul de moyenne » peuvent difficilement être conduits sans un nombre important d'hypothèses, qui peuvent pénaliser la fiabilité des résultats. En revanche, pour un programme d'étude plus large que celui du présent travail, le recours à des données locales géoréférencées et à un traitement explicite des effets de l'hétérogénéité spatiale et temporelle fournira des résultats inaccessibles à l'approche de moyenne globale. Dans tous les cas, il convient de préciser que lors de l'étude, les résultats d'approches locales, par simulation développée spécifiquement ou issues de la bibliographie, se sont avérés très utiles pour estimer la vraisemblance des résultats présentés ici.





Il semble, toutes ces remarques et réserves faites, que la démarche permette d'obtenir des profils adaptés aux évaluations de grande échelle. Les résultats semblent, à de rares exceptions près (bilan hydrique de la betterave) relativement conformes aux valeurs moyennes obtenues à l'échelle des régions ou des grands Bassins. Il est très important de noter que la démarche présentée n'a pas l'ambition de proposer une simulation prédictive du comportement des plantes. Il s'agit plutôt de définir pour chaque culture un profil, affiné par les informations complémentaires (bibliographie, valeurs statistiques de la zone étudiée). Ce profil est destiné à être validé par les spécialistes, dans son allure et dans ses valeurs de bilan. Les valeurs de bilan validées sont *in fine* utilisées dans les comparatifs de scénarios. Les profils peuvent bénéficier d'ajustements (calages), dans des limites réalistes, portant sur l'EUE, sur les dates de culture, sur les valeurs des coefficients ou les profils, etc.

### c) Réserve utile du sol : étude des classes de sol par Bassin

Les sols représentatifs ont été redéfinis A partir de données INRA décrivant les surfaces par région en différentes classes de sol (Ph. Debaeke, comm. pers.). On se référera aux figures pour des informations plus précises (Figures 7 et 8). Les sols type sont en accord avec les distributions de classes de sols.

En Adour Garonne, 3 classes de sols type ont été retenues pour les cultures type et les évaluations de bilan hydrique (Ph. Debaeke, comm. pers.) :

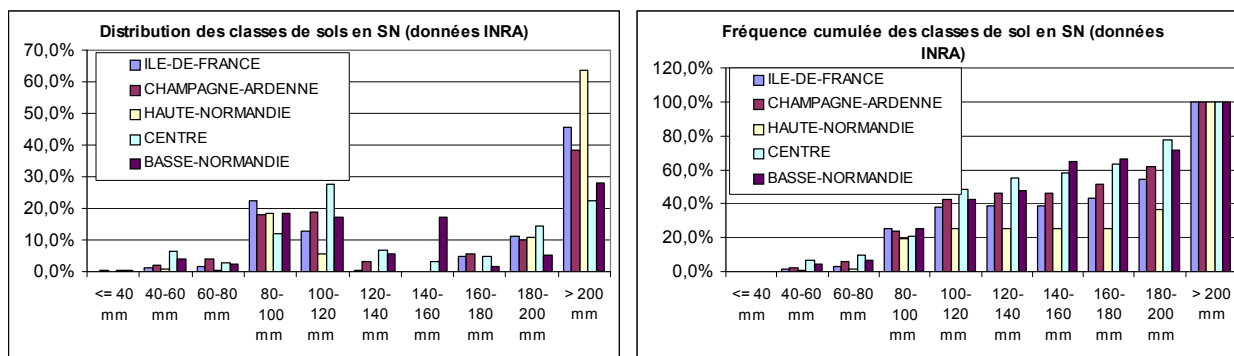
- peu profond : RU = 60 mm,
- moyennement profond : 120 mm,
- profond : 180 mm

En Seine Normandie, deux classes de sols type on été retenues à partir de l'analyse des données INRA :

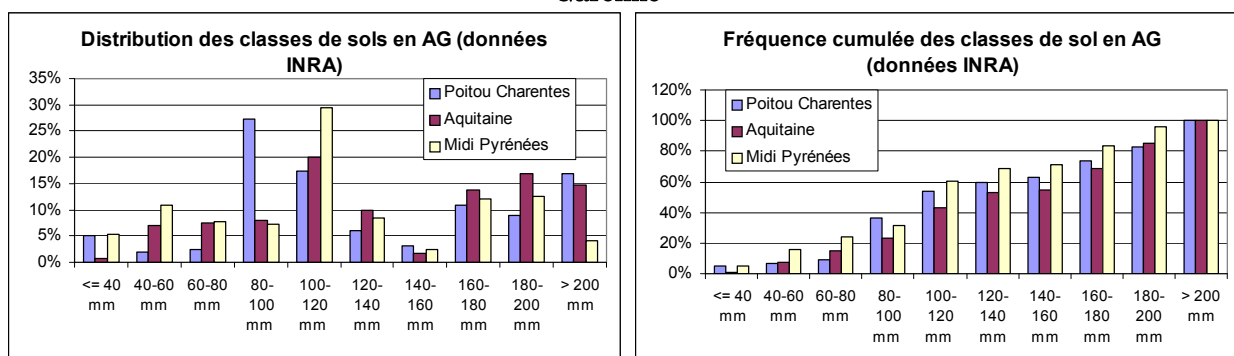
- moyennement profond : 100 mm,
- profond : 200 mm)

Pour des questions de simplification, deux classes de sols type ont été retenues pour l'évaluation des scénarios sur chacun des deux Bassins : "moyennement profond" et "profond".

**Figure 13 – Distribution des classes de sols agricoles dans les différentes régions du Bassin Seine Normandie**



**Figure 14 – Distribution des classes de sols agricoles dans les différentes régions du Bassin Adour Garonne**



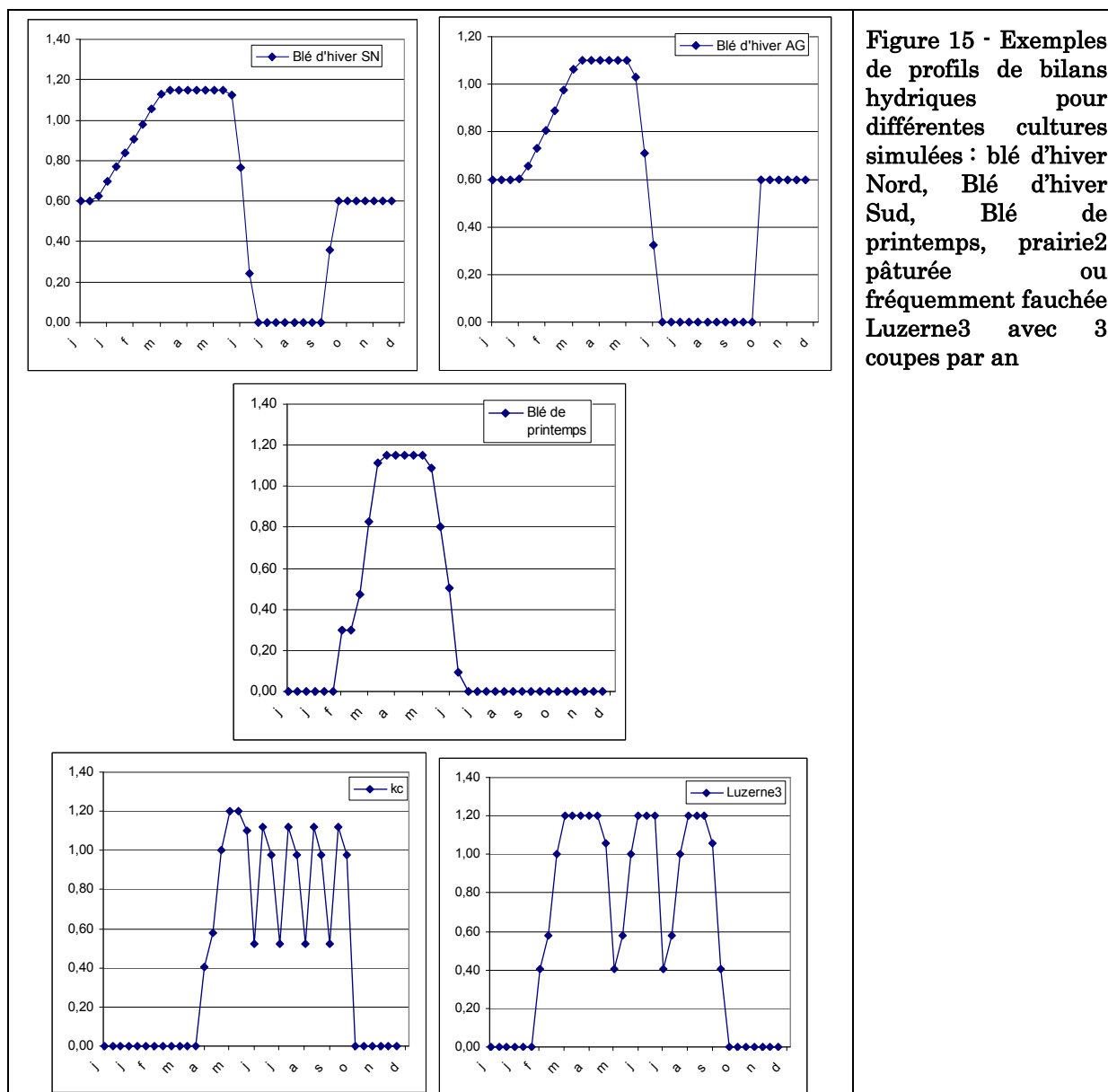
#### d) Profils des coefficients culturaux

Le choix d'une méthode basée sur les coefficients culturaux ( $k_c$ ) et l'évapotranspiration de référence  $ET_{ref}$  s'explique :

- par la simplicité et la rusticité de la méthode, avantageuses pour les évaluations rapides à grande échelles,
- par la lisibilité directe des profils,
- par la possibilité d'obtenir, par analogies, des courbes approximatives pour les nouvelles cultures encore incomplètement documentées en termes de bilans hydriques.

Le coefficient cultural est défini comme le multiplicateur, sans dimension, de l' $ET_{ref}$ , définie comme étant l'évapotranspiration d'un gazon sous le climat considéré. Plusieurs exemples de profils de coefficients culturaux sont présentés sur la figure 9. Les valeurs des coefficients  $k_c$  pour chaque période (*ini*, *dev*, *mid* et *late*) proviennent des sources FAO, et d'autres sources bibliographiques ou d'estimations pour les cultures non renseignées. Les profils sont ajustés en fonction des dates approximatives de semis, de levée, de récolte, rapportées dans la bibliographie et selon les indications des spécialistes. Par exemple, les cultures Nord et Sud présentent des dates de semis et de

récolte différentes. Bien que cette précision ne soit pas toujours essentielle - les données de climat et de bilan hydrique (disponibilité d'eau pour la culture) présentant la plus grande influence sur les résultats – elle permet cependant de disposer de profils plus réalistes lorsqu'on s'intéresse à certaines périodes particulières (étiage, période de drainage, etc.). Ces profils sont encore à valider et ne présentent pas actuellement un caractère définitif.



**Figure 15 - Exemples de profils de bilans hydriques pour différentes cultures simulées : blé d'hiver Nord, Blé d'hiver Sud, Blé de printemps, prairie2 pâturée ou fréquemment fauchée Luzerne3 avec 3 coupes par an**

### e) Production de biomasse

En relation avec l'écriture du bilan hydrique, est estimée la production de biomasse, à partir d'un coefficient moyen d'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE). Ayant rappelé que le rôle du modèle n'est pas une prédiction de la production de biomasse qui tiendrait compte de tous les paramètres influents et de leur hétérogénéité, on peut préciser ici que cette approche globale permet de situer une valeur moyenne de la productivité, considérée à l'échelle du Bassin et en année moyenne. Cette valeur moyenne, dans les résultats obtenus, s'avère réaliste et permet de retrouver les caractéristiques principales. La valeur peut être affinée par le calage des paramètres de calcul, en particulier l'EUE,

les valeurs et les profils des coefficients cultureux. A chaque fois, le calage est opéré dans les limites des plages de valeurs admissibles et réalistes.

#### f) Pratiques culturelles et irrigation

En accord avec la constitution des scénarios, les pratiques culturelles correspondent à une situation cohérente avec les productivités moyennes des cultures. Lorsqu'il y a irrigation, les doses sont déterminées en conformité avec la production de biomasse attendue et avec les pratiques couramment rapportées. Le choix du système d'irrigation dépend du type de la culture et de la nature des besoins en irrigation. L'efficacité moyenne du système d'irrigation, qui permet d'estimer les prélèvements à partir du besoin en eau des cultures, est prise selon le système : 75% pour un canon et 85% pour un pivot ou une rampe.

#### 4.2.4. Les termes du bilan hydrique : critères de pression quantitative évalués

Parmi les critères exprimés, on note en souligné ceux qui désignent plus particulièrement des indicateurs de pression clés :

1. évaporation annuelle de la culture : il s'agit du volume d'eau évaporé par le système sol + plante pendant la période de la culture
2. évaporation annuelle totale : il s'agit du volume d'eau évaporé par le système sol + plante pendant toute l'année
3. déficit hydrique étiage : il s'agit du manque d'eau structurel apparaissant à la période d'étiage. La période d'étiage est définie, pour les besoins de l'étude et de façon arbitraire, comme identique sur les Bassins Adour Garonne et Seine Normandie, et correspondant à la période allant du 30 juin au 1<sup>er</sup> octobre. Le choix d'une période unique est guidé par diverses raisons. D'un part des impératifs de simplicité de traitement : il a été vérifié a posteriori que cela ne semble pas significativement biaiser les évaluations. D'autre part, le besoin de traiter spécifiquement les prélèvements « avant étiage » dans certaines conduites de cultures. En effet, lorsque les prélèvements d'irrigation sont effectués sur cours d'eau, les prélèvements avant l'étiage pour charger en eau des sols profonds peuvent être considérés comme des pratiques améliorantes, qui sont intéressantes à mettre en évidence (cf CR de réunion technique de février 2007 ; CR de Comité de pilotage du 8 mars 2007). Le choix d'un début de période d'étiage tardif est certes réducteur, mais il permet d'intégrer cette particularité. Pour Seine Normandie la période ainsi définie est globalement acceptable et assez proche de la période usuelle, mais si on cible des zones à déficit structurel (telles que la nappe de Beauce, ...), elle doit être affinée (Hydratec, Bipe, Gerpa, 2007). Pour Adour Garonne, cette période est sans doute trop restrictive. Toutefois, avec cette définition de période d'étiage, la part des prélèvements à l'étiage sur les prélèvements annuels, telle qu'on peut l'évaluer ici, n'apparaît pas sous-estimée. Le déficit hydrique d'étiage, compté positivement, est l'opposé du bilan hydrique d'étiage, qui est fréquemment négatif – si la durée de la période choisie pour l'étiage est correctement définie. Les améliorations recherchées sont des réductions du déficit hydrique d'étiage.
4. drainage annuel : il s'agit du volume d'eau total alimentant les nappes phréatiques, lorsque les apports des précipitations atteignent des sols saturés en eau (réserve utile remplie à 100%) que l'excès d'eau alimente les nappes souterraines. Avantageux en termes quantitatifs de recharge des nappes, le drainage est pénalisant lorsque l'eau drainée présente de fortes concentrations en nitrates (lessivage des nitrates formant les fuites d'azote des sols vers les nappes).

Toujours en relation avec les pressions qualitatives associées, le drainage annuel peut également influencer les fuites de produits phytosanitaires. Toutefois, pour ces derniers, les pratiques culturales, notamment le recours aux prévisions météorologiques pour les précipitations, sont susceptibles d'avoir une influence prépondérante.

5. drainage hivernal (nov-fev) : il s'agit de la fraction du drainage intervenant en période hivernale, c'est-à-dire en particulier au moment où les cultures ne puisent pas d'azote dans le sol pour leur croissance. Cette période est généralement celle pour laquelle les fuites d'azote des cultures sont concentrées. Le terme de fuites dépend toutefois fortement de la plante elle-même, selon le reliquat d'azote qu'elle laisse dans le sol, et de divers facteurs de variabilité.
6. prélèvement annuel : il s'agit du volume d'eau prélevé annuellement pour l'irrigation, compte tenu des doses apportées et du rendement des installations d'irrigation (canons, pivots ou rampes).
7. prélèvement d'étiage : il s'agit de la fraction des prélèvements effectués en période d'étiage. Ce critère présente une importance toute particulière pour l'état des ressources en eau à la période critique estivale, lorsque ce sont des ressources de surface ou de nappe phréatique qui sont mobilisées. Les prélèvements en nappe captive ne sont pas concernés par cette distinction, mais ils sont peu utilisés en irrigation. L'accroissement des prélèvements à l'étiage conduit à aggraver la baisse saisonnière naturelle du niveau des nappes phréatiques, à renforcer la réduction estivale du débit des rivières, et globalement à l'apparition saisonnière de conditions plus sévères des cours d'eau pour la vie aquatique (température, teneur en oxygène, etc.).

#### 4.2.5. *Commentaires de validité et perspectives d'amélioration de la méthode*

La méthode de bilan hydrique et ses résultats ont été validés avec le concours actif de collègues agronomes (INRA Toulouse notamment).

Les évolutions possibles, évoquées lors d'échanges avec les collègues agronomes, consistent en particulier à développer l'approche par découpage des Bassins en zones homogènes en termes pédoclimatiques. Il s'agit d'une amélioration pour les calculs de bilans hydriques, et d'une nécessité pour les calculs, en cours, de bilan d'azote. L'étude ne cherche pas à intégrer explicitement l'ensemble de ces améliorations. Ce travail déborde du cadre temporel de l'étude. Il s'agit, suivant l'avis des spécialistes consultés dans le cadre de l'étude, de mieux situer les domaines de validité, et de définir des approches plus fines permettant d'améliorer ultérieurement les évaluations.

### 4.3. Les bilans hydriques des cultures type

#### 4.3.1. Résultats obtenus

Les différents termes du bilan hydrique sont estimés pour chacune des cultures des scénarios. **De façon générale, les simulations permettent de retrouver les valeurs moyennes observées dans la production agricole actuelle, à l'échelle des Bassins (statistiques régionales).** Il peut arriver pour quelques cultures que des écarts non négligeables apparaissent entre la production de biomasse simulée et celle retenue dans les scénarios. Cela peut s'expliquer par différentes causes : l'écart peut être dû au modèle simplifié utilisé, ou au fait que certaines cultures réclameront pour atteindre les plus hauts rendements des conditions plus favorables que les situations moyennes retenues, en termes de sols et de climat notamment. Les rendements les plus élevés devraient alors s'obtenir sur des sols plus profonds, et sous des conditions de climat plus favorables.

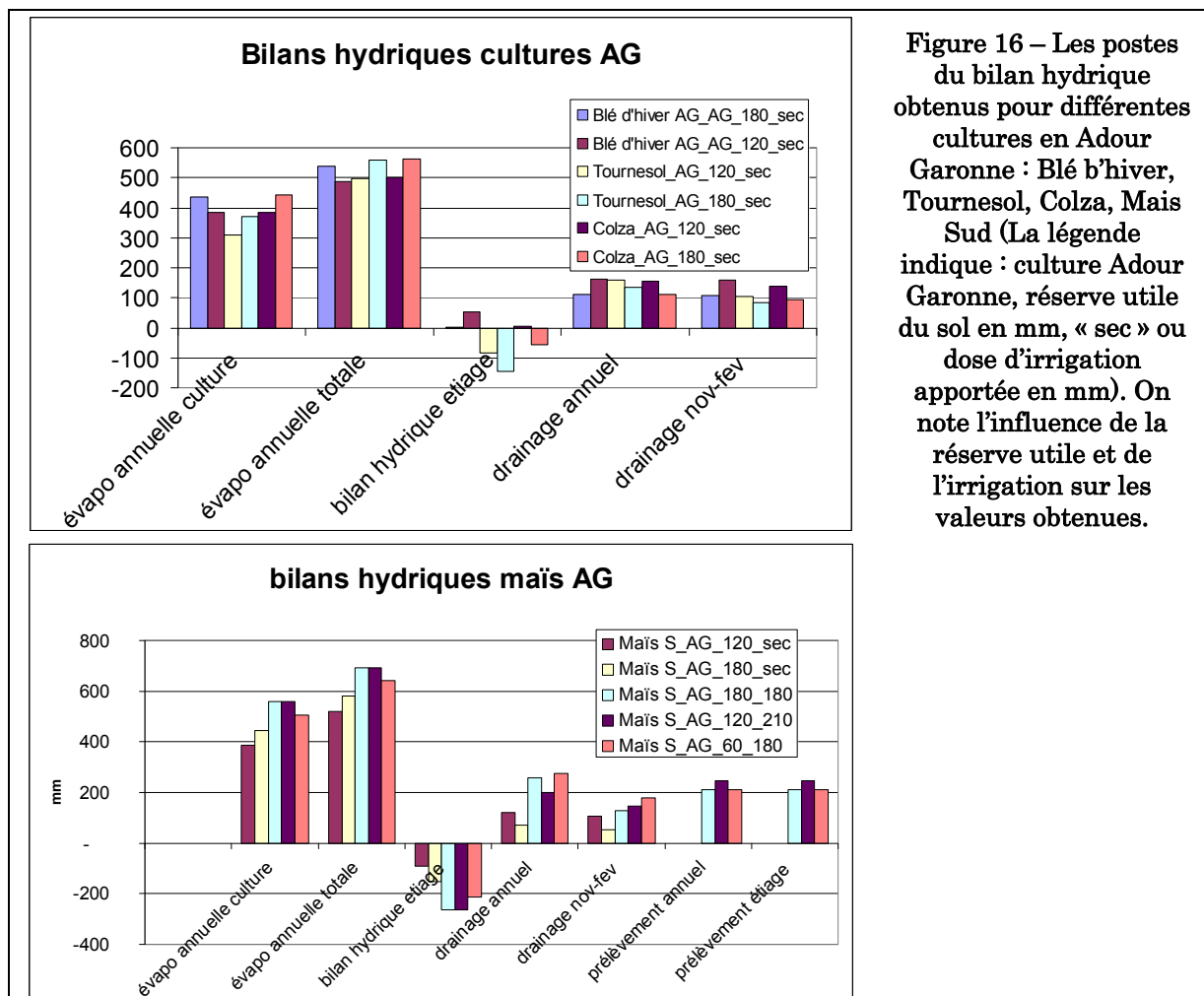
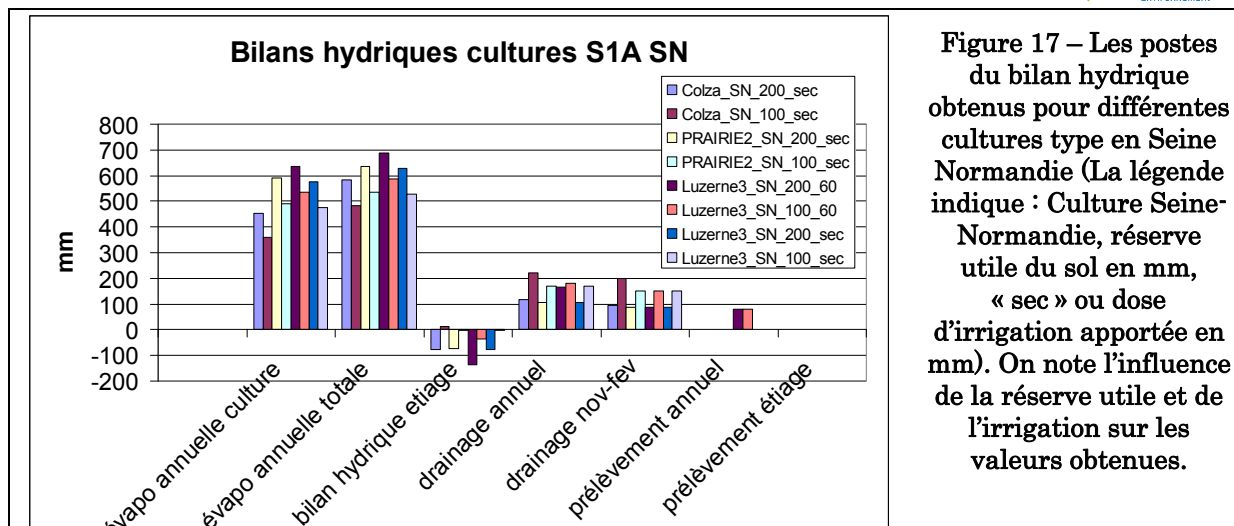


Figure 16 – Les postes du bilan hydrique obtenus pour différentes cultures en Adour Garonne : Blé d'hiver, Tournesol, Colza, Maïs Sud (La légende indique : culture Adour Garonne, réserve utile du sol en mm, « sec » ou dose d'irrigation apportée en mm). On note l'influence de la réserve utile et de l'irrigation sur les valeurs obtenues.





#### 4.3.2. Profils de bilans hydriques moyens

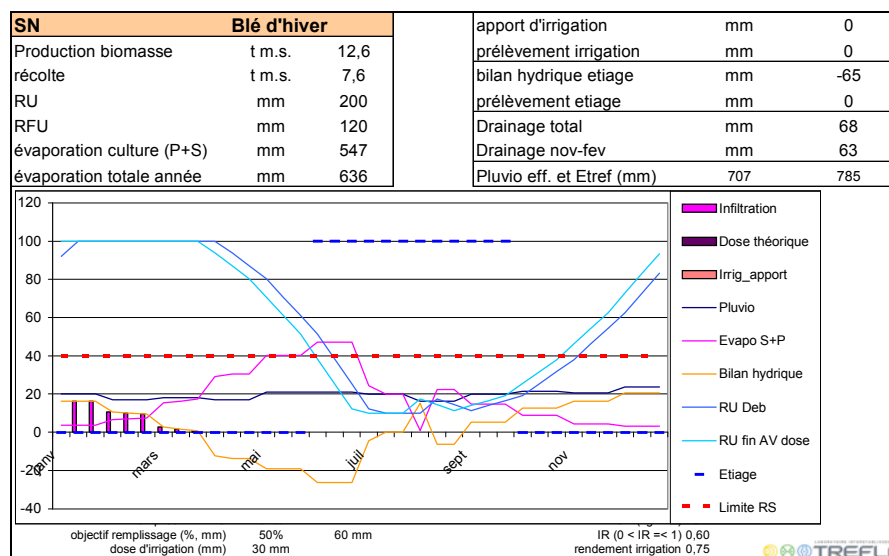
Les profils de bilans hydriques ont été établis pour chacune des cultures des scénarios. Les productions de biomasse estimées servent au contrôle de la cohérence des résultats.

Il est à rappeler que pour les cultures énergétiques, les coefficients culturaux servant à l'évaluation des besoins en eau sont pris, lorsqu'ils ne sont pas documentés, par analogie avec d'autres cultures existantes et par les informations disponibles sur la culture (dates de la croissance végétale, productivités atteintes, etc.). Dans le cadre de programmes nationaux de recherche (expérimentations REGIX), des travaux sont en cours sur la détermination des coefficients  $k_c$  des cultures énergétiques. Les résultats ne sont pas disponibles au moment de la sortie du présent rapport.

La figure 12 présente un exemple du profil de bilan hydrique. On y note :

- la teneur en eau du sol, au début et à la fin de la décade (courbes en bleu foncé et en bleu clair). L'échelle est normalisée entre 0 et 100%.
- l'évapotranspiration (courbe en fuschia)
- le bilan hydrique du sol (courbe en ocre jaune), qui devient négatif (déficit hydrique) dès que l'évapotranspiration dépasse les précipitations
- les valeurs d'infiltration du drainage par décade, lorsque le sol saturé reçoit des apports météoriques supérieurs à l'évapotranspiration (barres fuschia)
- les repères indiquant la réserve de survie (rouge pointillé)
- le repère indiquant la période d'étiage retenue pour l'étude (bleu pointillé).

Figure 18 - Exemple de profil de bilan hydrique obtenu pour le blé d'hiver en Seine Normandie



#### 4.4. Comparaison des scénarios : Bilans des conversions de sols pour les critères de quantité d'eau

##### 4.4.1. Conversion des surfaces

Les scénarios sont exprimés sous forme de tableaux de conversion des surfaces, entre 2006 et 2030. Le différentiel (2030 – 2006) est ainsi mis en évidence, culture par culture. Ce différentiel est utilisé pour exprimer les variations des différents postes du bilan hydrique (en Mm<sup>3</sup>) en fonction des surfaces mises en jeu et des valeurs unitaires des postes du bilan obtenues pour les différentes cultures (en mm).

##### 4.4.2. Bases de référence

Les variations sont exprimées, pour les différents critères, en volume (Mm<sup>3</sup>).

Ces variations doivent être comparées à des états de référence, car les volumes seuls (ou les flux seuls) sont dans certains cas assez peu explicites. Trois niveaux de référence sont utilisés ici, pour chacun des critères étudiés. Ces niveaux de référence sont repris des scénarios « surface » dans lesquels ils sont mis en évidence et évalués. On distingue :

- la valeur brute obtenue pour les « surfaces de référence » : soit la totalité des surfaces existant pour l'ensemble des cultures 2006 concernées par le scénario d'un bassin donné. De façon approximative, les surfaces de référence représentent entre un tiers et la moitié de la SAU des bassins : il s'agit d'une surface qui se rapproche de la SAU, en ordres de grandeur. Il est difficile, dans ces évaluations, de prendre pour référence la SAU totale, car l'évaluation nécessiterait de produire des bilans hydriques pour l'ensemble des cultures présentes, y compris celles qui ne présentent pas d'intérêt pour l'étude (ex : légumes, vergers, vignes, ...).
- la valeur brute obtenue pour les « surfaces convertibles 2006 » soit les surfaces identifiées, dans l'étude, comme pouvant être converties à usage de biocarburants, compte tenu des contraintes agronomiques, réglementaires, et techniques prises en compte dans l'étude.
- La valeur brute obtenue pour les surfaces converties 2006 : il s'agit de fraction des surfaces convertibles réellement convertie en surfaces biocarburants dans

les scénarios. Dans la plupart des cas, cette valeur est proche, à 10% près, des surfaces convertibles. Elle rend compte des ajustements sur les surfaces réellement mobilisées dans les scénarios.

Dans l'idéal, il faudrait également se référer aux valeurs pour l'ensemble du Bassin. Obtenir les valeurs pour l'ensemble des termes est difficile (notamment pour le drainage, etc.), demanderait de traiter un grand nombre de cultures, et s'avèrerait trop coûteux en temps par rapport à l'enjeu. On pourra se référer à des données bibliographiques pour une partie des critères (évaporation totale, prélèvements, etc.). Le Tableau 44 indique les ordres de grandeur des principaux termes du bilan. Il rappelle les surfaces totales (superficie du bassin, SAU totale) concernées et présente une estimation en ordre de grandeur des principaux termes du bilan hydrique sur la base des valeurs fournies par une culture type de prairie. On se référera également aux surfaces totales des bassins pour situer les sous catégories de surface.

**Tableau 44 - Indications en ordres de grandeur des principaux termes du bilan hydrique des sols, pour la surface totale, et pour la SAU des Bassins AG et SN. Les valeurs sont purement indicatives, basées sur les valeurs d'une prairie non irriguée sur sol moyen/peu profond**

	surface totale Bassin			SAU Bassin		
	référence	AG	SN	référence	AG	SN
surface Bassin (Mha)		<b>11,60</b>	<b>9,70</b>		<b>4,96</b>	<b>5,92</b>
évapo annuelle totale (Mm3)	<i>prairie sec</i>	60000	50000	<i>prairie sec</i>	30000	30000
bilan hydrique étiage (Mm3)	<i>prairie sec</i>	-4500	-100	<i>prairie sec</i>	-2000	-50
drainage annuel (Mm3)	<i>prairie sec</i>	15000	15000	<i>prairie sec</i>	6000	10000
prélèvement annuel (Mm3)				<i>données Agences</i>	1000	160 (80 à 200)
prélèvement étiage (Mm3)				<i>données Agences</i>	800	120 (hyp.75%)

## 4.5. Comparaison des scénarios sur les grands bassins

### 4.5.1. Comparaison par indicateurs

Les 8 scénarios de l'étude sont comparés entre eux, pour chacun des termes.

#### a) Evaporation de la culture

Ce terme n'est pas le plus opérationnel de ceux utilisés pour l'évaluation, les flux naturels étant de grande ampleur sur les Bassins. Il permet toutefois de signaler si l'emprise d'un scénario est significative ou non sur les grands flux naturels. Les deux scénarios qui modifient le plus ce terme sont les scénarios S2 AG (+ 1000 Mm<sup>3</sup>/an entre 2006 et 2003) et S2 SN (+ 800 Mm<sup>3</sup>/an). En ordre de grandeur, l'évaporation totale des Bassins peut s'accroître de près de 2%. L'influence, en termes d'impacts, d'une telle variation de pression, n'est pas discutée ici. On note cependant que 2% de modification d'un flux naturel à l'échelle de territoires équivalents à un sixième du territoire national représentent une variation non négligeable, sans qu'il soit possible de dire ici si elle est significative en termes d'impacts sur les ressources. Les autres indicateurs (prélèvements, drainage, ...) sont plus explicites.

#### b) Déficit hydrique d'étiage

La figure 13 compare les pressions pour les 8 scénarios en termes de déficit hydrique d'étiage. Sur Adour Garonne comme sur Seine Normandie, le scénario S1A et le scénario S2 conduisent à augmenter de façon notable le déficit d'étiage, l'accroissement égalant ou dépassant la valeur 2006 du déficit pour les surfaces converties. Mobilisant des surfaces

très importantes, le scénario 2 montre une influence significative en comparaison du déficit des surfaces « de référence », ces dernières étant assez comparables à la SAU des Bassins. Sur Adour Garonne, en particulier, l'accroissement du déficit représente près de 40% de celui des surfaces « de référence ». Cela peut être attribué à l'utilisation de cultures à forte productivité, avec irrigation (il est à noter les apports d'irrigation, augmentant l'eau évaporable par les cultures, ne sont pas comptés dans le calcul du déficit hydrique).

### c) Prélèvements annuels, prélèvements d'été

La figure 14 compare les prélèvements annuels (ou totaux) et la figure 15, les prélèvements à l'été. Les résultats sont assez proches pour les prélèvements annuels et à l'été, des différences assez faibles apparaissant pour le scénario 2. Le choix des cultures, et la définition des pratiques d'irrigation, expliquent cette proximité. En effet, les cultures mises en œuvre, lorsqu'elles sont irriguées, ont principalement des besoins estivaux. Les scénarios S1B et S3 s'avèrent effectivement « améliorants » en montrant de très faibles accroissements ou des réductions de prélèvements (S3 en AG et en SN). Le scénario 2 repose sur une intensification des prélèvements en AG (en valeurs arrondies, +1200 Mm<sup>3</sup>/an, +1000 Mm<sup>3</sup>/an à l'été) et en SN (+800 Mm<sup>3</sup>/an, +600 Mm<sup>3</sup>/an à l'été). On note que le S2 en SN ajoute 800 Mm<sup>3</sup>/an aux prélèvements existants sur des surfaces comptées comme non irriguées (jachères, blé, prairies, ...). Cela représente l'équivalent de 6 à 8 fois les prélèvements totaux du Bassin.

### d) Drainage annuel et drainage hivernal

La figure 16 compare les pressions en termes de drainage annuel. La figure 16 montre les variations relatives du drainage annuel, en comparaison du drainage des surfaces « de référence 2006 » et des surfaces « converties 2006 ». Les variations relatives du drainage semblent peu significatives en regard de celui des surfaces « de référence » (+1% à +3% selon les scénarios), et plus notables en regard de celui des surfaces « converties » (+1% à +23% selon les scénarios). Les scénarios 1A et 1B, qui déploient des cultures annuelles sur des surfaces incluant des jachères, présentent le plus fort accroissement de pression, notamment sur Adour Garonne. L'influence pour les fuites d'azote, en valeurs moyennées, semble difficile à discuter ici, du fait de l'ampleur relativement faible de la variation, et nécessitera un traitement plus précis des fuites d'azote (travail en cours, sollicitation INRA Toulouse). La figure 16 montre les variations relatives du drainage annuel, en comparaison du drainage des surfaces « de référence 2006 » et de celui des surfaces « converties 2006 ». On note en particulier que le scénario 1B aggrave, en Adour Garonne, moins fortement le drainage hivernal qu'il aggrave le drainage annuel, alors que la situation est inverse pour Seine Normandie. Globalement, les scénarios font apparaître, toutes proportions gardées, dans l'échelle de valeurs des résultats de l'évaluation :

- un drainage « moyen à élevé » (43 à 131 Mm<sup>3</sup>/an) : les scénarios concernés sont, en AG, S1A (116 Mm<sup>3</sup>/an), et S1B ; en SN, les 4 scénarios, qui présentent un écart du simple (S1B, 43 Mm<sup>3</sup>/an) au triple (S2, 131 Mm<sup>3</sup>/an). Les caractéristiques climatiques de SN expliquent en partie ce résultat. Pour envisager l'influence sur les fuites d'azote, il y aura lieu de tenir compte des concentrations sous cultures, qui varient fortement selon les types de cultures (pérennes, annuelles), les espèces, les précédents culturaux, et présentent une sensibilité climatique interannuelle très forte.
- un drainage « faible » (S3 AG, 11 Mm<sup>3</sup>/an) ou négatif (S2 AG, -130 Mm<sup>3</sup>/an). Ces scénarios reposant massivement sur des cultures pérennes ont classiquement pour effet « d'assécher » la lame d'eau drainante, dans un climat à déficit

hydrique plus fort qu'en SN. Qualitativement, ils devraient s'avérer avantageux en termes de fuites d'azote, mais pas en termes de recharge des nappes.

#### 4.5.2. *Éléments de discussion des indicateurs*

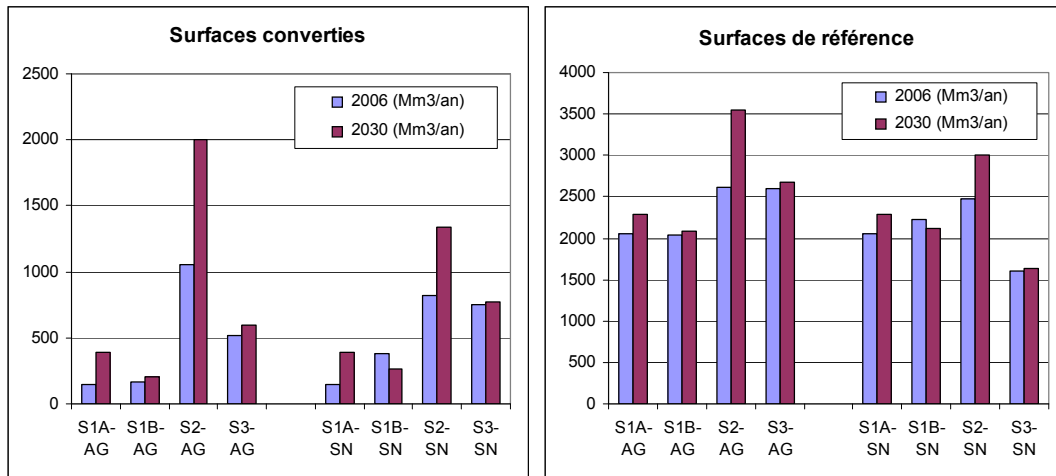
Les indicateurs de prélèvement sont les plus significatifs pour la gestion des ressources, et les plus usuellement employés. Ils fournissent les résultats les plus contrastés, puisque certains scénarios font appel fortement, ou non, à des cultures irriguées. L'augmentation de l'irrigation pour les scénarios intensifs peut être considérée comme très significative, tant en Adour Garonne qu'en Seine Normandie. Le déficit hydrique est un indicateur moins explicite, mais qui fournit des résultats contrastés. Il nécessitera, en dehors du cadre de l'étude, de pousser plus loin la réflexion sur les valeurs de référence, ainsi que sur la sensibilité des milieux à ses variations.

#### 4.5.3. *Comparaison des scénarios*

Il y aura lieu, pour améliorer l'analyse, de comparer les scénarios avec l'éclairage des volumes de biomasse et de carburant produit. Au premier ordre, on peut retenir que :

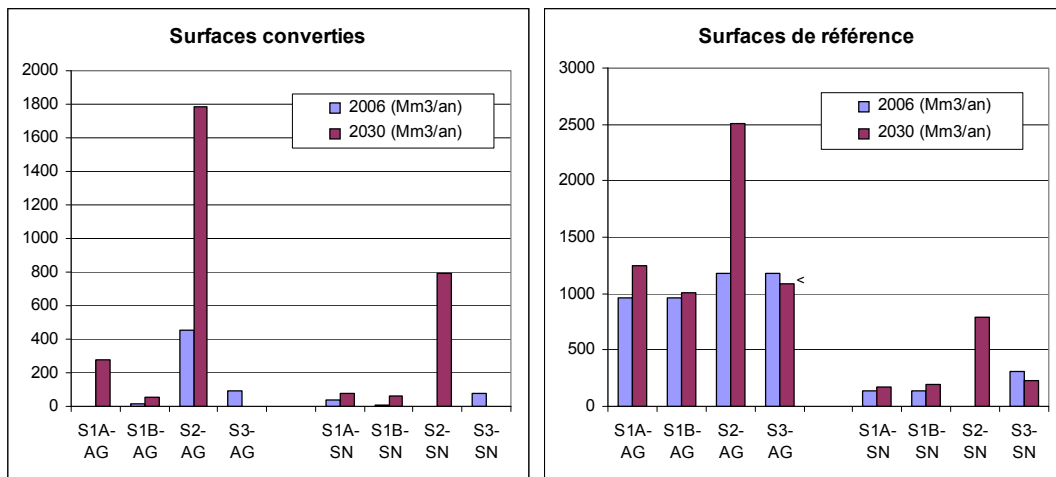
- les scénarios 1A, les moins productifs en volume de carburant, génèrent toutefois des accroissements de pressions significatives, du fait de la nature des cultures nécessaires aux filières G1,
- les scénarios 1B, intermédiaires entre le S1A et l'option améliorante, présentent de meilleures valeurs d'indicateurs, notamment pour les prélèvements. La méthode d'évaluation, en particulier lorsque des résidus de cultures sont mobilisés, pourra être affinée, vraisemblablement en dehors du cadre de l'étude,
- les scénarios 2, très fortement productifs et intensifs, augmentent significativement les pressions, en particulier pour les prélèvements d'irrigation,
- les scénarios 3 apparaissent significativement améliorants en AG et SN. Dans certains cas, la variation 2030 – 2006 conduit à améliorer l'existant 2006 (prélèvements du S3 AG et SN, déficit hydrique du S1B AG).

Figure 19 – Comparatif des 8 scénarios pour le déficit hydrique d'été.



	surfaces de référence		surfaces converties		Total 2030-2006 (Mm <sup>3</sup> /an)	Total 2030 - 2006 (Var.relative /référence) (%)	Total 2030 - 2006 (Var. relative /converti) (%)	
	2006 (Mm <sup>3</sup> /an)	2030 (Mm <sup>3</sup> /an)	2006 (Mm <sup>3</sup> /an)	2030 (Mm <sup>3</sup> /an)				
AG	S1A-AG	2048	2289	146	387	241	12%	165%
	S1B-AG	2042	2086	166	209	43	2%	26%
	S2-AG	2611	3555	1056	2000	944	36%	89%
	S3-AG	2596	2673	514	591	77	3%	15%
SN	S1A-SN	2048	2289	146	387	241	12%	165%
	S1B-SN	2227	2116	378	267	-111	-5%	-29%
	S2-SN	2481	2997	824	1340	516	21%	63%
	S3-SN	1608	1633	749	774	25	2%	3%

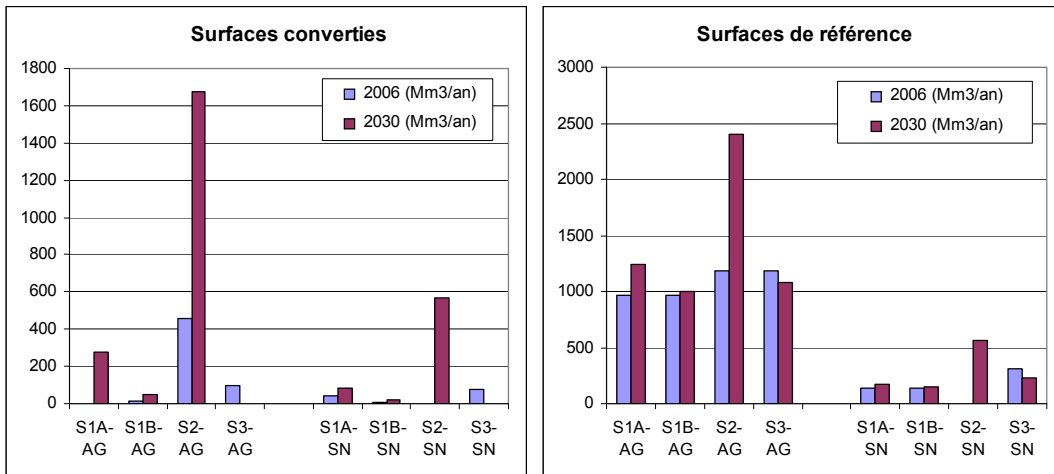
Figure 20 – Comparatif des 8 scénarios pour les prélèvements annuels



	surfaces de référence		surfaces converties		Total 2030-2006 (Mm <sup>3</sup> /an)	Total 2030 - 2006 (Var.relative /référence) (%)	Total 2030 - 2006 (Var. relative /converti) (%)	
	2006 (Mm <sup>3</sup> /an)	2030 (Mm <sup>3</sup> /an)	2006 (Mm <sup>3</sup> /an)	2030 (Mm <sup>3</sup> /an)				
AG	S1A-AG	967	1245	1	278	277	29%	53809%
	S1B-AG	967	1004	14	51	37	4%	256%
	S2-AG	1180	2506	456	1782	1326	112%	291%
	S3-AG	1180	1085	95	0	-95	-8%	-100%
SN	S1A-SN	137	176	41	80	39	28%	94%
	S1B-SN	137	193	8	64	56	41%	689%
	S2-SN	0	793	0	793	793		
	S3-SN	312	234	78	0	-78	-25%	-100%

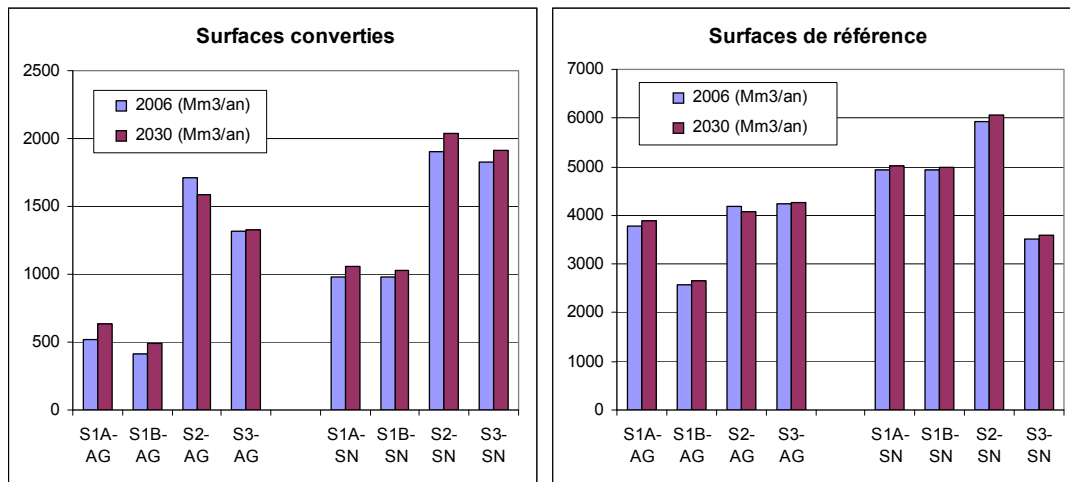


**Figure 21 – Comparatif des 8 scénarios pour les prélèvements d’été**



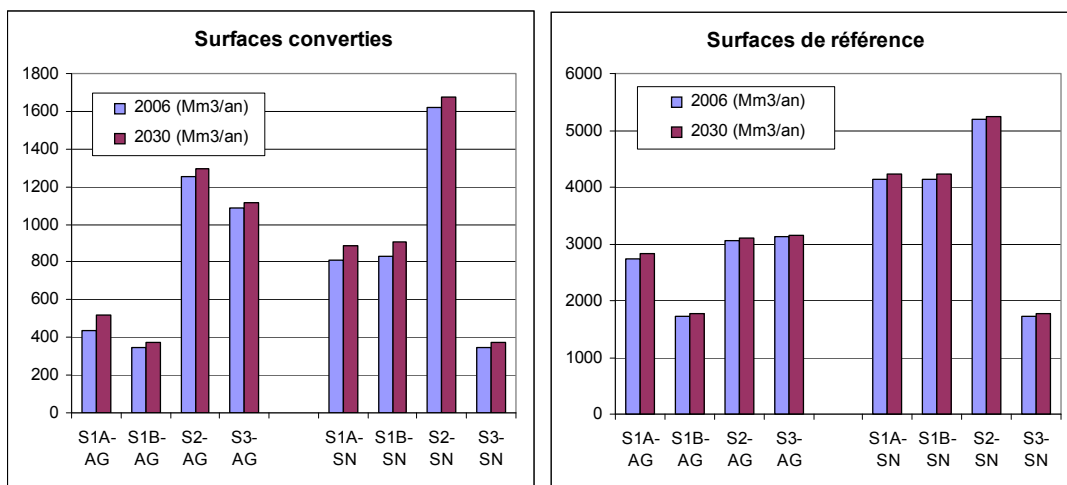
Drainage annuel	surfaces de référence		surfaces converties		Total 2030-2006 (Mm³/an)	Total 2030 - 2006 (Var.relative /réf.) (%)	Total 2030 - 2006 (Var. relative /converti) (%)	
	2006 (Mm³/an)	2030 (Mm³/an)	2006 (Mm³/an)	2030 (Mm³/an)				
AG	S1A-AG	967	1245	1	277	29%	53809%	
	S1B-AG	967	1004	14	51	4%	256%	
	S2-AG	1180	2398	456	1675	1219	103%	267%
	S3-AG	1180	1085	95	0	-95	-8%	-100%
SN	S1A-SN	137	176	41	80	39	28%	94%
	S1B-SN	137	152	8	23	15	11%	188%
	S2-SN	0	568	0	568	568		
	S3-SN	312	234	78	0	-78	-25%	-100%

**Figure 22 – Comparatif des 8 scénarios pour le drainage annuel**



Drainage annuel	surfaces de référence		surfaces converties		Total 2030-2006 (Mm³/an)	Total 2030 - 2006 (Var.relative /réf.) (%)	Total 2030 - 2006 (Var. relative /converti) (%)	
	2006 (Mm³/an)	2030 (Mm³/an)	2006 (Mm³/an)	2030 (Mm³/an)				
AG	S1A-AG	3781	3897	516	633	116	3%	23%
	S1B-AG	2585	2657	415	486	71	3%	17%
	S2-AG	4195	4064	1713	1582	-131	-3%	-8%
	S3-AG	4246	4256	1314	1325	11	0%	1%
SN	S1A-SN	4935	5012	977	1054	77	2%	8%
	S1B-SN	4935	4981	979	1024	45	1%	5%
	S2-SN	5926	6061	1908	2043	134	2%	7%
	S3-SN	3525	3606	1828	1909	81	2%	4%

**Figure 23 – Comparatif des 8 scénarios pour le drainage hivernal**



Drainage annuel	surfaces de référence		surfaces converties		Total 2030-2006 (Mm <sup>3</sup> /an)	Total 2030 - 2006 (Var.relative /référence) (%)	Total 2030 - 2006 (Var. relative /converti) (%)	
	2006 (Mm <sup>3</sup> /an)	2030 (Mm <sup>3</sup> /an)	2006 (Mm <sup>3</sup> /an)	2030 (Mm <sup>3</sup> /an)				
AG	S1A-AG	2738	2822	435	520	84	3%	19%
	S1B-AG	1727	1760	343	377	33	2%	10%
	S2-AG	3068	3111	1252	1294	43	1%	3%
	S3-AG	3116	3146	1084	1114	30	1%	3%
SN	S1A-SN	4143	4219	810	886	76	2%	9%
	S1B-SN	4143	4224	827	908	81	2%	10%
	S2-SN	5187	5241	1620	1674	54	1%	3%
	S3-SN	1727	1760	343	377	33	2%	10%

## 4.6. Analyse des résultats par scénario sur les grands bassins

Les commentaires font référence aux résultats présentés de façon détaillée pour chacun des 8 scénarios **entre 2006 et 2030**.

### 4.6.1. Adour Garonne

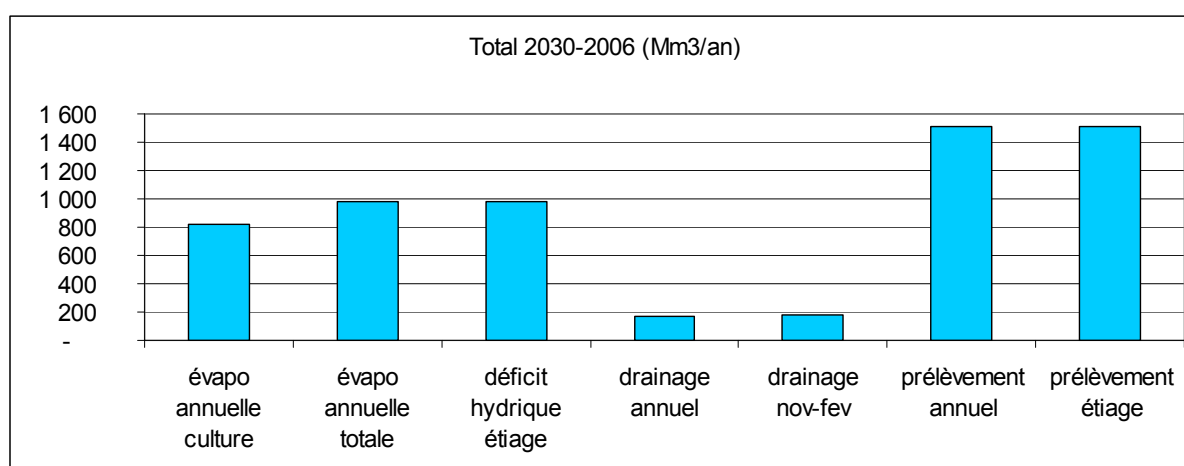
#### a) Scénario 1A

Le scénario 1A se traduit par un **fort accroissement** des termes clés du bilan :

- prélèvements annuels et prélèvements à l'étiage, +270 Mm<sup>3</sup> (près de 30% d'accroissement par rapport aux prélèvements sur les surfaces de référence en 2006).
- déficit hydrique d'étiage, auquel est lié le besoin d'irrigation (+240 Mm<sup>3</sup>) : accroissement de +12% par rapport au déficit des surfaces de référence, et de 165% par rapport à celui des surfaces converties
- drainage hivernal (plus de 80 Mm<sup>3</sup>, soit plus de 20% de variation relative sur les surfaces converties).

L'évaporation annuelle des cultures se réduit, en raison du remplacement de surfaces de prairies et de jachères en couvert végétal par des cultures d'hiver.

AG S1A (Mm3/an)	Initial Bassin 2006	Total converti 2006	Initial Bassin 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total converti 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total 2030-2006
évapo annuelle culture	14 259	2 127	14 114	-1,0%	1 981	-6,8%	-145
évapo annuelle totale	17 138	2 422	17 284	0,9%	2 568	6,0%	146
déficit hydrique étiage	2 048	146	2 289	11,8%	387	165,3%	241
drainage annuel	3 781	516	3 897	3,1%	633	22,5%	116
drainage nov-fev	2 738	435	2 822	3,1%	520	19,4%	84
prélèvement annuel	967	1	1 245	28,7%	278	53809,4%	277
prélèvement étiage	967	1	1 245	28,7%	278	53809,4%	277



Bilan surfaces 1000 ha	2006						AG 1A
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	maïs	prairie	Total
Initiales Bassin 2006	278	79	314	466	609	1199	2945
Converties 2006	207	53	22,9	39	0	120	442
	75%	67%	7%	8%	0,05%	10%	
colza-tournesol 2030	56	53	22,9	10		32	174
blé 2030	66			12		38	116
maïs 2030	86			16	0,324	50	152
Converties 2030	<b>207</b>	<b>53</b>	<b>23</b>	<b>39</b>	<b>0,3</b>	<b>120</b>	<b>442</b>

\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

Bilan surfaces en % 1000 ha	2006						AG 1A
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	maïs	prairie	Total
Initiales Bassin 2006	278	79	314	466	609	1199	2945
Converties 2006	75%	67%	7%	8%	0%	10%	
colza-tournesol 2030	27%	100%	100%	27%		27%	39%
blé 2030	32%			32%		32%	26%
maïs 2030	42%			41%	100%	42%	34%
Converties 2030	<b>47%</b>	<b>12%</b>	<b>5%</b>	<b>9%</b>	<b>0,1%</b>	<b>27%</b>	<b>100%</b>

\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

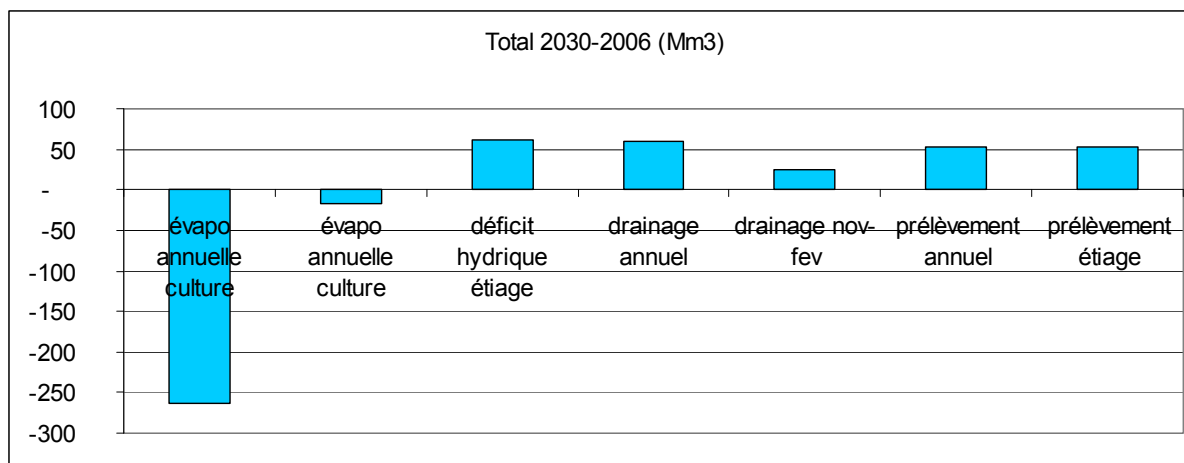
## b) Scénario 1B

Le scénario 1B se traduit par un **accroissement modéré** des postes clés du bilan :

- L'accroissement des prélèvements annuels et à l'étiage est 7 fois plus faible que pour le S1A (+37 Mm<sup>3</sup>), soit +4% d'accroissement par rapport aux prélèvements des surfaces de référence, et +265% par rapport à ceux des surfaces converties. Il faut remarquer que dans les cultures converties 2006 du S1B, les prélèvements sont faibles, ce qui conduit à relativiser cette dernière valeur d'accroissement relatif.
- Le déficit hydrique d'étiage s'accroît dans des proportions comparables à celles du scénario 1A (+240 Mm<sup>3</sup>), soit plus de 10% en comparaison du déficit des surfaces de référence 2006 et plus de 165% par rapport à celui des surfaces converties en 2006.
- Le drainage hivernal se renforce faiblement (plus 30 Mm<sup>3</sup>, soit plus de 20% de variation relative sur les surfaces converties).

L'évaporation annuelle des cultures se réduit fortement, en raison du remplacement de surfaces de prairies et de jachères en couvert végétal par des cultures d'hiver, sans fort développement de l'irrigation.

AG S1B (Mm <sup>3</sup> /an)	Initial Bassin 2006	Total converti 2006	Initial Bassin 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total converti 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total 2030- 2006
évapo annuelle culture	7 951	1 403	7 689	-3,3%	1 141	-18,7%	-263
évapo annuelle culture	10 040	1 599	10 023	-0,2%	1 582	-1,1%	-17
déficit hydrique étiage	1 855	130	1 918	3,4%	192	47,9%	62
drainage annuel	2 747	386	2 807	2,2%	446	15,6%	60
drainage nov-fev	1 879	323	1 903	1,3%	347	7,5%	24
prélèvement annuel	967	1	1 021	5,5%	54	10153,4%	53
prélèvement étiage	967	1	1 021	5,5%	54	10153,4%	53



Bilan surfaces 1000 ha	2006					AG 1B
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	maïs	Total
Initiales Bassin 2006	278	79	314	466	609	1746
Converties 2006	207	53	22,90	17	0	300
	75%	67%	7%	8%	1,49%	
colza 2030	79	53		0,5		133
tournesol 2030			22,9	16		138
maïs 2030					0,3	29
Converties 2030	<b>207</b>	<b>53</b>	<b>23</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>300</b>

\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

Bilan surfaces en % 1000 ha	2006					AG 1B
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	maïs	Total
Initiales Bassin 2006	278	79	314	466	609	1746
Converties 2006	75%	67%	7%	4%	0%	300
colza 2030	38%	100%		3%		44%
tournesol 2030			100%	97%		46%
maïs 2030					100%	10%
Converties 2030	<b>69%</b>	<b>18%</b>	<b>8%</b>	<b>6%</b>	<b>0,1%</b>	<b>100%</b>

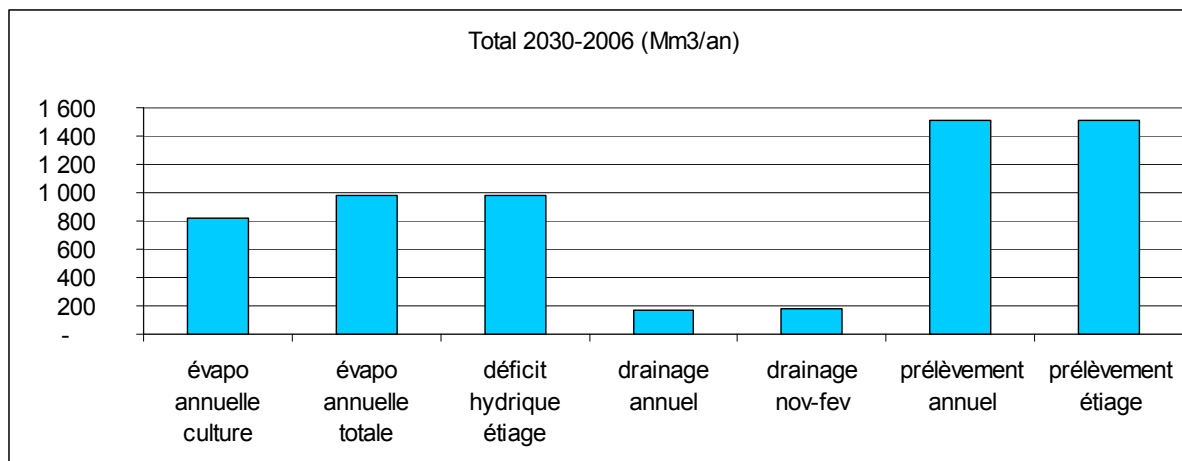
\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

### c) Scénario 2

Le scénario 2, qui implique des surfaces importantes avec des cultures productives, **augmente massivement** la quasi-totalité des postes du bilan. L'accroissement des prélèvements (1300 Mm<sup>3</sup>/an, dont 92% à l'étéage) représente plus qu'un doublement des prélèvements 2006 de l'ensemble du Bassin Adour Garonne, structurellement expliqué par un déficit hydrique en fort accroissement (+ 940 Mm<sup>3</sup>).

En revanche, le drainage annuel se réduit entre 2006 et 2030 (-130 Mm<sup>3</sup>), principalement du fait de l'implantation de cultures pérennes évaporant davantage d'eau tout au long de l'année.

AG S2 (Mm3/an)	Initial Bassin 2006	Total converti 2006	Initial Bassin 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total converti 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total 2030-2006
évapo annuelle culture	14 575	5 827	15 399	5,7%	6 651	14,1%	824
évapo annuelle totale	16 634	6 641	17 612	5,9%	7 619	14,7%	978
déficit hydrique étiage	2 168	1 020	3 144	45,0%	1 996	95,7%	976
drainage annuel	3 898	1 662	4 072	4,5%	1 837	10,5%	175
drainage nov-fev	2 770	1 200	2 947	6,4%	1 377	14,7%	177
prélèvement annuel	1 180	456	2 691	128,1%	1 967	331,4%	1 511
prélèvement étiage	1 180	456	2 691	128,1%	1 967	331,4%	1 511



Bilan surfaces	2006							AG 2
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Maïs	Sorgho	Eucalyp tus	Peuple raie	
1000 ha								Total
Initiales Bassin 2006	781	64	1199	743	29	4	53	2873
Converties 2006	643	64	109,92	287	29	4	27	1164
%	82%	100%	9%	39%	100%	100%	50%	
Switchgrass 2030	380	25						404
Canne de Provence 2030		39	110					149
Maïs biomasse 2030				287				287
Sorgho fibre 2030	109				29			138
TCR Eucal 2030	155					4	27	186
Converties 2030	<b>643</b>	<b>64</b>	<b>110</b>	<b>287</b>	<b>29</b>	<b>4</b>	<b>27</b>	<b>1164</b>

Bilan surfaces en %	2006							AG 2
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Maïs	Sorgho	Eucalyp tus	Peuple raie	
1000 ha								Total
Initiales Bassin 2006	781	64	1199	743	29	4	53	2873
Converties 2006	82%	100%	9%	39%	100%	100%	50%	
Switchgrass 2030	59%	39%						35%
Canne de Provence 2030		61%	100%					13%
Maïs biomasse 2030				100%				25%
Sorgho fibre 2030	17%				100%			12%
TCR Eucal 2030	24%					100%	100%	16%
Converties 2030	<b>55%</b>	<b>5%</b>	<b>9%</b>	<b>25%</b>	<b>2,5%</b>	<b>0,3%</b>	<b>2,3%</b>	100%

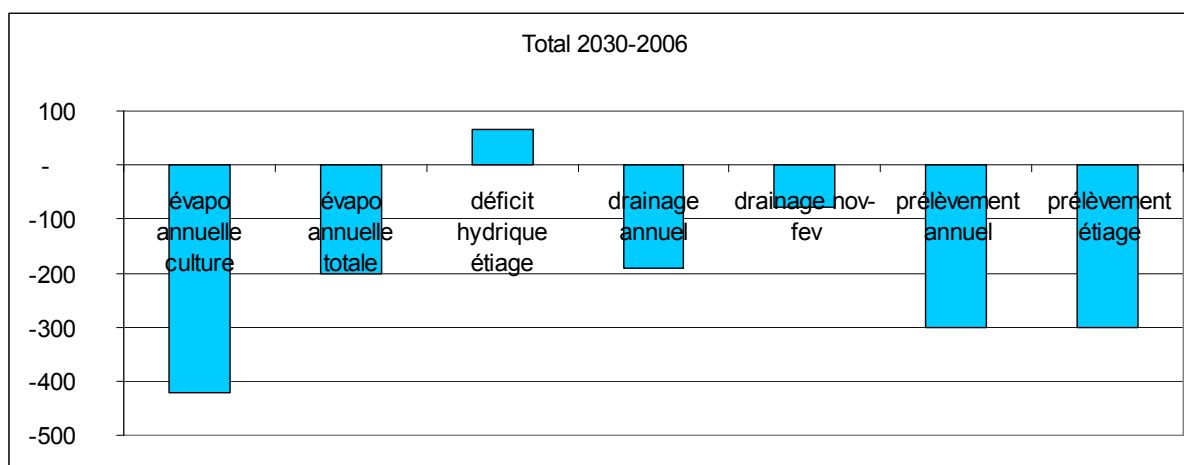
#### d) Scénario 3

Le scénario 3 (amélioration environnementale sur un volant de surface très important, comparable à celui du S2) montre des **améliorations significatives sur la majorité des**



postes du bilan, en particulier les prélèvements, les évaporations, le drainage annuel. Le déficit hydrique d'été et le drainage hivernal augmentent très modérément.

AG S3 (Mm3/an)	Initial Bassin 2006	Total converti 2006	Initial Bassin 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total converti 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total 2030- 2006
évapo annuelle culture	14 809	5 452	14 389	-2,8%	5 031	-7,7%	-420
évapo annuelle totale	16 851	6 133	16 650	-1,2%	5 933	-3,3%	-200
déficit hydrique été	2 127	679	2 191	3,0%	744	9,5%	65
drainage annuel	3 943	1 425	3 753	-4,8%	1 234	-13,4%	-190
drainage nov-fev	2 813	1 072	2 735	-2,8%	994	-7,3%	-78
prélèvement annuel	1 180	301	879	-25,5%	0	-100,0%	-301
prélèvement été	1 180	301	879	-25,5%	0,0%	-100,0%	-301



Bilan surfaces	2006							AG 3
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Maïs	Bandes enherbées	Eucalyptus	Peuplier	
1000 ha								Total
Initiales Bassin 2006	781	64	1199	743	69	4	53	2913
Converties 2006	469	64	262	189	69	4	27	1084
%	60%	100%	22%	26%	100%	100%	50%	
Switchgrass 2030	132							132
Miscanthus 2030	265							265
Fétuque SCE 2030					69			69
Fétuque - Trèfle 2030			262					262
Sorgho fibre 2030		64		189				253
TCR Eucal 2030	71					4	27	102
Converties 2030	<b>469</b>	<b>64</b>	<b>262</b>	<b>189</b>	<b>69</b>	<b>4</b>	<b>27</b>	<b>1084</b>

Bilan surfaces en %	2006							AG 3
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Maïs	Bandes enherbées	Eucalyptus	Peuplier	
1000 ha								Total
Initiales Bassin 2006	781	64	1199	743	69	4	53	2913
Converties 2006	60%	100%	22%	26%	100%	100%	50%	
Switchgrass 2030	28%							12,2%
Miscanthus 2030	57%							24,5%
Fétuque SCE 2030					100%			6,4%
Fétuque - Trèfle 2030			100%					24,2%
Sorgho fibre 2030		100%		100%				23,4%
TCR Eucal 2030	15%					100%	100%	9,4%
Converties 2030	<b>43%</b>	<b>6%</b>	<b>24%</b>	<b>17%</b>	<b>6%</b>	<b>0,4%</b>	<b>2,5%</b>	<b>100%</b>

#### 4.6.2. Seine Normandie

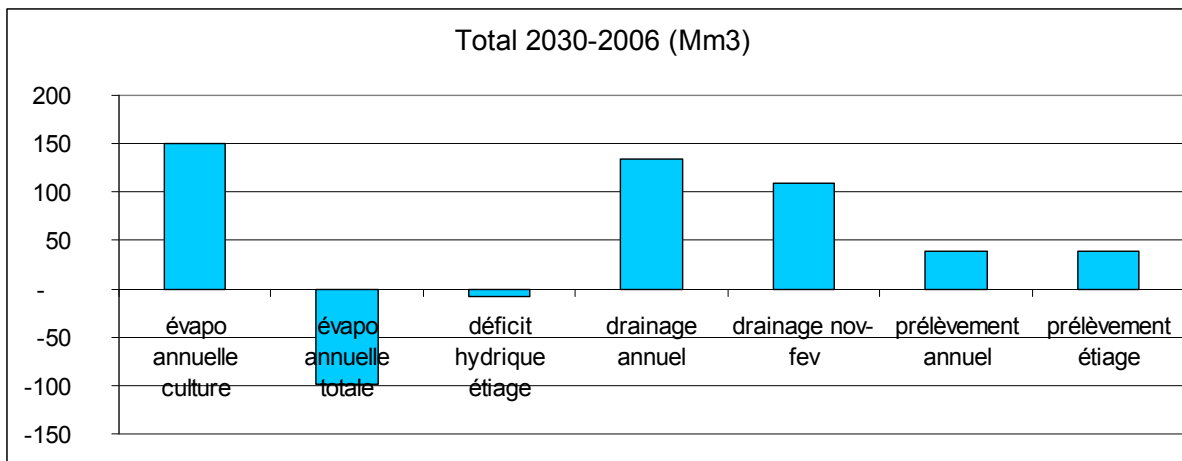
##### a) Scénario 1A

Le scénario 1A montre en Seine Normandie un **accroissement significatif** de la plupart des postes clé du bilan :

- déficit hydrique d'étiage : +200 Mm<sup>3</sup>
- prélèvements annuels et à l'étiage : +40 Mm<sup>3</sup>/an soit un quasi doublement sur les surfaces converties (très peu irriguées en 2006), et environ un tiers des prélèvements totaux 2006 du Bassin.
- évaporation annuelle des cultures.

L'accroissement du drainage et du drainage hivernal restent toutefois, dans ce scénario, sensibles mais assez modérés (+77 Mm<sup>3</sup>).

SN S1A (Mm <sup>3</sup> /an)	Initial Bassin 2006	Total converti 2006	Initial Bassin 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total converti 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total 2030- 2006
évapo annuelle culture	20 548	3 835	20 698	0,7%	3 986	3,9%	151
évapo annuelle totale	24 961	5 030	24 862	-0,4%	4 932	-2,0%	-98
déficit hydrique étiage	2 269	605	2 261	-0,3%	597	-1,3%	-8
drainage annuel	5 008	1 018	5 142	2,7%	1 152	13,2%	134
drainage nov-fev	4 159	819	4 269	2,6%	928	13,3%	109
prélèvement annuel	137	41	176	28,4%	80	94,3%	39
prélèvement étiage	137	41	176	28,4%	80	94,3%	39



Bilan surfaces	2006						SN 1A
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	betterave*	prairie	Total
1000 ha							
Initiales Bassin 2006	284	577	43	1704	257	1391	4255
Converties 2006	121	298	1,8	223	77	139	859
	43%	52%	4%	13%	30%	10%	
colza 2030	80	298	1,8	104		35	519
blé 2030	27			118		70	215
betterave 2030	14				77	35	126
Converties 2030	<b>121</b>	<b>298</b>	<b>1,8</b>	<b>223</b>	<b>77</b>	<b>139</b>	<b>859</b>

\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

Bilan surfaces en %	2006						SN 1A
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	betterave*	prairie	Total
1000 ha							
Initiales Bassin 2006	284	577	43	1704	257	1391	4255
Converties 2006	43%	52%	4%	13%	30%	10%	859
colza 2030	66%	100%	100%	47%		25%	60%
blé 2030	23%			53%		50%	25%
betterave 2030	11%				100%	25%	15%
Converties 2030	<b>14%</b>	<b>35%</b>	<b>0,2%</b>	<b>26%</b>	<b>9%</b>	<b>16%</b>	<b>100%</b>

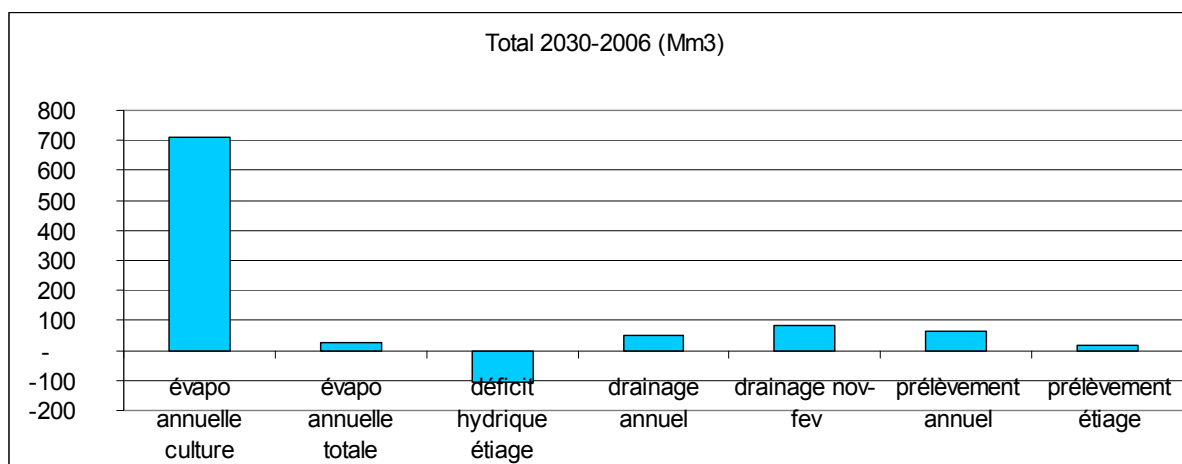
\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

## b) Scénario 1B

Le scénario 1B se traduit par un **accroissement assez disparate** des différents postes :

- On note l'accroissement très significatif de l'évaporation en période de culture, compte tenu des surfaces de référence (36% des surfaces de référence sont en jachère couverte par un couvert végétal peu productif),
- Le déficit hydrique d'étiage augmente de façon sensible : +110 Mm<sup>3</sup>
- Le prélèvement annuel augmente significativement (+56 Mm<sup>3</sup>), mais le prélèvement d'étiage augmente de façon mesurée (+15 Mm<sup>3</sup>), résultant du choix de cultures soulageant l'étiage (luzerne avec deux doses d'irrigation avant l'étiage en sol profond). En comparaison avec le S1A, le S1B demande un peu plus d'irrigation annuelle (+16 Mm<sup>3</sup>), mais il sollicite trois fois moins les ressources en période d'étiage.
- Si le drainage augmente modérément, en revanche le drainage hivernal augmente fortement, du fait de l'implantation de cultures annuelles sur jachères à sols relativement peu profonds, initialement en couvert végétal.

SN S1B (Mm3/an)	Initial Bassin 2006	Total converti 2006	Initial Bassin 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total converti 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total 2030-2006
évapo annuelle cultur	20 603	2 139	21 312	3,4%	2 849	33,2%	710
évapo annuelle totale	24 016	3 625	24 042	0,1%	3 651	0,7%	26
déficit hydrique étiage	1 358	370	1 253	-7,7%	265	-28,4%	-105
drainage annuel	5 678	852	5 729	0,9%	903	6,0%	51
drainage nov-fev	4 889	717	4 970	1,7%	798	11,3%	81
prélèvement annuel	137	8	201	46,6%	72	783,3%	64
prélèvement étiage	137	8	152	11,2%	23	188,0%	15



Bilan surfaces 1000 ha	2006						SN 1B
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	betterave*	prairie	Total
Initiales Bassin 2006	284	577	43	1704	257	1391	4255
Converties 2006	255	289	1,81	14	15	139	714
	90%	50%	4%	1%	6%	10%	
colza 2030	137	289	1,81				428
blé 2030	98			14			112
betterave 2030	19				15		34
Luzerne						61	61
Converties 2030	<b>255</b>	<b>289</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>61</b>	<b>635</b>

\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

Bilan surfaces en % 1000 ha	2006						SN 1B
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	betterave*	prairie	Total
Initiales Bassin 2006	284	577	43	1704	257	1391	4255
Converties 2006	90%	50%	4%	1%	6%	10%	714
colza 2030	54%	100%	100%				67%
blé 2030	39%			100%			18%
betterave 2030	8%				100%		5%
Luzerne						44%	10%
Converties 2030	<b>40%</b>	<b>45%</b>	<b>0%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>10%</b>	<b>100%</b>

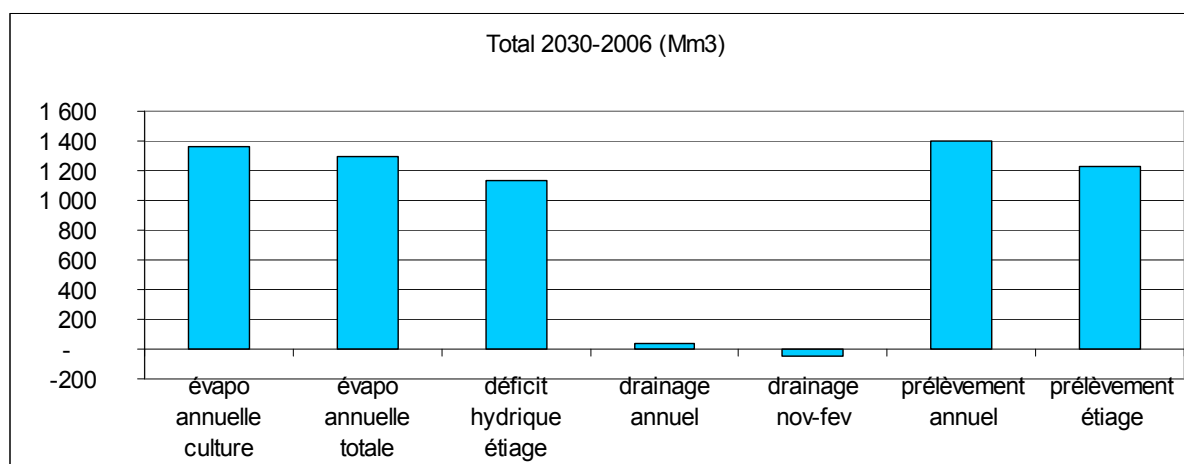
\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

### c) Scénario 2

Le scénario 2 augmente **très massivement** la plupart des postes du bilan hydrique, en particulier :

- les prélèvements annuels et à l'étiage, augmentés approximativement d'un facteur 5 par rapport aux prélèvements totaux du bassin : cela est dû à l'implantation de cultures énergétiques irriguées à forte productivité, que réclame l'objectif de production du scénario, sur des sols initialement en cultures énergétiques annuelles pluviales (ex : colza) et en jachères non cultivées,
- contribuant à expliquer cette situation, l'évolution du déficit hydrique d'étiage se traduit en effet par un accroissement très significatif,
- en revanche, notamment compte tenu de l'important volant de surfaces mises en jeu, le drainage annuel et surtout le drainage hivernal montrent des accroissements très mesurés.

SN S2 (Mm3/an)	Initial Bassin 2006	Total converti 2006	Initial Bassin 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total converti 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total 2030-2006
évapo annuelle culture	24 058	7 278	25 422	5,7%	8 642	18,7%	1 364
évapo annuelle totale	27 407	8 319	28 705	4,7%	9 617	15,6%	1 298
déficit hydrique étiage	1 893	718	3 021	59,6%	1 847	157,1%	1 129
drainage annuel	6 707	2 090	6 747	0,6%	2 131	1,9%	40
drainage nov-fev	5 559	1 725	5 512	-0,8%	1 678	-2,7%	-47
prélèvement annuel	420	75	1 820	333,9%	1 476	1858,3%	1 401
prélèvement étiage	420	75	1 650	293,4%	1 306	1632,8%	1 231



Bilan surfaces 1000 ha	2006					SN 2 Total
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Céréales	Peupleraie	
Initiales Bassin 2006	421	343	1391	2622	69	4847
Converties 2006	421	320	240,79	471	35	1488
%	100%	100%	17%	18%	51%	
Miscanthus 2030	182	153				335
Luzerne 2030		167	114			281
Fétuque 2030	102		127			229
Triticale p.e. 2030				471		471
TTCR 2030	137				35	172
Converties 2030	<b>421</b>	<b>320</b>	<b>241</b>	<b>471</b>	<b>35</b>	<b>1488</b>

\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

Bilan surfaces en % 1000 ha	2006					SN 2 Total
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Céréales	Peupleraie	
Initiales Bassin 2006	421	343	1391	2622	69	4847
Converties 2006	100%	93%	17%	18%	50%	30,7%
Miscanthus 2030	43%	48%				23%
Luzerne 2030		52%	47%			19%
Fétuque 2030	24%		53%			15%
Triticale p.e. 2030				100%		32%
TTCR 2030	33%				100%	12%
Converties 2030	<b>28%</b>	<b>21%</b>	<b>16%</b>	<b>32%</b>	<b>2%</b>	<b>100%</b>

\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

#### d) Scénario 3

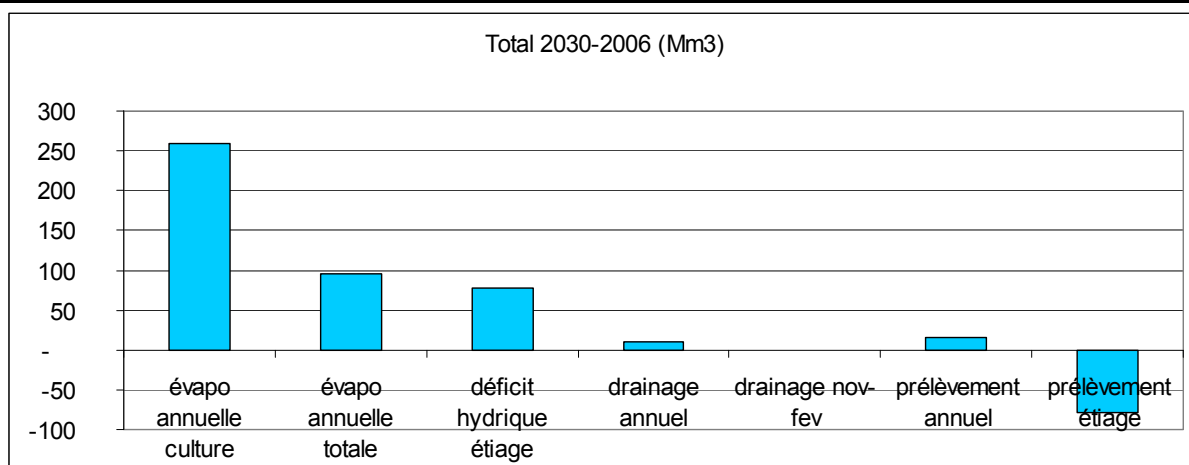
Le scénario 3 (scénario à objectif améliorant) montre des **améliorations effectives** sur les postes suivants :

- de façon très significative, sur les prélèvements annuels et à l'étiage (-78 Mm<sup>3</sup>). Le scénario soulage les prélèvements, ainsi que les prélèvements à l'étiage, d'environ la moitié des prélèvements totaux du Bassin,
- dans une moindre mesure, l'évaporation annuelle est légèrement réduite, ce qui présente globalement un avantage en termes de ressources en eau.

Sur les autres postes, sans être améliorant, le scénario se révèle très faiblement impactant :

- le drainage annuel, et surtout le drainage hivernal, n'augmentent que faiblement comme pour le S2 du fait de l'implantation de cultures pérennes.

SN S3 (Mm3/an)	Initial Bassin 2006	Total converti 2006	Initial Bassin 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total converti 2030	variation relative 2030 - 2006 (%)	Total 2030-2006
évapo annuelle culture	14 211	7 188	14 470	1,8%	7 447	3,6%	259
évapo annuelle totale	15 891	8 081	15 987	0,6%	8 177	1,2%	96
déficit hydrique étiage	1 658	798	1 736	4,7%	877	9,8%	78
drainage annuel	4 350	2 213	4 359	0,2%	2 222	0,4%	9
drainage nov-fev	3 380	1 780	3 379	0,0%	1 780	0,0%	-1
prélèvement annuel	347	87	363	4,7%	103	18,7%	16
prélèvement étiage	312	78	234	-25,0%	0	-100,0%	-78





Bilan surfaces 1000 ha	2006							SN 3
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Bandes enherbées	Maïs	Betterave	Peupleraie	Total
Initiales Bassin 2006	421	343	1391	98	263	257	69	2842
Converties 2006	421	320	460	98	66	64	35	1464
%	100%	93%	33%	100%	25%	25%	50%	
Miscanthus 2030	284	191			18			493
Luzerne 2030		129	139					268
Fétuque SCE 2030				98				98
Fétuque - trèfle 2030	93		321		48			461
TCR robinier 2030	45					64	35	143
Converties 2030	<b>421</b>	<b>320</b>	<b>460</b>	<b>98</b>	<b>66</b>	<b>64</b>	<b>35</b>	<b>1464</b>

\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

Bilan surfaces en % 1000 ha	2006							SN 3
	Sol nu (jachère +	cult. énergétique	Prairie	Bandes enherbées	Maïs	Betterave	Peupleraie	Total
Initiales Bassin 2006	421	343	1391	98	263	257	69	2842
Converties 2006	100%	93%	33%	100%	25%	25%	50%	51,5%
Miscanthus 2030	67%	60%			28%			34%
Luzerne 2030		40%	30%					18%
Fétuque SCE 2030				100%				7%
Fétuque - trèfle 2030	22%		70%		72%			31%
TCR robinier 2030	11%					100%	100%	10%
Converties 2030	<b>29%</b>	<b>22%</b>	<b>31%</b>	<b>7%</b>	<b>4,5%</b>	<b>4,4%</b>	<b>0</b>	<b>100%</b>

#### 4.7. Conclusions de l'étude des pressions en quantité sur les ressources des grands bassins

La méthode proposée permet de fournir une évaluation des pressions en quantité des 4 scénarios de l'étude sur les deux Grands Bassins. Ces évaluations à grande échelle de chacun des termes du bilan hydrique des sols de culture semblent cohérentes. Les indicateurs les plus pertinents et les plus discriminants sont **les prélèvements annuels** et **le déficit hydrique d'étiage** – le second étant un des déterminants du premier. Les prélèvements d'étiage peuvent être liés au choix de la culture, mais aussi de sa conduite. Ils n'apparaissent, à l'exception des scénarios améliorants, guère différents des prélèvements annuels, du fait des modes de conduite de l'irrigation retenus dans les cultures des scénarios. **L'évaporation totale** constitue un indicateur semble-t-il intéressant, mais d'interprétation plus difficile.

S'attacher à **comparer les situations Nord et Sud** revient à comparer, du fait des caractéristiques, une situation à faible déficit hydrique structurel, généralement peu irriguée, à une situation à plus fort déficit hydrique structurel, généralement irriguée pour une partie importante des cultures :

- sur Seine Normandie, l'agriculture actuelle (150 Mm<sup>3</sup>/an d'irrigation dans les années 2000) est structurellement peu dépendante de l'irrigation, à l'exception de cultures spécifiques (betterave) et de zones particulières (céréales de Beauce).
- Sur Adour Garonne, l'agriculture actuelle (1000 Mm<sup>3</sup>/an d'irrigation dans les années 2000) est structurellement liée à l'irrigation.

Du point de vue des indicateurs de déficit hydrique et d'irrigation, les différents scénarios donnent lieu à **des évolutions sensiblement comparables en Seine Normandie et en Adour Garonne**. Ce sont les **niveaux de départ qui diffèrent** significativement. Ainsi, à l'exception des plus forts accroissements (scénario 2), le critère de quantité d'eau reste moins significatif sur Seine Normandie que sur Adour Garonne.

Considérés **scénario par scénario**, pour l'indicateur de prélèvement qui est le plus directement opérationnel, on observe les grandes tendances suivantes sur les surfaces en cultures concernées à l'échelle Bassin :

- les prélèvements s'accroissent de +30% à +40% pour les scénarios SN-1A, SN-1B et AG-1A,
- ils restent sensiblement stables pour le scénario AG-1B,
- ils augmentent massivement pour AG-2, passant de 1200 à 2500 Mm<sup>3</sup>/an et pour SN-2, passant de 0 à 800 Mm<sup>3</sup>/an,
- ils diminuent pour SN-3 (-25%) et pour AG-3 (-8%)

## **Encadré : Pressions quantitatives sur l'eau pour les unités de transformation**

### **Définition : besoins, utilisation, prélèvements, consommations nettes**

Les *besoins en eau* des unités de transformation peuvent être principalement liés à deux natures d'utilisation : l'eau de process, et l'eau de refroidissement. La première utilisation consiste en une incorporation à différents stades du process (dilution, lavage,...), et peut le cas échéant être impliquée dans différents recyclages. La seconde est rendue nécessaire pour l'évacuation de la chaleur résiduaire de certains process, notamment dans les technologies G2. Ces besoins en eau requièrent une *utilisation d'eau* sur le site.

*L'approvisionnement* en eau du site, pour ces utilisations, repose sur des *prélèvements d'eau* dans les ressources naturelles : il s'agit de l'eau prise dans le milieu naturel, qu'elle soit ou non retournée au milieu après utilisation. Le plus fréquemment, les sites industriels disposent de leurs ouvrages d'approvisionnement en eau, en particulier pour des débits élevés. Lorsque l'eau est fournie par le réseau public, il convient de tenir compte du rendement du réseau, conduisant généralement à prélever dans le milieu des volumes plus importants que ceux utilisés par les sites, pour compenser la perte d'eau des réseaux. Lorsqu'une partie du prélèvement n'est pas retournée aux ressources continentales (qu'il s'agisse ou non de la ressource sur laquelle s'effectue le prélèvement), on parle de consommation nette de ressource : cette dernière correspond soit à un flux évaporé, soit à un flux rejeté en mer, soit à un flux d'eau incorporé dans la production. Le terme de consommation, souvent pris comme synonyme de l'utilisation effective de l'eau par le site de transformation, n'est donc pas équivalent à la consommation nette qui s'exprime comme une pression sur les ressources.

Le refroidissement peut s'opérer de deux façons :

- en circuit ouvert : l'eau, prélevée dans un cours d'eau ou en littoral, récupère la chaleur excédentaire dans un échangeur et est restituée non loin du point de prélèvement avec un échauffement pouvant aller de quelques degrés à une dizaine de degrés. L'impact de ce mode de refroidissement tient dans le réchauffement (panache thermique dans un cours d'eau), en général très localisé. C'est lorsque le cours d'eau est à l'étiage que les implications environnementales peuvent être les plus importantes : température de l'eau élevée dans le cours d'eau, débits faibles, etc.,
- en circuit fermé : l'eau en sortie d'échangeur est envoyée dans une tour de refroidissement évaporatif (*réfrigérant atmosphérique humide*) où une faible fraction du flux circulant dans le circuit de refroidissement s'évapore et évacue la chaleur vers l'atmosphère. Mobilisant des flux de prélèvement de plusieurs dizaines de fois plus faibles que les circuits ouverts, ce mode de refroidissement implique en revanche une fraction de consommation nette très importante. Le flux évaporé est compensé par l'apport des prélèvements, complété par un apport supplémentaire de déconcentration de l'eau du circuit.

### **Consommations unitaires des process et des unités**

Des valeurs indicatives des consommations unitaires des procédés et des unités peuvent être obtenues pour les filières existantes, et plus difficilement pour les filières G2 pour lesquelles seuls des simulations ou des pilotes peuvent fournir des données. Toutefois les caractéristiques principales des différents procédés conditionnent des natures et des

niveaux de besoin en eau, dont l'estimation peut apparaître suffisamment fiable pour les besoins de l'étude. Le Tableau 45 rassemble des données indicatives pour les différentes filières, correspondant aux procédés les plus représentatifs. La consommation d'eau de process peut dépendre de l'effort d'optimisation et de recyclage dans les procédés. En dehors des circuits fermés eux mêmes, l'eau de refroidissement n'est guère recyclable.

**Tableau 45 - valeurs indicatives des consommations d'eau unitaires (m<sup>3</sup> d'eau par tep de carburant). Il est à noter que les valeurs peuvent varier selon l'effort d'optimisation et le degré d'intégration de différents process sur une même unité**

m <sup>3</sup> d'eau par tep de carburant	Process		Refroidissement à Tour		Refroidissement à circuit ouvert	
	retenu	min, max	retenu	min, max	retenu	min, max
Ethanol G1	7,9	2 - 27,5	2,4		90	-
Ethanol G2	13,8	3,9 - 19,7	12		492	325 - 598
Biodiesel G1 - EMHV	0		1,9		65	1,9
Biodiesel G2 - BtL	-4,9	-6,1 - -3	4,6	1 - 4,6	156	156 - 707
Biométhane	2,2		0		0	-

### Prélèvements associés aux différents scénarios

Les estimations de prélèvement par scénario, d'après les valeurs indicatives du Tableau 45, sont donnés dans le Tableau 46, qui distingue les deux options extrêmes : circuit ouvert et circuit fermé. La première conduit à des prélèvements importants en S1A et surtout S2 et S3.

**Tableau 46 - Prélèvements annuels totaux avec refroidissement en circuit ouvert (RCO) et en circuit fermé (RCF)**

	S1A		S1B		S2		S3	
	Total avec Tour	Total avec circuit ouvert	Total avec Tour	Total avec circuit ouvert	Total avec Tour	Total avec circuit ouvert	Total avec Tour	Total avec circuit ouvert
France	35	435	15	180	255	6565	185	4750
AG	5	55	5	35	50	1315	30	715
SN	10	140	10	90	50	1315	40	1035

Ces prélèvements, que l'on peut comparer aux prélèvements industriels totaux en France (environ 5000 Mm<sup>3</sup>/an), ainsi qu'à ceux du refroidissement des centrales thermoélectriques (environ 15000 Mm<sup>3</sup>/an), sont significatifs devant les prélèvements existants de l'industrie ou comme ceux du secteur de l'énergie. Toutefois deux remarques tempèrent ce constat :

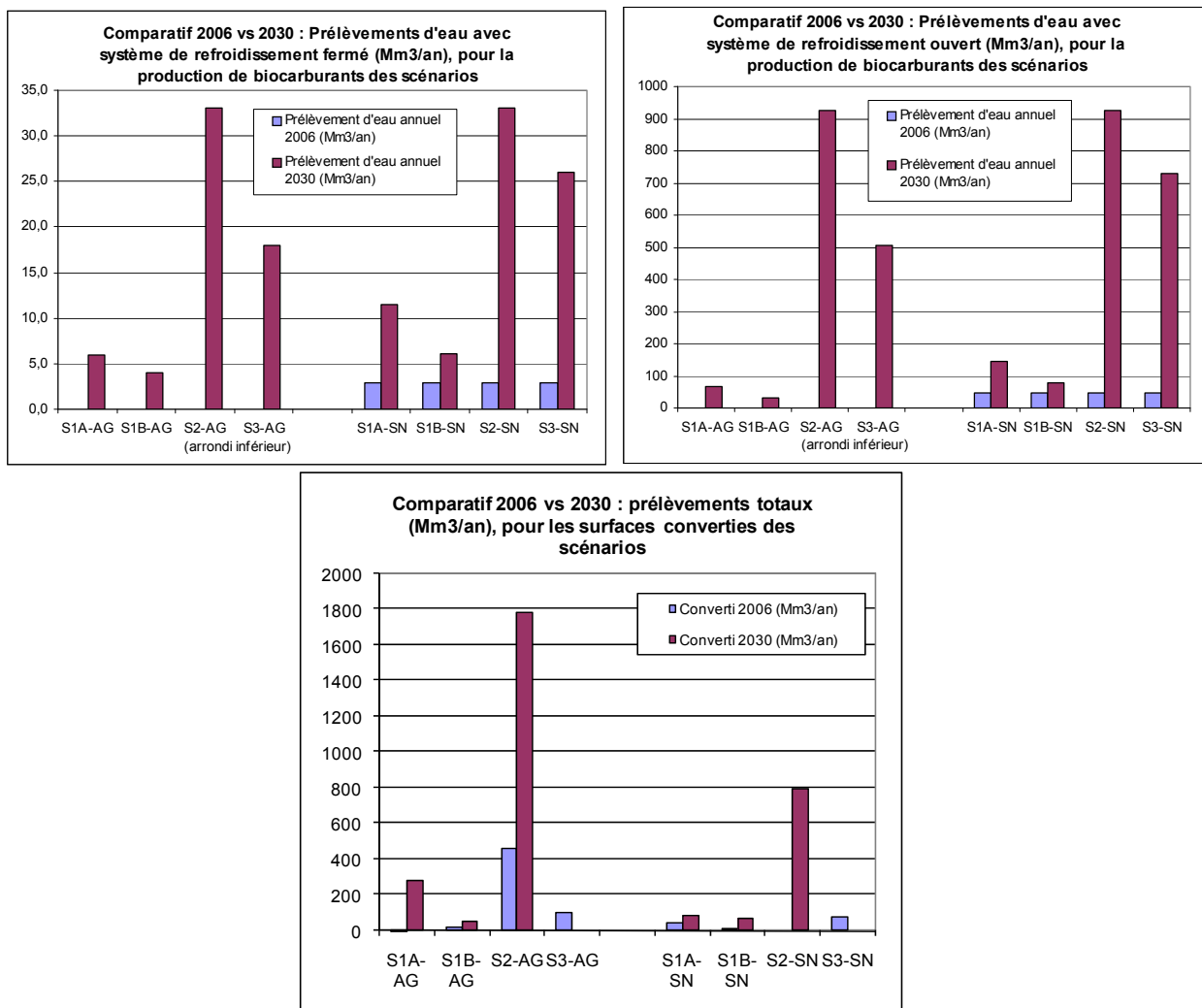
- l'eau de refroidissement est restituée aux cours d'eau, contrairement à l'eau d'irrigation. Ainsi, le besoin en eau de refroidissement est très peu consommateur de ressource, tout au plus conduit-il à évaporer un peu plus d'eau que ne le ferait naturellement le cours d'eau. Il se traduit en revanche par une contrainte d'implantation des unités au voisinage de cours d'eau importants présentant un débit moyen élevé, ou en littoral. Cette contrainte s'ajoutant à celle de la collecte de la biomasse, ne doit pas être négligée.

- Le recours au circuit fermé peut relâcher la contrainte d'implantation, quoique des cours d'eau suffisants doivent encore être disponibles. Les coûts d'investissement devraient être plus élevés qu'en circuit ouvert, notamment sur les grandes unités G2.

### Comparaison avec les prélèvements agricoles sur les Bassins

La figure 18 compare pour les 8 scénarios les prélèvements des unités (pour les deux situations extrêmes, en refroidissement évaporatif ou en circuit ouvert) à celles de la production agricole irriguée. Le refroidissement évaporatif conduit à des prélèvements relativement négligeables devant ceux de l'irrigation. Il en va de même pour la consommation nette, ces deux types de prélèvement étant par nature destinés à l'évaporation ou l'évapotranspiration. Le refroidissement en circuit ouvert requiert des prélèvements dont l'ordre de grandeur est le même que celui de l'irrigation ; toutefois l'impact sur les ressources devrait être moindre compte tenu du retour de la quasi-totalité de l'eau au milieu naturel d'origine dans ce mode de refroidissement.

**Figure 24 – prélèvements en eau pour les unités (en refroidissement évaporatif ou en circuit ouvert) en comparaison avec les prélèvements agricoles des scénarios**



C'est indéniablement le **scénario 2** qui **dégrade le plus fortement** l'indicateur « prélèvements », traduisant un très fort accroissement de la pression en quantité. Une part très importante des prélèvements se situant en période d'étiage, cet accroissement des prélèvements a tout lieu de conduire à une forte pression sur les ressources, en particulier les cours d'eau.

S'agissant des options améliorantes :

- Le scénario 1B, qui n'améliore pas la situation mais la dégrade moins que ne le fait le scénario 1A, constitue bien une **amélioration du scénario 1A** :
  - En Adour Garonne, les prélèvements annuels et les prélèvements d'étiage restent **quasiment stables** (+4%, au lieu de +29% pour le AG-1A)
  - En Seine Normandie, même si les prélèvements annuels du SN-1B augmentent un peu plus qu'avec le SN-1A (+56 Mm<sup>3</sup>/an au lieu de +39 Mm<sup>3</sup>/an), les prélèvements d'étiage s'accroissent beaucoup plus faiblement (+15 Mm<sup>3</sup>/an au lieu de +39 Mm<sup>3</sup>/an), du fait de l'option d'irrigation choisie afin de **soulager la période critique de l'étiage**.
- Le scénario 3, quant à lui, **améliore la situation 2006 à l'échelle Bassin** (-95 Mm<sup>3</sup>/an en Adour Garonne ; -78 Mm<sup>3</sup>/an en Seine Normandie) et a fortiori améliore très nettement le scénario 2.



## 5. Pressions sur les ressources en eau en qualité : Pression azote

Les pressions en termes de qualité des ressources en eau, dues au développement des cultures pour les scénarios, portent sur deux aspects :

- la pression « nitrates », objet du présent chapitre,
- la pression « phytosanitaires », traitée dans le Chapitre suivant.

### 5.1. Généralités. Contexte de l'évaluation.

#### 5.1.1. Généralités

L'azote intervient dans la production végétale comme fertilisant, et simultanément comme constituant de la matière organique produite. Comptant pour 1/6 de la masse des protéines, il peut représenter 1% à 2% de la biomasse sèche produite. L'objet de la production agricole étant d'exporter une partie des productions hors des parcelles agricoles, il y a lieu de renouveler les apports d'azote des cultures, lorsque les apports naturels sont insuffisants. On s'intéresse alors au bilan des apports d'azote au sol et des exports d'azote du sol vers les plantes, les nappes et l'atmosphère. Les apports d'azote peuvent être de différentes natures :

- par lessivage atmosphérique : les apports sont en général mineurs, mais non négligeables, par rapport aux besoins des espèces cultivées,
- par fertilisation : les apports peuvent être minéraux (engrais de synthèse, réclamant une consommation d'énergie fossile), ou organiques (fumiers, lisiers, boues de stations d'épuration – autant de formes de retour à des parcelles agricoles des minéraux préalablement exportés lors de la récolte,
- uniquement pour certaines espèces végétales annuelles, pérennes ou arborescentes, les légumineuses (pois, soja, luzerne, robinier, etc.), la fixation symbiotique d'azote par des bactéries présentes dans des nodules racinaires contribue très fortement voire totalement à la couverture.

D'un point de vue physiologique, la plupart des espèces végétales captent dans le sol des ions nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) dans lesquels elles puisent tout ou partie de leur alimentation azotée. Ces derniers, qui sont la forme d'azote assimilable par la plante, constituent également la forme la plus mobile de l'azote dans le sol. Le lessivage des sols par les pluies ou l'irrigation excessive peut engendrer des fuites d'azote, quittant le sol en direction des nappes phréatiques, et source de pollution par les nitrates. Ces fuites d'azote seront d'autant plus importantes que :

- le flux de drainage est important
- la concentration en nitrates dans la lame d'eau drainante est élevée
- les caractéristiques du système racinaire de la plante sont telles qu'il ne reprend qu'une faible part de l'azote disponible dans le sol.

On pourra, par exemple, rencontrer ces conditions de pompage d'azote insuffisant lorsque :

- la structure et la composition du sol limite le développement racinaire, facilite le drainage, ou encore a une faible capacité à retenir les éléments azotés
- le climat implique une faible croissance de la plante limitant ainsi ses besoins en éléments azotés et ses capacités à les capter

- l'aptitude de la plante elle-même à développer, ou non, un système racinaire efficace pour le pompage d'azote espèce : par exemple, le maïs est moins apte que le sorgho à développer, dans un même sol, un système racinaire efficace.
- ...

La façon dont l'azote est capté et assimilé par la plante dépend de nombreux facteurs :

- la forme sous laquelle se trouve l'azote dans le sol :
  - o azote organique, comme constituant de plantes, de résidus des cultures précédentes ou de déchets en cours de décomposition dans le sol, ou encore comme fertilisant organique (lisiers, fumiers, boues de stations d'épuration urbaines). Cette forme sous laquelle l'azote se trouve dans le sol n'est pas accessible aux plantes pour leur croissance : elle constitue un stock dont la minéralisation remet progressivement l'azote à disposition des plantes. ,
  - o azote minéral, pouvant provenir d'au moins deux origines :
    - la minéralisation de l'azote organique par des bactéries du sol. Cette minéralisation produit différents composés : nitrites, puis nitrates, qui constituent quasi uniquement la forme d'azote du sol assimilable. Elle se caractérise par des cinétiques de minéralisation particulières, dépendant de la composition du sol, de celle de la matière organique (e.g. rapport C/N, etc.)
    - des apports d'azote minéral par des engrais de synthèse, destinés à compléter les apports de la minéralisation,

La fertilisation efficace et raisonnée des cultures nécessite l'établissement d'un bilan azote prévisionnel tenant compte du précédent cultural, de la nature du sol, et de la production attendue de la culture. Les apports d'azote, minéraux, organiques ou organo-minéraux peuvent être fractionnés. Ils doivent tenir compte du fait que :

- la minéralisation de l'azote du sol (issu du précédent cultural) est progressive et ne libère pas nécessairement l'azote dans le temps des besoins des plantes,
- la mise à disposition de l'azote des fertilisants, elle-même, est progressive (organo-minéraux, formes d'azote minérales différentes des nitrates),
- la culture considérée laissera elle-même un reliquat d'azote non nul : une situation contraire serait caractéristique d'une sous-alimentation azotée de la plante, c'est-à-dire de conditions de croissance trop éloignées de l'optimum (E. Justes, comm. pers.).

La notion d'excédent d'azote doit être appréciée en connaissance de cette caractéristique. La présence d'un reliquat d'azote étant systématique dans la conduite des grandes cultures annuelles, il s'agira d'apprécier les fuites d'azote correspondantes en sachant que des mesures correctives peuvent, ou non, être mises en place (comme par exemple les cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN<sup>16</sup>, ou *catch crops*).

### 5.1.2. *Ecriture du bilan azote*

Pour décrire correctement les fuites d'azote des cultures type, il est nécessaire d'établir des bilans azote agronomiques, exprimant les différents postes du bilan (minéralisation, émissions gazeuses, lessivage, ...), afin :

- de prendre en compte la nature du sol (dans les bilans hydriques déjà établis, seule la profondeur du sol est prise en compte)
- d'exprimer le devenir du reliquat d'azote après récolte, pour les cultures annuelles, en fonction de la rotation culturale. Ce reliquat peut varier fortement,

<sup>16</sup> CIPAN : culture intermédiaire piège à nitrate

selon que la culture est effectuée en succession, en rotation, ou en succession avec culture intermédiaire.

Deux différences notables sont ainsi à prendre en compte entre le bilan hydrique et le bilan azote :

- L'écriture du bilan azote pour une culture nécessite de connaître le précédent cultural et le reliquat d'azote de la culture précédente,
- Les différentes formes possibles de présence de l'azote n'ont pas la même mobilité, la même disponibilité pour les cultures, le même impact potentiel sur les ressources en eau : ce sont les nitrates qui sont assimilables par les cultures. Ils sont également les plus mobiles, et de ce fait les plus susceptibles de migrer vers les nappes souterraines. Dans le sol, il faut prendre en compte des cinétiques d'évolution entre les formes de l'azote. Ce dernier passe de formes non assimilables (ex : azote organique, incorporé à la biomasse en décomposition) à la forme assimilable par minéralisation.

L'écriture du bilan azote (Meynard *et al*, 1997) sous forme prévisionnelle, permet de calculer les quantités d'azote à apporter. Les agronomes estiment, avant l'apport d'engrais, les différents termes d'un bilan de l'azote minéral du sol sur une profondeur "z" considérée comme accessible aux racines de la culture. Le bilan est établi (Meynard *et al*, 1997) entre deux dates, l'ouverture (date initiale i) et la fermeture du bilan (date finale f) :

$$\text{Quantité finale} - \text{Quantité initiale} = \text{Entrées} - \text{Sorties}$$

$$R_f - R_i = (M_n + X) - (+ L)$$

(Pf – Pi) désigne le besoin B du peuplement végétal

R <sub>f</sub>	Quantité (reliquat) d'azote minéral du sol à la fermeture du bilan (à la récolte)
R <sub>i</sub>	Quantité (reliquat) d'azote minéral du sol à l'ouverture du bilan (l'ouverture correspond à la fin d'hiver pour les cultures d'hiver, et à la date de semis pour les cultures de printemps)
M <sub>n</sub>	Minéralisation nette d'azote par le sol estimée par la somme de plusieurs termes : minéralisation nette de l'azote humifié du sol "M <sub>h</sub> ", minéralisation nette de l'azote des résidus de récolte "M <sub>r</sub> ", minéralisation nette de l'azote des produits organiques "M <sub>a</sub> ".
X	Quantité d'azote minéral apportée par l'engrais
P <sub>f</sub>	Quantité totale d'azote contenue dans le Peuplement végétal à la fermeture du bilan
P <sub>i</sub>	Quantité d'azote contenu dans le Peuplement végétal à l'ouverture du bilan
L	Lessivage d'azote nitrique au-delà de la profondeur "z", entre l'ouverture et la fermeture du bilan

L'écriture de ce bilan repose notamment sur deux hypothèses :

- les émissions atmosphériques et les apports atmosphériques se compensent,
- les termes du bilan sont indépendants les uns des autres.

### 5.1.3. Formation des fuites d'azote. Gestion de l'interculture

Les fuites d'azote, formées principalement par le lessivage des nitrates en direction des nappes souterraines, dépendent directement :

- du flux de drainage (en mm par période, en m<sup>3</sup>/ha.période)
- de la concentration du drainage sous racinaire (en mgN/l ou mgNO<sub>3</sub>-/l).

Il y a lieu de distinguer, pour les plantes annuelles, deux périodes dans l'année :

- la saison de croissance, entre le semis (ou la levée) et la récolte,
- l'interculture, qui désigne la période entre la récolte et le semis (ou la levée) de la culture suivante.

De façon générale (E. Justes, comm. pers) :

- la concentration en nitrates sous culture, pendant la saison de croissance, est quasi-systématiquement supérieure à 50 mg/l pour la majorité des plantes annuelles cultivées (on peut sur cette période rencontrer des valeurs de 100 – 200 mg/l). L'apport des fertilisants et la minéralisation mettent en effet à disposition de la plante une quantité de nitrates importante pendant la saison. Toutefois, le plus fort de la saison de croissance intervenant généralement en période de déficit hydrique, ou de situation proche de l'équilibre hydrique, le drainage de l'eau sous culture est généralement modéré ou nul. De la sorte, les fuites d'azote sous culture peuvent être considérées comme faibles, à l'exception de situations pouvant générer un fort drainage sous culture (par exemple, irrigation en excès...).
- C'est à l'interculture qu'ont lieu, dans la majorité des situations, l'essentiel des fuites d'azote. En effet, cette période est caractérisée par :
  - o Un drainage important pendant l'hiver, une fois la réserve utile du sol reconstituée par les précipitations automnales et hivernales,
  - o La minéralisation du reliquat d'azote dans le sol, qui peut être complète lorsque l'interculture est long,
  - o Si le sol est laissé nu, une absence de couvert végétal, se traduisant par un drainage élevé et une absorption nulle de l'azote minéralisé.
- La maîtrise des fuites d'azote passe donc par :
  - o Le recours aux rotations culturales, certaines plantes étant très aptes à reprendre une partie du reliquat d'autres plantes
  - o La mise en place, au titre des mesures agro-environnementales, de cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN), ou *catch crops*. Il s'agit de mettre en place un couvert végétal, souvent peu productif, pour l'interculture dont l'effet est à la fois de réduire le drainage par rapport à un sol nu (la plante évapore de l'eau pour sa croissance), et de pomper une partie significative des nitrates disponibles dans le sol. La culture intermédiaire peut ainsi constituer un stockage temporaire de l'azote et le remettre, sous forme organique à minéraliser, en circulation pour la culture suivante, sachant bien que cet azote aurait été perdu par drainage en l'absence de cette pratique.

#### 5.1.4. Bilans d'azote régionaux

On peut trouver une estimation des bilans d'azote nationaux et régionaux réalisés à partir d'enquêtes (apports d'azote), et de calculs conduits sur la base des statistiques de production agricole (Chapelle, 1997 ; Chapelle, 2003). Cette méthode simplifiée permet de situer les ordres de grandeur des apports et des excédents d'azote. Elle n'a pas d'autre portée que de fournir des estimations en ordres de grandeur. Elle présente l'avantage, bien qu'étant approximative, de rassembler des informations à caractère statistique, à l'échelle des régions et du territoire national. Le solde du bilan ne traduit pas nécessairement les fuites d'azote vers les ressources en eau, car d'autres transferts peuvent être impliqués (échanges atmosphériques), mais il en fournit l'ordre de grandeur. Selon les années, le solde du bilan compte pour quelques centaines de milliers de tonnes d'azote en excédent.

**Remarque importante** : Le Tableau 47 indique pour différentes années les valeurs du solde du bilan azote national. En tenant compte de la contribution des autres Bassins, notamment ceux qui présentent des fortes applications de fertilisants organiques comme le Bassin Loire Bretagne, on peut considérer, pour les deux bassins AG et SN que l'excédent azoté devrait représenter de 100 000 à 300 000 tN/an.. Les résultats obtenus dans la présente étude, pour les scénarios en cultures agricoles conventionnelles, peuvent totaliser sur SN et sur AG jusqu'à 100 000 tN/an de fuites évaluées. Cela signifie que **l'ensemble des résultats de la présente évaluation constitue assez clairement une estimation basse des flux d'azote**, restant dans les ordres de grandeur mais ne pouvant surestimer les fuites. Cette constatation est en cohérence avec les hypothèses et choix de calages des cultures type de l'étude, qui visent à éviter les surestimations.

**Tableau 47 – Exemples de valeurs du bilan azote national, réalisé par le SCEES à partir de statistiques agricoles**

ktN	1988	1990	1993	1995	1997
Engrais minéraux	2489	2621	2132	2243	2432
Engrais organiques	1318	1152	1278	1266	1240
Utilisation de l'azote par plantes	- 3322	- 3058	- 3147	- 3191	- 3265
Solde du bilan	485	715	263	318	407

## 5.2. Aspects méthodologiques

### 5.2.1. *Difficultés méthodologiques et approches envisagés par des études existantes*

L'écriture du bilan azote d'une culture type pose plusieurs types de difficultés méthodologiques :

- la détermination du reliquat d'azote dans le sol dû au précédent cultural,
- la sensibilité, plus forte que celle rencontrée pour le bilan hydrique, aux hétérogénéités (e.g. composition et profondeur du sol) et aux variabilités (e.g. variabilité interannuelle d'origine climatique).

#### a) **Prise en compte du précédent cultural**

Rappelant que le reliquat d'azote laissé par le précédent cultural détermine l'initialisation du bilan azote de la culture considérée, on peut envisager différentes façons pour exprimer ce reliquat et son influence :

- de déterminer des rotations type dans lesquelles sont inscrites les cultures type : par le recours à la simulation, il est possible de calculer les bilans azote et les termes de fuite aux différents stades de la rotation. Chaque simulation de culture donne le reliquat d'azote et l'initialisation de la culture suivante. Cette méthode a été développée par les équipes du PIREN Seine, en couplant simulations de cultures avec le modèle STICS, modèles hydrologique spatialisé, bases de données de sols et séries climatiques sur plusieurs décennies.
- de fixer, par dire d'expert, par référence à des simulations existantes, ou par étude bibliographique, le reliquat d'azote

## b) Prise en compte des hétérogénéités

L'effet des hétérogénéités sur le bilan azote, en excluant celles qui concernent le précédent cultural, a différentes composantes :

- la nature du sol, intervenant notamment sur la dynamique de minéralisation de l'azote,
- la variabilité interannuelle, conditionnant une forte variabilité du drainage, influençant le lessivage, et d'autres paramètres influençant la minéralisation,
- la pratique culturale,
- la mise en place de cultures intermédiaires,
- etc.

L'importance de ces hétérogénéités rend les approches à grande échelle difficiles, qu'elles passent par des outils de simulation fins ou non. Il s'agit de compter sur l'effet de moyenne et sur la qualité des informations disponibles pour réduire, du mieux possible, l'influence de ces hétérogénéités sur la valeur du résultat final. Le fait de reposer sur des valeurs moyennes n'oblitére ainsi pas nécessairement la cohérence des résultats finaux, tant il est généralement difficile de traiter explicitement l'ensemble de ces effets d'hétérogénéité.

## c) Cultures non documentées

Certaines cultures, en particulier les cultures énergétiques, ne sont pas documentées pour les fuites d'azote et la détermination de valeurs pour l'étude est difficile. La connaissance du flux de drainage, d'une part, et d'une concentration moyenne en nitrates dans le drainage, d'autre part, peut permettre d'obtenir des valeurs indicatives. Cette démarche est d'autant plus valable pour les cultures pérennes, pour lesquelles les concentrations et les flux sont relativement faibles et de ce fait les marges d'erreur apparaissent faibles. En revanche, pour les cultures annuelles (maïs biomasse, triticales, sorgho fibre, etc.), les concentrations et les flux peuvent être plus importants et leur évaluation se révéler davantage sensible aux hypothèses faites. Les valeurs à rechercher sont à considérer comme les plus vraisemblables possibles, dans l'attente que les expérimentations des programmes de recherche agronomiques produisent des informations plus fiables.

### 5.2.2. Méthodes envisagées

Trois méthodes ont été envisagées :

- Méthode rapide basée sur le drainage des cultures type
- Méthode de bilan azote des cultures type affinées, par simulation STICS
- Méthode de bilan azote des cultures type

Les deux premières ont été testées et partiellement mises en œuvre dans le cadre de l'étude.

#### 1. Méthode rapide basée sur le drainage des cultures type

Dans cette approche, on reprend les valeurs de drainage déjà calculées pour les cultures type (*bilans hydriques des cultures type*). Par différents moyens (bibliographie, dire d'experts) sont alors identifiés :

- des valeurs typiques de concentrations du drainage sous racinaire,
- des valeurs typiques de fuites d'azote.

Le croisement de ces valeurs permet de déterminer, pour les cultures, des valeurs type de fuites d'azote. La bibliographie ne permet pas de définir les fuites pour toutes les cultures, dans tous les types de rotation : ce sont des valeurs moyennes globales de fuite



qui sont recherchées. Cette méthode présente des avantages importants compte tenu du degré de finesse recherché et du nombre de situations à traiter :

- l'approche est en cohérence et homogénéité avec les évaluations en quantité,
- l'approche est homogène pour toutes les cultures,
- l'effet des hétérogénéités peut être traité globalement et approximativement, dans la mesure où il est possible de les traduire dans les valeurs moyennes des cultures,
- l'ensemble des cultures de l'étude peut être traité.

En revanche, ses inconvénients sont, du fait du caractère global de l'approche :

- une assez grande sensibilité des résultats à la détermination des valeurs de fuite d'azote : celles-ci doivent être consolidées avec le plus grand nombre de situations de référence possible,
- l'impossibilité d'explicitier, sauf évolution de la méthode, l'effet des variations interannuelles ou des hétérogénéités.

## 2. Méthode de bilan azote des cultures type affinées, par simulation STICS

Cette approche consiste à déterminer les fuites d'azote des cultures type en recourant à un outil de simulation de croissance végétale fin et complet. STICS, développé et utilisé par l'INRA, permet de produire par des simulations jour par jour, tenant compte des paramètres fins intervenant dans la croissance, les bilans hydriques et azote les plus détaillés possibles. Dans le cadre d'une expertise effectuée par l'INRA Toulouse (E. Justes, Ph. Debaeke), l'approche des cultures type a été adaptée avec l'appui des experts sollicités :

- détermination de sous-bassins hydrographiques nécessaires à la cohérence des simulations (7 sous-Bassins en Adour Garonne),
- caractérisation pédoclimatique de ces sous-bassins
- déclinaison des scénarios par sous-Bassin
- simulation des cultures type pour chaque sous-Bassin
- calcul du bilan azote de la conversion des cultures,

## 3. Méthode de bilan azote des cultures type

Cette approche, constituant une simplification de la précédente, a été envisagée faute de temps matériel pour réaliser toutes les simulations nécessaires à l'évaluation, par le moyen d'outils de calcul du bilan azote. Cette approche n'a pas été retenue pour des questions de temps, d'accès aux outils et d'expertise.

### 5.2.3. *Méthode retenue. Prise en compte du fonctionnement des cultures et des spécificités des bassins. Avantages et limites*

#### a) **Etude bibliographique. Fonctionnement des cultures. Influence de différents paramètres.**

- Relation entre l'apport d'azote et la fuite d'azote

Dans une étude comparative des approches de bilan à l'échelle de l'exploitation et des approches à l'échelle de la parcelle, Van Beek et al (2003) ont décrit une relation entre la fuite d'azote et le surplus d'azote apporté par rapport aux besoins. La relation n'étant pas linéaire, il apparaît que si l'excès d'azote est élevé, les bilans à l'échelle de l'exploitation s'écarteront de ceux obtenus à l'échelle de la parcelle, rendant compte des hétérogénéités entre les parcelles (sol, culture, conduite). En cherchant à extrapoler à

plus grande échelle, on peut retenir que l'utilisation de bilans azote de types entrées – sorties réclame des précautions et validations importantes.

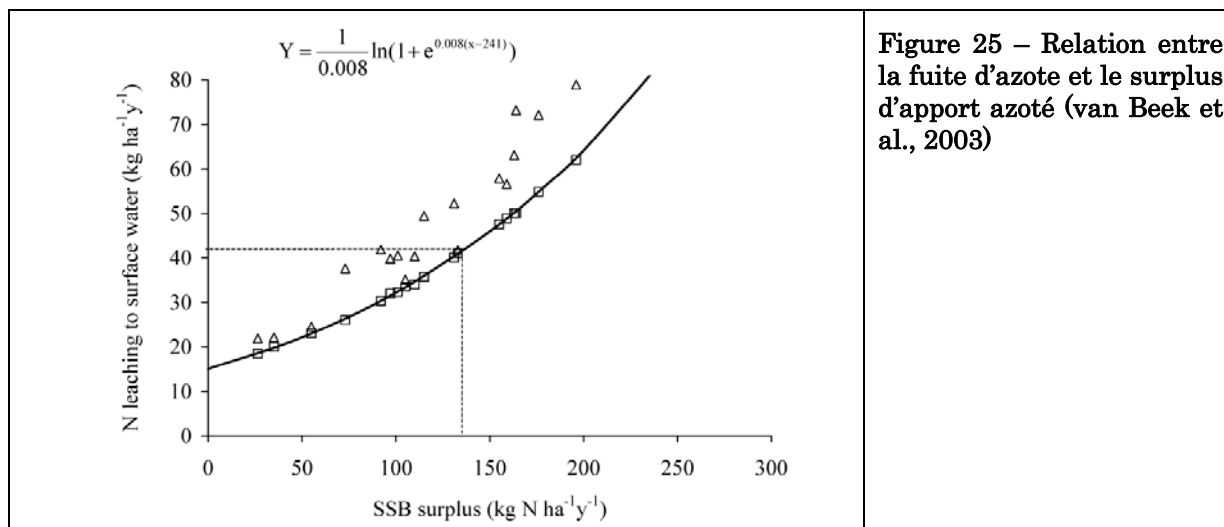


Figure 25 – Relation entre la fuite d'azote et le surplus d'apport azoté (van Beek et al., 2003)

- Influence de la nature du sol

Beaudoin et al. (2008) ont étudié, par des simulations de rotations culturales sous STICS dans le cadre d'un petit bassin versant, l'influence de la nature du sol sur la formation des fuites d'azote. Il apparaît que selon la nature du sol, les mêmes rotations peuvent conduire à des valeurs sensiblement différentes des fuites d'azote et les concentrations, allant de 13 kgN/ha (34 mgNO<sub>3</sub>/l), sur sol limoneux profond, à 50 kgN/ha (86 mgNO<sub>3</sub>/l) sur sol sablo-limoneux peu profond, la valeur moyenne pour les différents sols s'établissant à 20 kgN/ha (45 mgNO<sub>3</sub>/l). L'information apportée par la variabilité selon les différents types de sols est importante, mais elle ne remet pas en cause le principe du recours aux valeurs moyennes de fuites d'azote, pour autant que les valeurs utilisées peuvent être représentatives de la situation moyenne.

- Approche des flux sur les bassins versants par concentration moyenne

Cette approche, croisant flux de drainage et concentration moyenne du drainage, est assez fréquemment mise en œuvre, soit comme moyen d'évaluation (Eulerstein et al., 2008), soit comme moyen de contrôle de la cohérence des résultats (par exemple, Sebilo et al., 2000).

- Influence des CIPAN sur la concentration en azote sous-racinaire

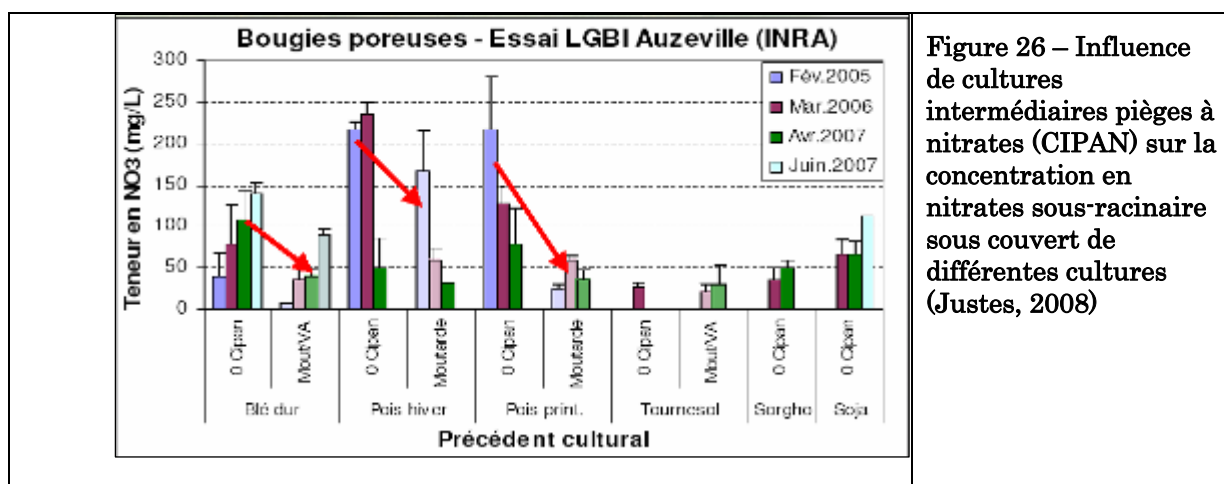


Figure 26 – Influence de cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN) sur la concentration en nitrates sous-racinaire sous couvert de différentes cultures (Justes, 2008)

La mise en place de cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN), au titre des mesures agro-environnementales, permet de réduire très significativement les fuites d'azote, et en particulier les concentrations en nitrates en sortie d'hiver, au moment où le lessivage est le plus important.

## b) Etude bibliographique. Valeurs indicatives ou typiques pour les fuites d'azote

Ont été spécifiquement recherchés :

- des travaux sur les fuites d'azote,
- dans des travaux portant sur d'autres aspects du bilan azote, ceux qui comportaient suffisamment d'informations éclairantes sur les fuites d'azote.

- Cultures annuelles en zone Sud pour les filières de première génération

### - Maïs

- Une culture de Maïs irrigué (280 mm) sur sol sableux peu profond, dans le Bassin de la Charente, a été étudiée par simulation STICS pour la période 1986 – 1996 (Ruelle et al., 2003). La fuite d'azote annuelle représente de 43 à 48 kgN/ha, la fuite sous culture (23 kgN/ha) dépassant légèrement, dans cette situation, la fuite en interculture (20 kgN/ha). Ces valeurs ainsi que les valeurs de drainage rapportées permettent d'estimer les concentrations moyennes en nitrates : sous culture (drainage : 115 mm), 88,6 mgNO<sub>3</sub>/l ; en interculture (drainage : 371 mm), 23,9 mgNO<sub>3</sub>/l ; en moyenne annuelle (drainage : 486 mm), 39,2 mgNO<sub>3</sub>/l. Les valeurs de drainage relativement élevées, par rapport aux cultures type de l'étude, conduisent à focaliser davantage l'attention sur les termes de fuite que sur les concentrations moyennes annuelles, qui apparaissent relativement faibles pour une culture de maïs
- Une culture de Maïs en zone montagneuse, avec éventuelle irrigation de complément, a été étudiée expérimentalement sur 3 ans (Liedgens et al., 2004), au moyen de lysimètres, sur la station d'Eschikon-Lindau (Suisse, alt. 540 m, précipitations moyennes 1040 mm). L'étude compare, par suivi du drainage et des fuites d'azote sous culture, une culture sur sol nu à une culture sur living mulch (couvert de ryegrass) : seule la première est considérée ici. Le climat est particulier, marqué par des fortes précipitations printanières, avant la saison de croissance du maïs.. Il est à noter que le living mulch apparaît très efficace pour réduire le drainage, et pour absorber les nitrates. Les fuites d'azote sont considérablement réduites. L'inconvénient de cette pratique est qu'elle puise trop d'azote par rapport aux besoins du maïs, qui se trouve en déficit d'azote (contenu N des grains, des tiges, etc.). Les rendements en MS sont également affectés). On s'intéresse ici au seul cas du maïs implanté sur sol nu (BS). La fuite sous culture représente l'équivalent de 10 à 25 kg/ha (15 à 25 mgNO<sub>3</sub>/l). En année sèche sans irrigation, compte tenu du faible pompage de la culture, les concentrations sont élevées : pointe à 70 mg/l, avec une moyenne à 40 mg/l (1996, année plus sèche).

### - Blé

En interculture après la récolte du blé, cultivé avec fertilisation adaptée après un précédent excessivement fertilisé : **80 mg/l** (avec 110 mg/l et 286 mm de drainage, fuite de **70 kgN/ha** environ). Ces valeurs, compte tenu du précédent, semblent trop élevées

pour être caractéristiques. Elles montrent bien l'influence du précédent et du reliquat d'azote.

#### - Colza suivant orge

En interculture après **colza**, précédent orge, fertilisation adaptée : **70 mg/l**.  
(fuite **20 kgN/ha** avec drainage 100 mm)

Arregui et Quemada (2006) ont étudié, à Pampelune (Navarre, Espagne), les fuites d'azote pour une rotation blé – orge – colza sous différentes stratégies de fertilisation. L'étude a procédé par mesure en continu (4 sondes de teneur en eau par tube, pour 4 profondeurs), bols de rétention du drainage avec tubes de prélèvement pour analyse par spectrophotométrie. Le sol est argilo limoneux sur 0-90 cm sol (L 460 A 410 S 130), la capacité au champ est de 350 mm (la réserve du sol ne descend pas en dessous de 150 mm sur la rotation) : il s'agit d'un sol présentant une réserve utile très importante, ne limitant pas la croissance. Le climat est peu éloigné de climats rencontrés sur le Bassin Adour Garonne.

Dans la rotation blé orge colza, le précédent du blé a reçu une fertilisation excessive, de sorte que le bilan azote du sol est très excédentaire avant semis du blé. Les fuites après blé ne sont pas comparables à celles des deux autres cultures. Par ailleurs, pour les deux autres cultures les précipitations sur la période de culture sont faibles.

**Tableau 48 – Etude expérimentale d'une rotation blé orge colza à Pampelune (Navarre, Esp.) (Arregui et Quemada, 2006)**

Saison	2002/03	2003/04	2004/05
ET culture mesurée (mm)	460 mm	397 mm	445 mm
Période drainage	3 dec – 1 <sup>er</sup> avril	10 nov, 22 avril	4 dec – 25 avril
Précipitations période mm	492	347	444
Drainage cumulé période (mm)	286	144	100
Concentration moyenne approximative période (mg/l)	110 (80 à 120) sol initial très fertilisé	20	70
Culture	Blé	Orge	Colza
Précédent	Inconnu, fertilisation excessive	Blé	Orge
Rendement (t/ha)	6	6	3,5
Apport N (kgN/ha)	120	110	135

#### - Tournesol

L'étude de Rahil et Antonopoulos (2007) concerne une situation assez particulière : il s'agit d'une culture de tournesol, en climat méditerranéen, avec irrigation localisée par eau usée traitée. Les apports d'azote par effluent traité sont faibles devant la fertilisation classique et la minéralisation. Lieu : Thessalonique. Application fertilisant : 80 kgN/ha ; Eau usée traitée : 9 kgN/ha , Minéralisation : 226 kg/ha. Précipitations : 480 mm/an ; 115 mm pendant saison tournesol ; Irrigation (goutte à goutte) : 80 mm en juin ; 160 mm en juillet ; 240 mm au total.

La concentration nitrates à 105 cm de sol représente environ :

- 16 mgN/l sous culture (70 mgNO<sub>3</sub>/l)
- 6 mgN/l en interculture (26 mgNO<sub>3</sub>/l)

- Cultures annuelles en zone Nord, pour les filières de première génération

Sur le Bassin Seine Normandie, les études du PIREN sur différents Bassins versants fournissent des données caractéristiques utiles. Par exemple, l'étude de Sebilo et al. (2000) fournit des valeurs typiques pour la plupart des grandes cultures (figure 20). Le travail de Gomez et al. (2002) fournit des valeurs de concentration sous-racinaire moyenne sur le Bassin de la Marne (figure 21).

- **Blé :**

L'étude de Oorts et al (2007) Résultats, en labour conventionnel, sans catch crop, pour l'interculture hivernale :

- Blé de maïs : 15 kgN/ha ; 42 mg NO<sub>3</sub> /l
- Blé de pois : 45 kg N/ha ; 138 mg NO<sub>3</sub>/l
- A noter que le pois, classiquement, présente des fuites élevées : 62 kg/ha ; 142 mg NO<sub>3</sub>/l (avec un drainage un peu supérieur à la moyenne cette année là)
- Moyenne proposée pour le blé : si on prend comme précédent une céréale dans 70% des cas, et une légumineuse pour 30% des cas (pas encore vérifié) ; on prendra comme concentration moyenne :  $0,3 \cdot 138 + 0,7 \cdot 42 = 58$  mg/l

- **Colza**

L'étude de Justes et al. (1999) compare notamment l'effet de différentes stratégies de gestion de l'interculture sur les fuites d'azote en interculture après récolte du colza. Lieu : Champagne. En moyenne, ET 634 mm, précipitations 618 mm. Sol calcaire, 120 mm sur roche calcaire. Sol très profond : entre oct et juillet, 375 à 430 mm d'eau dans le sol entre 0 et 120 cm de sol. Etude des fuites d'azote pour différents couverts en interculture : sol nu, radis, volontaires de colza. Calcul du bilan azote et des fuites par le modèle LIXIM. Après récolte du colza, de juillet à avril, les gestions comparées sont : (i) sol nu avec résidus, après colza fertilisé à 270 kgN/ha : 30 mg/l, drainage 116 mm, fuite 8 kgN/ha ; (ii) volontaires colza après colza fertilisé 270 kgN/ha : 29 mg/l, drainage 60 mm, fuite 4 kgN/ha. La concentration est inchangée, dans ce cas c'est l'accroissement d'ET par l'interculture qui limite le drainage et les fuites. Le drainage commence début décembre pour les sols nus, et début janvier pour les CIPAN volontaires colza, (iii) sol nu sans incorporation des résidus. On obtient une concentration élevée (91 mg/l). Cette valeur est en partie due au fait que le précédent de l'expérience est un sol nu de 10 mois, et non une culture qui aurait épuisé le profil d'azote résiduel. La situation « normalisée », simulée avec LIXIM, donne 34 mg/l, drainage 103 mm, fuite 8 kgN/ha. Les valeurs à retenir pour l'étude, tenant compte des valeurs de la figure 20, sont intermédiaires entre une gestion optimale et un excès d'azote

- **Betterave**

Les valeurs rapportées dans la bibliographie sont étendues : Muller (1995, cité par Justes et al. 1999) indique une fuite de 55 kgN/ha dans une rotation blé betterave, avec une concentration moyenne à 185 mgNO<sub>3</sub>/l. Cependant, en conduite optimale les valeurs atteignables par la simulation STICS peuvent être plus faibles : environ 18 à 23 kgN/ha (29 à 36 mgNO<sub>3</sub>/l) selon fertilisation (128, 185, 238 kgN/ha).

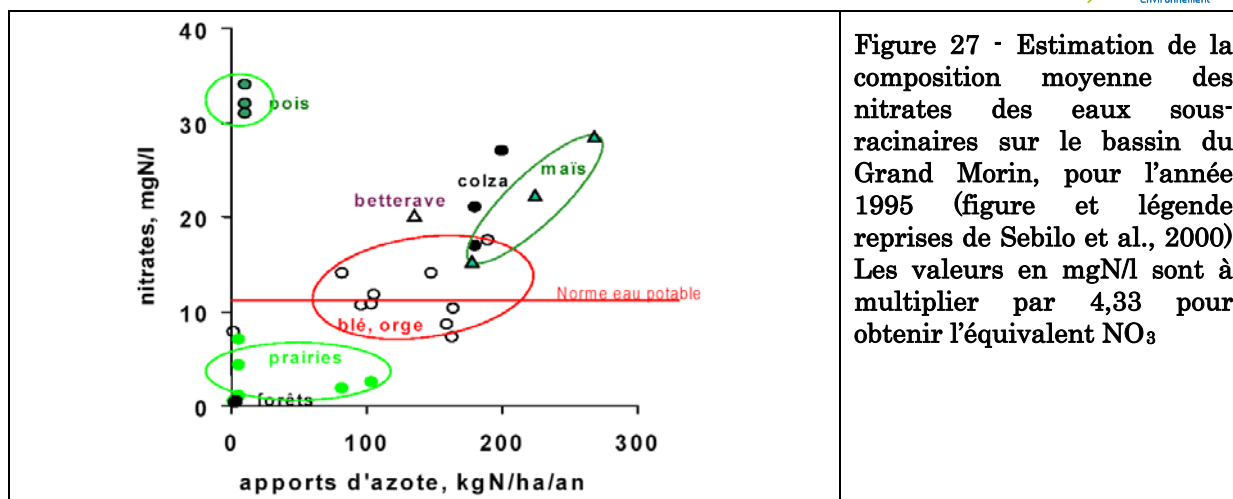


Figure 27 - Estimation de la composition moyenne des nitrates des eaux sous-racinaires sur le bassin du Grand Morin, pour l'année 1995 (figure et légende reprises de Sebilo et al., 2000) Les valeurs en mgN/l sont à multiplier par 4,33 pour obtenir l'équivalent  $\text{NO}_3$

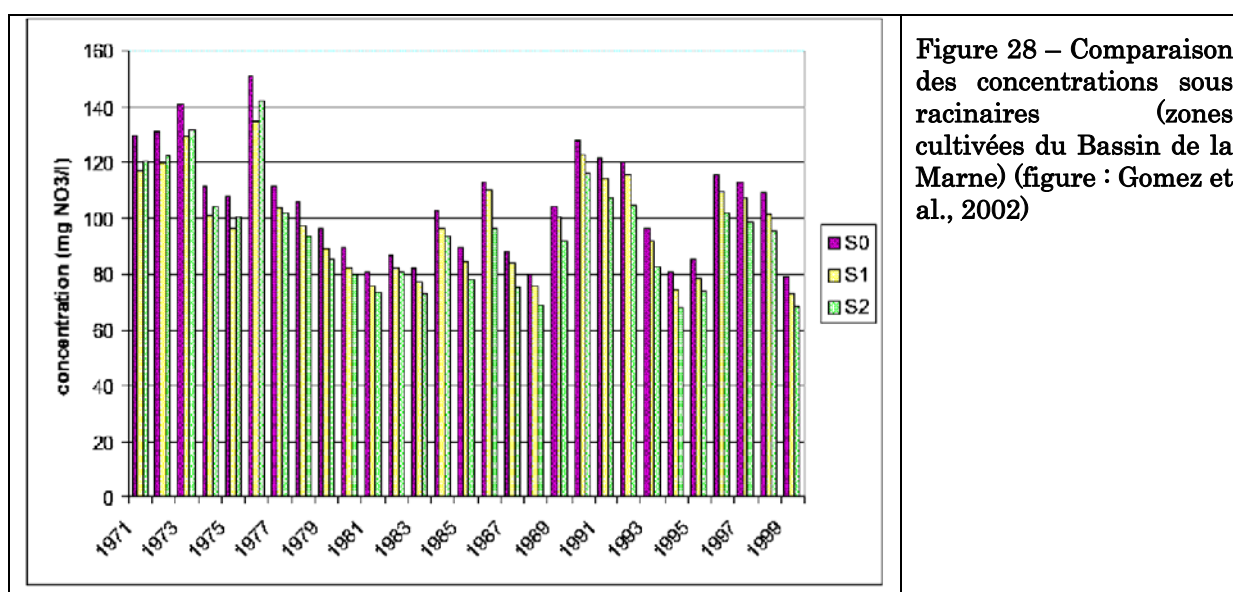


Figure 28 – Comparaison des concentrations sous racinaires (zones cultivées du Bassin de la Marne) (figure : Gomez et al., 2002)

- Cultures lignocellulosiques

Globalement, les cultures dédiées aux filières biocarburants de seconde génération, lorsqu'il s'agit de pérennes, conduisent à de relativement faibles fuites d'azote, et surtout à de faibles concentrations dans la lame drainante, en comparaison des cultures annuelles. De ce fait, il n'apparaît pas utile de distinguer, pour les concentrations en azote, les cultures Nord des cultures Sud. La distinction devrait davantage provenir de la valeur du drainage, donnée par le bilan hydrique, traité par ailleurs et repris pour les évaluations azote.

- **Miscanthus, switchgrass**

- Types de données fournies

[ $\text{NO}_3^-$ ] sous une culture de miscanthus sur 6 ans selon différents degrés de fertilisation (0, 75, 150 unités d'N)



	<b>Scénario 2</b>	<b>Scénario 3</b>
Apports d'azote des scénarios	Années 1 et 2 = 0 u Années 3 à 15 = 120 u	Années 1 à 15 = 0 u
[NO <sub>3</sub> -] observées	Années 1 et 2 = 1 à 2 mg/l Années 3 à 15 = 5 mg/l	Années 1 à 15 = 1 à 2 mg/l
[NO <sub>3</sub> -] annuelle retenue	= $[(1,2 \times 2) + (5 \times 13)] / 15$ = <b>4,53 mg/l</b>	= <b>1,5 mg/l</b>

Jorgensen, 2001

Christian et Riche, 1998

- **Luzerne**

Quantité d'azote dans l'eau de drainage sous 3 ans de culture de luzerne selon différentes natures de fertilisants (sans fertilisation, avec lisier, avec compost, avec fertilisation minérale).

▪ Résultats pour l'étude

	<b>Scénarios 1B, 2 et 3</b>
Apports d'azote des scénarios	= 0 u
[NO <sub>3</sub> -] observées	Année 1 = 13,8 mg/l et 13,5 mg/l Année 2 = 6 mg/l et 13,2 mg/l Année 3 = 6,3 mg/l et 10,4 mg/l
[NO <sub>3</sub> -] annuelle retenue	= <b>10,5 mg/l</b>

Stout et al. (2000).

Salameh Al-Jamal et al. (1997)

Bruno Basso et al. (2005) 6-year maize–alfalfa rotation in Michigan

- **Fétuque Trefle en association**

Stout et al. (2000).

[NO<sub>3</sub>-] sous diverses espèces prairiales (Dactyle, Raygras) seule avec fertilisation, ou en association avec une légumineuse (luzerne ou Trèfle blanc).

▪ Résultats pour l'étude : Fétuque + trèfle assimilé a Dactyle + trèfle

	<b>Scénarios 3</b>
Apports d'azote des scénarios	= 0 u
[NO <sub>3</sub> -] observées sans pâturage	Année 1 = 2,5 mg/l Année 2 = 9,24 mg/l
[NO <sub>3</sub> -] annuelle retenue	= <b>5,87 mg/l</b>

- **TCR Peuplier**

Kye-Han Lee, Shibu Jose, (2005) Nitrate leaching in cottonwood and loblolly pine biomass plantations along a nitrogen fertilization gradient

[NO<sub>3</sub>-] sous une culture de TCR de peuplier de 7 ans, mesurée à 120 cm selon différents degrés de fertilisation (0, 56, 112, 224 kg/ha)/ Mesure à 7 ans après 7 ans de croissance avec fertilisation et irrigation annuelle.



▪ Résultats pour l'étude

	<b>Scénario 2</b>	<b>Scénario 3</b>
Apports d'azote des scénarios	= 50 kg/ha/an	= 0 u
[NO3-] observées	Année 7 = 7.4 mg/l (2.7)	Année 7 = 0.5 mg/l (0.41)
[NO3-] annuelle retenue	= <b>7,4 mg/l</b>	= <b>0,5 mg/l</b>

**c) Prise en compte du contexte des Bassins pour la détermination des indicateurs de fuites d'azote des cultures type**

Rappelant que l'établissement du bilan azote est notamment dépendant de:

- la détermination du reliquat d'azote dans le sol dû au précédent cultural,
- la sensibilité, plus forte que celle rencontrée pour le bilan hydrique, aux hétérogénéités (e.g. composition et profondeur du sol) et aux variabilités (e.g. variabilité interannuelle d'origine climatique),

il est apparu pertinent d'analyser qualitativement ces spécificités aux échelles des bassins d'étude afin d'apporter des éléments d'arbitrage supplémentaire sur le choix des valeurs de fuite à retenir pour chacune des cultures.

▪ **Définition de rotations types pour chacun des deux bassins**

Le reliquat d'azote laissé par le précédent cultural détermine l'initialisation du bilan azote de la culture considérée. Ce reliquat peut en effet fortement varier, selon que la culture est réalisée en succession, en monoculture, avec culture intermédiaire etc. En pratique chacune des cultures considérées dans l'étude peuvent être intégrées dans un très grand nombre de rotations différentes. Celles ci sont le plus souvent conditionnées par des éléments de contextes territoriaux comme les conditions pédoclimatiques, mais aussi la présence de sites de valorisation industriels par exemple, ou la proximité d'un port visant les marchés internationaux par exemples. Les deux bassins d'étude sont une bonne représentation de cette hétérogénéité, justifiant ainsi la détermination de rotations types représentatives des pratiques de chacun.

La définition des rotations est envisagée de deux façons, chacune relevant d'un contexte de scénario :

1. pour les scénarios « proches du tendanciel », reposant sur des descriptions conservatoires des systèmes de production agricoles (scénarios 1A, 1B et 2), on s'appuie sur des pratiques actuelles. En particulier, une proportion de monoculture peut être ainsi prise en compte conformément aux pratiques actuelles.
- Sur le bassin Seine-Normandie la détermination des rotations types est initiée par un travail de typologie des PRA<sup>17</sup> du bassin de la Seine, réalisé par le PIREN Seine, en fonction des principaux triplets de cultures observés entre 1992 et 2003. Le choix des rotations types du bassin intègre alors les rotations triennales intégrant les cultures type de l'étude et identifiées comme les plus représentatives (démarche et choix détaillés en Annexe 9). Le bassin de Seine ne comprenant pas le secteur "Bocages-Normands" les rotations les plus représentatives ont été renseignées à dire d'expert auprès d'un agent de secteur de l'Agence de l'eau. En définitive 7 rotations types ont été retenues pour ce bassin (en comparaison aux 20 triplets observés dans la typologie du PIREN).
  - Sur le bassin Adour-Garonne il apparaît, en particulier pour les régions Aquitaine et Midi-Pyrénées, que le choix des pratiques culturales, et donc des rotations culturales,

<sup>17</sup> PRA: Petites Régions Agricoles

est fortement dépendant de la disponibilité en eau de la zone et de la capacité d'irrigation des exploitants. La répartition des niveaux de prélèvements pour l'irrigation permet alors d'identifier les zones de succession culturale irriguées et celles de cultures en sec. A noter cependant que certaines zones à forts prélèvements ne concernent pas systématiquement les cultures type dédiées aux biocarburants de l'étude (démarche et choix détaillés en Annexe 9). Ce travail a fait l'objet d'échanges avec différents spécialistes, en Chambres d'agriculture et à l'INRA. Quatre rotations types ont alors été retenues pour ce bassin.

2. pour un scénario dit améliorant (scénario 3), on s'appuie sur la construction de rotations « proches de l'idéal » - la construction des rotations a davantage d'importance dans une perspective de long terme, avec des marges d'évolution sur les pratiques. Des rotations équilibrées, avec cultures intermédiaires entre autre, devant permettre d'améliorer le bilan azote, peuvent être prises en compte dans la détermination des valeurs de fuite à retenir.

▪ **Démarche de zonage agropédoclimatique de bassin**

Dans l'approche qui consiste à déterminer des sous-zones du Bassin, ont été déterminées des zones relativement homogènes en termes de sols, climat, cultures et pratiques (6 zones en Adour Garonne). Ces zones, qui ont fait l'objet d'une collecte de données statistiques détaillées et d'une déclinaison de chaque scénario, n'ont pas été pleinement exploitées pour des questions de temps. Leur étude qualitative a toutefois permis de mieux définir les cultures type et l'affinage des valeurs moyennes retenues, qui sont d'autant plus représentatives que la connaissance qualitative des zones est enrichie. Cela porte en particulier sur :

- les données climatiques utilisées,
- la notion et la valeur de réserve utile,
- les principales rotations,
- le système d'apport d'eau.

### 5.3. Comparaison des scénarios par indicateur

#### 5.3.1. Fuite d'azote

L'indicateur de fuite d'azote globale renseigne sur le flux total d'azote quittant les sols agricoles en direction des ressources en eau (nappes phréatiques, ressources de surface). Il s'agit d'un indicateur quantitatif permettant des comparaisons globales de pression azote.

En considérant les fuites d'azote au niveau des surfaces « de référence » en cultures intervenant dans les scénarios, on note plusieurs aspects remarquables :

- les scénarios S1A et S1B, tant pour Adour Garonne que pour Seine Normandie, engendrent un accroissement des fuites d'azote voisin de 10 000 tN/an (à l'exception de AG-S1B pour lequel l'accroissement est moindre). Cela s'explique principalement par la mise en cultures agricoles conventionnelles (colza, blé, betterave en SN, colza, maïs en AG) de sols initialement en couvert à « faibles fuites » : prairies, jachère.
- A l'inverse, les scénarios S2 et S3, pour les deux bassins, présentent une réduction des fuites d'azote d'une ampleur comparable à l'accroissement observé dans les scénarios 1A et 1B. Cela s'explique par la présence importante de cultures 2030 à moindres fuites d'azote (pérennes, cultures améliorantes),

implantées sur des sols soit en prairies ou jachères, soit en grandes cultures. On note la différence entre les scénarios AG et SN :

- En AG, le scénario 3 donne une fuite plus faible que le S2, en partant de fuites initiales très voisines,
- En SN, le scénario 3 améliore une situation 2006 qui présente initialement relativement moins de fuites que le S2, du fait de la présence importante de prairies dans les assolements 2006.

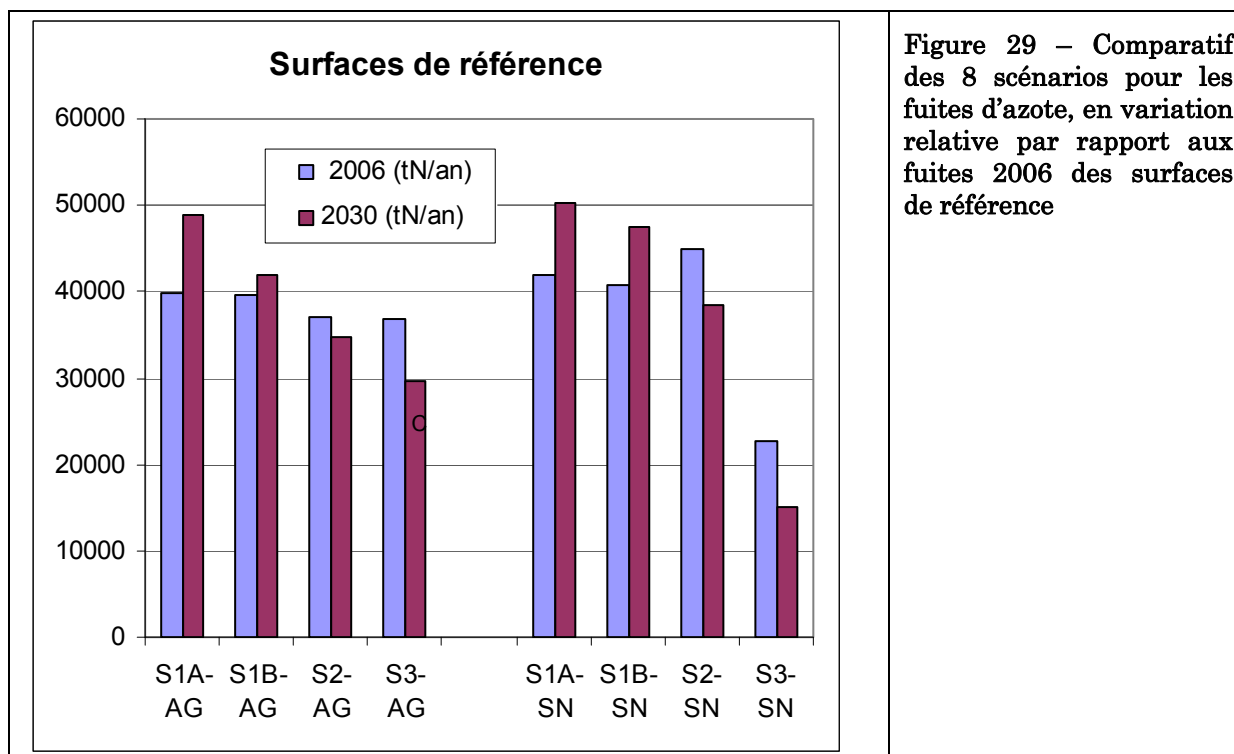


Figure 29 – Comparatif des 8 scénarios pour les fuites d’azote, en variation relative par rapport aux fuites 2006 des surfaces de référence

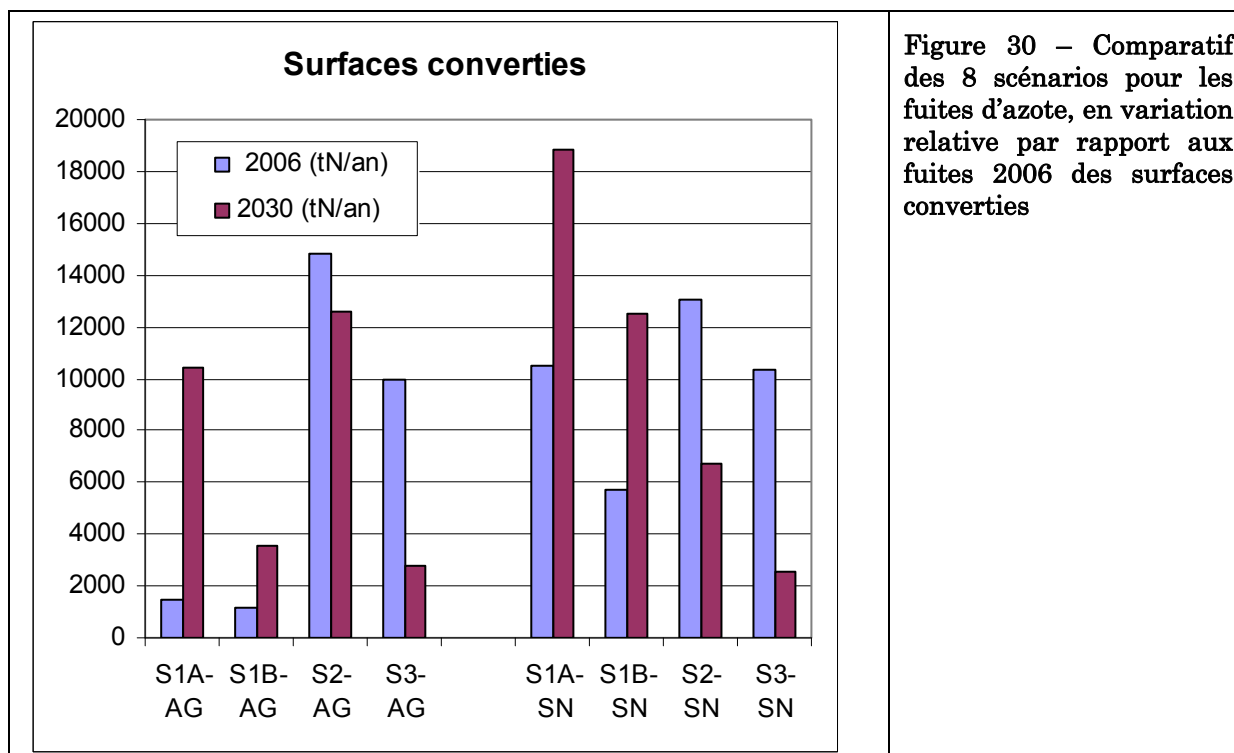


Figure 30 – Comparatif des 8 scénarios pour les fuites d’azote, en variation relative par rapport aux fuites 2006 des surfaces converties

Au niveau des surfaces « converties », l'influence des conversions de sols entre 2006 et 2030 est, naturellement, plus marquée que pour les surfaces « de référence » :

- les scénarios 1A et 1B présentent un très fort accroissement des fuites, d'autant plus que les surfaces 2006 comptent des jachères et prairies de façon significative. Cet accroissement est le plus marqué en AG. Le scénario 1B joue bien par rapport au 1A le rôle améliorant qu'il doit avoir par définition ; toutefois cette amélioration est relative, car il s'agit d'une moindre augmentation, mais non d'une réduction du flux global existant.
- les scénarios 2 et 3 en AG apparaissent, quant à eux, améliorants dans l'absolu : ils conduisent tous deux à réduire les fuites observées sur les assolements 2006. Le scénario 3 conduit à des réductions plus spectaculaires que le scénario 2, ce qui s'explique bien par les choix de cultures dans ce scénario : cultures pérennes, cultures améliorantes et/ou en conduite « protection des ressources » (ex : cultures énergétiques avec récolte en février pour moins de fertilisation, etc.).
- Sur le bassin Seine-Normandie, en considérant aussi bien les surfaces converties que l'ensemble des "surfaces de référence", le scénario 2 affiche une amélioration encore plus nette que le scénario 2 du bassin Adour-Garonne car ce dernier comporte une part plus importante de C4 annuelles sujettes aux fuites (maïs, sorgho fibre). Le scénario 3 SN évite en 2030 des niveaux de fuite similaires au bassin AG, la progression vis-à-vis du scénario 2 apparaît ainsi moins spectaculaire en Seine-Normandie à partir d'un scénario 2 déjà performant.

Tableau 49 – Synthèse des valeurs de fuites d'azote pour les 8 scénarios

	Fuite d'azote sous racinaire	surfaces de référence		surfaces converties		Total 2030-2006 (tN/an)	Total 2030 - 2006 (Var.relative /référence) (%)	Total 2030 - 2006 (Var. relative /converti) (%)
		2006 (tN/an)	2030 (tN/an)	2006 (tN/an)	2030 (tN/an)			
AG	S1A-AG	39895	48840	1462	10407	8944	22%	612%
	S1B-AG	39647	42039	1159	3550	2392	6%	206%
	S2-AG	37026	34806	14789	12569	-2220	-6%	-15%
	S3-AG	36822	29625	9955	2758	-7197	-20%	-72%
SN	S1A-SN	41889	50218	10508	18837	8329	20%	79%
	S1B-SN	40706	47468	5724	12486	6762	17%	118%
	S2-SN	44839	38548	13042	6751	-6291	-14%	-48%
	S3-SN	22770	15043	10312	2585	-7727	-34%	-75%

### 5.3.2. Concentration en nitrates sous racinaire

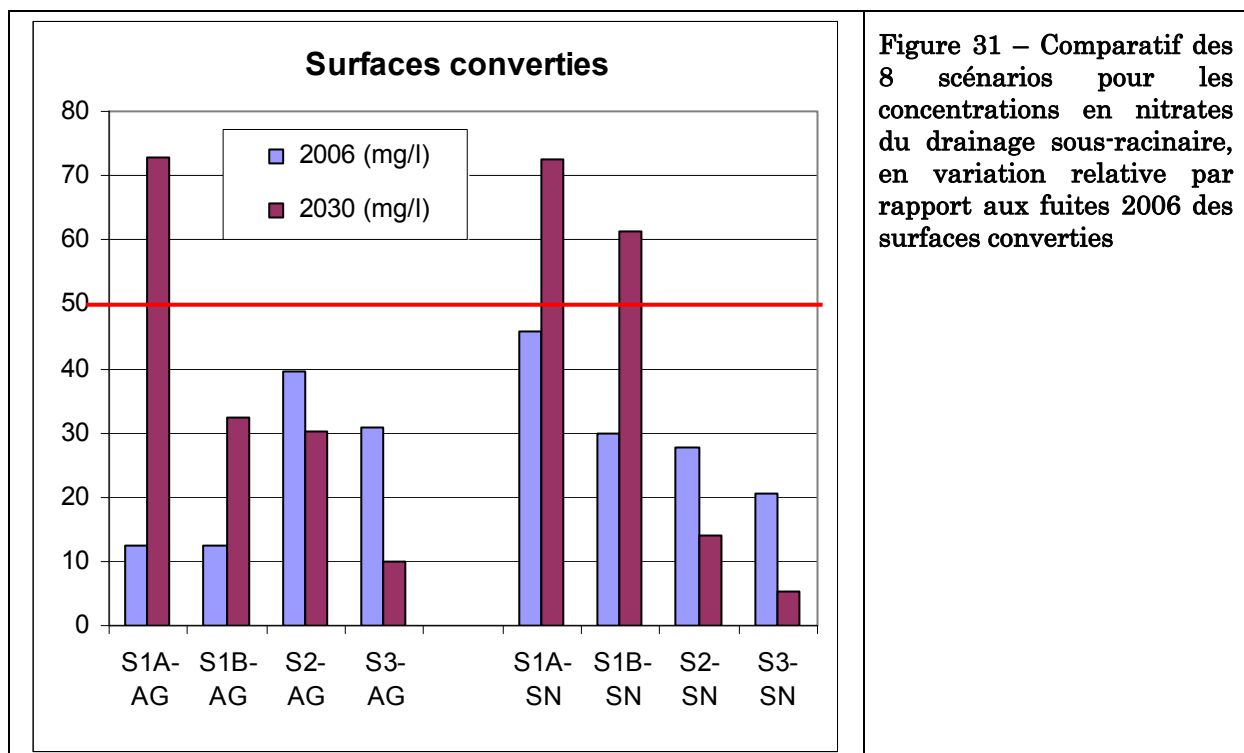
L'indicateur de concentration moyenne en nitrates dans le flux de drainage sous racinaire apporte une information complémentaire à l'évaluation du flux d'azote : il permet de situer les tendances associées aux scénarios par rapport à la qualité des ressources, en termes de seuils de potabilité « nitrates ». Le seuil de potabilité étant fixé à 50 g/l sous forme nitrate (NO<sub>3</sub>-), une évolution qui conduirait à des valeurs très inférieures à ce seuil pourrait être jugée satisfaisante, une évolution qui conduirait à des valeurs avoisinant ou dépassant ce seuil doit être étudiée précisément.

La concentration en nitrates dans le drainage sous racinaire ne donne cependant pas la valeur de la concentration à attendre dans les eaux souterraines en relation avec le flux drainant. En effet, les autres types d'occupation des sols (forêts, friches, etc.) présentent généralement de faibles voire très faibles flux d'azote. Au premier ordre, on peut considérer que les valeurs de concentration en nitrates à attendre dans les ressources en eau proviendront de la moyenne pondérée par les flux des contributions de chaque mode d'occupation des sols.

Ainsi, la ressource alimentée par un bassin versant (superficielle ou souterraine) recevant le drainage de sols très majoritairement agricoles, pourra à terme présenter des teneurs en nitrates proches de celles du flux de drainage. A l'inverse, un bassin versant dont les sols sont occupés en cultures, en forêts, en friches, etc. présentera un effet de dilution du drainage agricole. Le massif des Landes d'Aquitaine est un bon exemple : 85% de la surface est en forêt, et 12% en grandes cultures. Les teneurs en nitrates observées dans les qualitomètres et dans les analyses d'eau de consommation sont relativement faibles et bénéficient de cet effet de dilution.

En examinant en premier lieu les concentrations obtenues pour les surfaces converties (figure 24), on peut remarquer :

- les fortes concentrations sous racinaires obtenues pour les scénarios 1A-AG, 1A-SN, et 1B-SN,
- les forts accroissements entre 2006 et 2030 obtenus pour les scénarios 1A et 1B, AG et SN
- les réductions significatives associées aux scénarios 2 et 3,
- le caractère nettement améliorant du scénario 3 AG,
- la relative proximité de résultats pour le scénario 2 et le scénario 3 en Seine Normandie : les différences entre les cultures 2030 apparaissent assez faibles. Cette observation est à mettre en balance avec celle des surfaces de référence.



les scénarios. Dans la plupart des cas, cette valeur est proche, à 10% près, des surfaces convertibles. Elle rend compte des ajustements sur les surfaces réellement mobilisées dans les scénarios.

Dans l'idéal, il faudrait également se référer aux valeurs pour l'ensemble du Bassin. Obtenir les valeurs pour l'ensemble des termes est difficile (notamment pour le drainage, etc.), demanderait de traiter un grand nombre de cultures, et s'avèrerait trop coûteux en temps par rapport à l'enjeu. On pourra se référer à des données bibliographiques pour une partie des critères (évaporation totale, prélèvements, etc.). Le Tableau 44 indique les ordres de grandeur des principaux termes du bilan. Il rappelle les surfaces totales (superficie du bassin, SAU totale) concernées et présente une estimation en ordre de grandeur des principaux termes du bilan hydrique sur la base des valeurs fournies par une culture type de prairie. On se référera également aux surfaces totales des bassins pour situer les sous catégories de surface.

**Tableau 44 - Indications en ordres de grandeur des principaux termes du bilan hydrique des sols, pour la surface totale, et pour la SAU des Bassins AG et SN. Les valeurs sont purement indicatives, basées sur les valeurs d'une prairie non irriguée sur sol moyen/peu profond**

	surface totale Bassin			SAU Bassin		
	référence	AG	SN	référence	AG	SN
surface Bassin (Mha)		<b>11,60</b>	<b>9,70</b>		<b>4,96</b>	<b>5,92</b>
évapo annuelle totale (Mm3)	<i>prairie sec</i>	60000	50000	<i>prairie sec</i>	30000	30000
bilan hydrique étiage (Mm3)	<i>prairie sec</i>	-4500	-100	<i>prairie sec</i>	-2000	-50
drainage annuel (Mm3)	<i>prairie sec</i>	15000	15000	<i>prairie sec</i>	6000	10000
prélèvement annuel (Mm3)				<i>données Agences</i>	1000	160 (80 à 200)
prélèvement étiage (Mm3)				<i>données Agences</i>	800	120 (hyp.75%)

## 4.5. Comparaison des scénarios sur les grands bassins

### 4.5.1. Comparaison par indicateurs

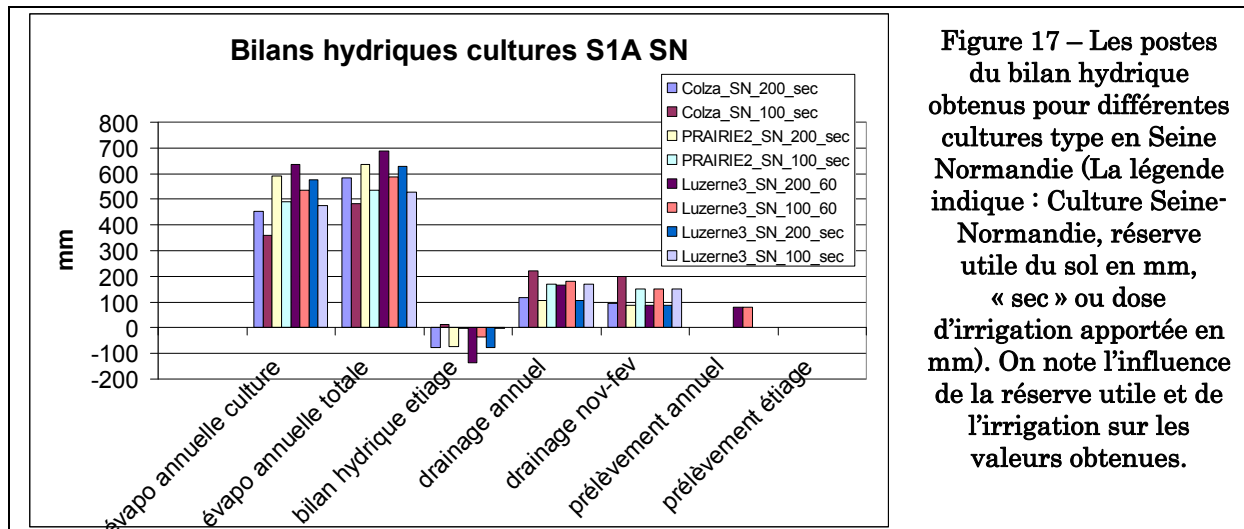
Les 8 scénarios de l'étude sont comparés entre eux, pour chacun des termes.

#### a) Evaporation de la culture

Ce terme n'est pas le plus opérationnel de ceux utilisés pour l'évaluation, les flux naturels étant de grande ampleur sur les Bassins. Il permet toutefois de signaler si l'emprise d'un scénario est significative ou non sur les grands flux naturels. Les deux scénarios qui modifient le plus ce terme sont les scénarios S2 AG (+ 1000 Mm<sup>3</sup>/an entre 2006 et 2003) et S2 SN (+ 800 Mm<sup>3</sup>/an). En ordre de grandeur, l'évaporation totale des Bassins peut s'accroître de près de 2%. L'influence, en termes d'impacts, d'une telle variation de pression, n'est pas discutée ici. On note cependant que 2% de modification d'un flux naturel à l'échelle de territoires équivalents à un sixième du territoire national représentent une variation non négligeable, sans qu'il soit possible de dire ici si elle est significative en termes d'impacts sur les ressources. Les autres indicateurs (prélèvements, drainage, ...) sont plus explicites.

#### b) Déficit hydrique d'étiage

La Figure 19 compare les pressions pour les 8 scénarios en termes de déficit hydrique d'étiage. Sur Adour Garonne comme sur Seine Normandie, le scénario S1A et le scénario S2 conduisent à augmenter de façon notable le déficit d'étiage, l'accroissement égalant ou dépassant la valeur 2006 du déficit pour les surfaces converties. Mobilisant des surfaces



#### 4.3.2. Profils de bilans hydriques moyens

Les profils de bilans hydriques ont été établis pour chacune des cultures des scénarios. Les productions de biomasse estimées servent au contrôle de la cohérence des résultats.

Il est à rappeler que pour les cultures énergétiques, les coefficients culturaux servant à l'évaluation des besoins en eau sont pris, lorsqu'ils ne sont pas documentés, par analogie avec d'autres cultures existantes et par les informations disponibles sur la culture (dates de la croissance végétale, productivités atteintes, etc.). Dans le cadre de programmes nationaux de recherche (expérimentations REGIX), des travaux sont en cours sur la détermination des coefficients  $k_c$  des cultures énergétiques. Les résultats ne sont pas disponibles au moment de la sortie du présent rapport.

La Figure 18 présente un exemple du profil de bilan hydrique. On y note :

- la teneur en eau du sol, au début et à la fin de la décade (courbes en bleu foncé et en bleu clair). L'échelle est normalisée entre 0 et 100%.
- l'évapotranspiration (courbe en fuschia)
- le bilan hydrique du sol (courbe en ocre jaune), qui devient négatif (déficit hydrique) dès que l'évapotranspiration dépasse les précipitations
- les valeurs d'infiltration du drainage par décade, lorsque le sol saturé reçoit des apports météoriques supérieurs à l'évapotranspiration (barres fuschia)
- les repères indiquant la réserve de survie (rouge pointillé)
- le repère indiquant la période d'étiage retenue pour l'étude (bleu pointillé).



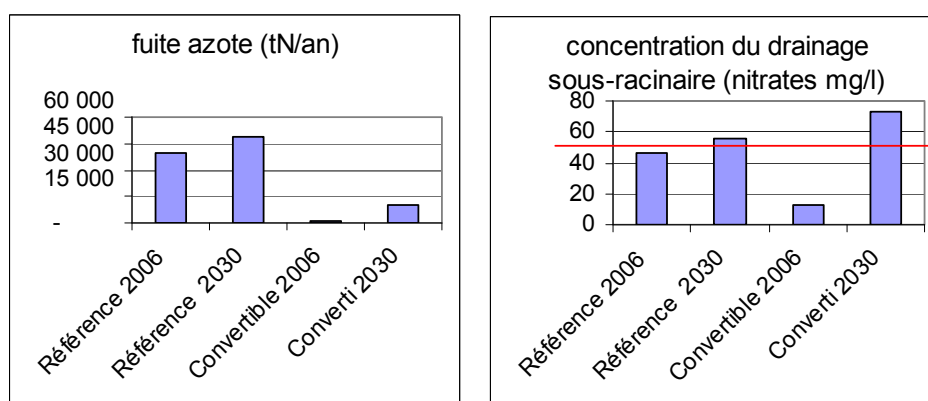
La concentration en nitrates dans le drainage sous racinaire :

- augmente de 9 mg/l, et conduit la concentration moyenne des sols « existants » à atteindre le seuil de potabilité,
- augmente de 60 mg/l, et conduit la concentration moyenne des sols « convertis » à dépasser nettement le seuil de potabilité.

Etant entendu que ces valeurs, après dilution par les lames drainantes d'autres surfaces sur les Bassins, ne seront pas celles observées en réalité dans le milieu, on retient :

- dépassement de la valeur de référence,
- contradiction forte avec les objectifs DCE.

Au niveau des conversions de sols, les contributions les plus significatives à l'accroissement sont la mise en culture annuelles conventionnelles des jachères et des prairies.



AG 1A	Référence 2006	Référence 2030	Convertible 2006	Converti 2030
concentration nitrates sous racinaire (mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l)	46,7	55,5	12,5	72,9
fuite azote (tN/an)	39 895	48 840	1 462	10 407
drainage annuel (Mm <sup>3</sup> )	3 781	3 897	516	633
Surafce (1000 ha)	2 945	2 945	442	442

fuite azote (tN/an)	2006						AG 1A
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	maïs	prairie	Total
Référence 2006	76	788	4820	5826	28138	248	39895
Converti 2006	56	529	351,2	486	15	25	1462
colza-tournesol 2030	768	0	-28,4	-26		446	1159
blé 2030	1187					689	1876
maïs 2030	3381			543	0	1957	5881
(2030-2006)	<b>5336</b>	<b>0</b>		<b>517</b>	<b>0</b>	<b>3092</b>	<b>8944</b>

Bilan surfaces 1000 ha	2006						AG 1A
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	maïs	prairie	Total
Référence 2006	278	79	314	466	609	1199	2945
Converties 2006	207	53	22,9	39	0	120	442
	75%	67%	7%	8%	0,05%	10%	
colza-tournesol 2030	56	53	22,9	10		32	174
blé 2030	66			12		38	116
maïs 2030	86			16	0,324	50	152
Converties 2030	<b>207</b>	<b>53</b>	<b>23</b>	<b>39</b>	<b>0,3</b>	<b>120</b>	<b>442</b>

\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

### f) Scénario 1B Adour Garonne

Le scénario 1B conduit à un accroissement plus modéré des fuites d'azote, en termes de flux d'azote : environ +2 400 tN/an, à comparer au flux des surfaces de référence (39 647 tN/an, + 6%) et à celui des surfaces converties (1842 tN/an, multiplication par 1,33). Le scénario 1B convertit en cultures une partie significative de sols à faibles fuite, en l'occurrence les jachères, mais préserve les prairies du fait de la contribution du biogaz à la production du scénario. Il en résulte un différentiel de flux plus faible qu'en scénario 1A, d'autant que les surfaces mobilisées dans le 1B-AG sont plus faibles (300 kha au lieu de 440 kha en 1A-AG).

La concentration en nitrates dans le drainage sous racinaire :

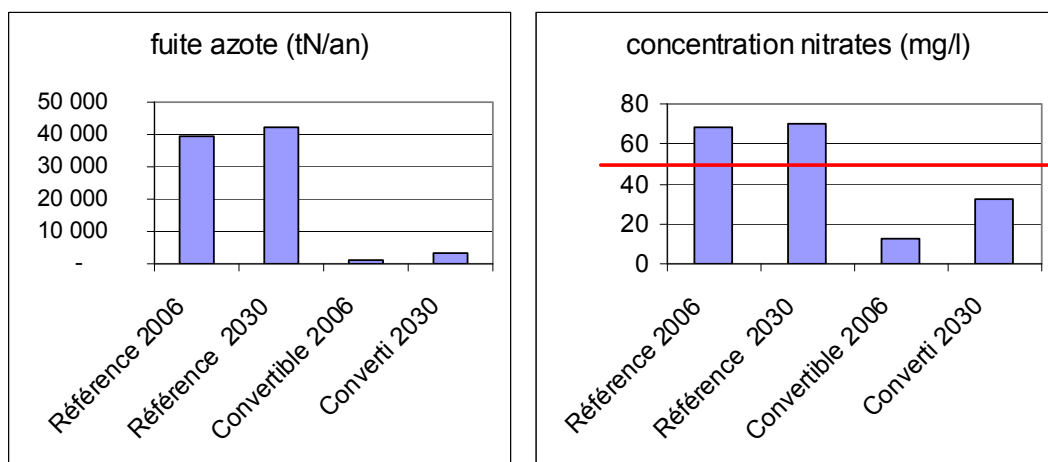
- augmente de moins de 2 mg/l, et maintient la concentration moyenne des sols « existants » au-delà du seuil de potabilité,
- augmente de 18,8 mg/l, sans conduire la concentration moyenne des sols « convertis » à dépasser le seuil de potabilité.

Il est à noter, compte tenu de l'absence de prairies dans les surfaces 2006, que le drainage total des surfaces de référence est davantage concentré, en 2006, que pour le scénario AG 1A.

Etant entendu que ces valeurs, après dilution par les lames drainantes d'autres surfaces sur les Bassins, ne seront pas celles observées en réalité dans le milieu, on retient :

- pour les surfaces « de référence », le dépassement de la valeur de référence est conservé : le scénario ne peut améliorer cette situation, mais il ne la dégrade quasiment pas,
- les surfaces effectivement converties ne sont pas améliorées, compte tenu des caractéristiques du scénario (conversion de jachères en grandes cultures annuelles), mais la dégradation reste moins forte qu'avec le scénario 1A.
- contradiction forte avec les objectifs DCE, du fait de l'augmentation des flux et des concentrations.

Au niveau des conversions de sols, les contributions les plus significatives à l'accroissement sont la mise en culture annuelles conventionnelles des jachères seules.



	Référence 2006	Référence 2030	Convertible 2006	Converti 2030
AG - S1B				
concentration nitrates (mg/l)	67,9	70,1	12,4	32,3
fuite azote (tN/an)	39 647	42 039	1 159	3 550
drainage annuel (Mm3/an)	2 585	2 657	415	486
Surfaces (1000 ha)	1746	1746	300	300

	2006					AG 1B
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	maïs	Total
Bilan surfaces 1000 ha						
Référence 2006	278	79	314	466	609	1746
Converties 2006	207	53	22,90	17	0	300
	75%	67%	7%	8%	1,49%	
2030 colza 2030	79	53		0,5		133
tournesol 2030			22,9	16		138
maïs 2030					0,3	29
Converties 2030	<b>207</b>	<b>53</b>	<b>23</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>300</b>

\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

	2006					AG 1B
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	maïs	Total
fuite azote (tN/an)						
Référence 2006	76	788	4820	5826	28138	39647
Converti 2006	56	529	351,25	207	15	1159
2030 colza 2030	1098	0		-1,2		1097
tournesol 2030	1496		0	-201		1295
maïs 2030	1130				0	1130
(2030-2006)	<b>2594</b>	<b>0</b>		<b>-202</b>	<b>0</b>	<b>2392</b>

### g) Scénario 2 Adour Garonne

Le scénario 2 conduit à une réduction des fuites d'azote, en termes de flux d'azote : environ – 2220 tN/an, à comparer au flux des surfaces de référence (37 000 tN/an, -6%) et à celui des surfaces converties (14 800 tN/an, - 15%). Une partie des jachères, sols à faibles fuites, sont converties en cultures énergétiques présentant un accroissement très modéré des fuites à l'hectare. Les surfaces en grandes cultures (maïs) sont converties en maïs biomasse, qui présente ici des fuites légèrement plus faibles que le maïs grain 2006. Il en résulte un différentiel de flux plus faible qu'en scénario 1A, d'autant que les surfaces mobilisées dans le 1B-AG sont plus faibles (300 kha au lieu de 440 kha en S1A-AG).

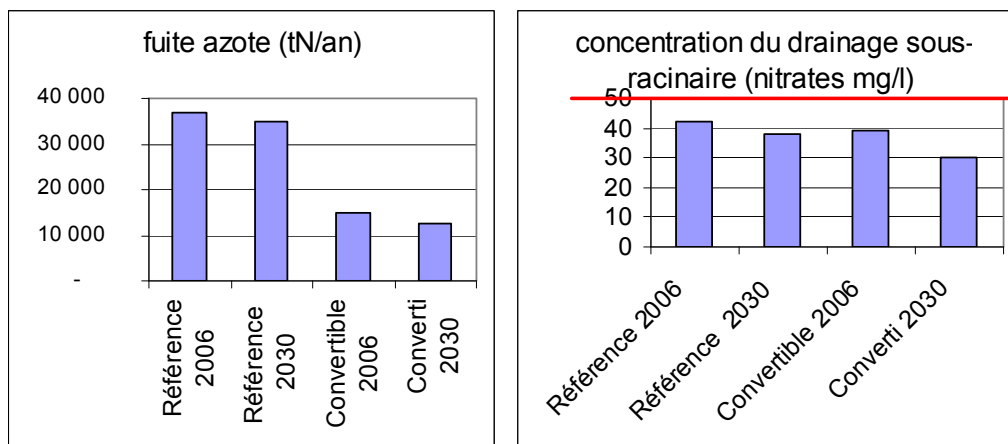
La concentration en nitrates dans le drainage sous racinaire :

- diminue de 4 mg/l pour les sols « existants », et maintient la concentration moyenne des sols « existants » en deçà du seuil de potabilité,
- diminue de 9 mg/l pour les surfaces « converties », en éloignant la concentration moyenne des sols « converties » à dépasser le seuil de potabilité.

Etant rappelé que ces valeurs, après dilution par les lames drainantes d'autres surfaces sur les Bassins, ne seront pas celles observées en réalité dans le milieu, on retient :

- pour les surfaces « de référence », une très légère amélioration de la concentration, sans toutefois conduire à s'éloigner significativement de la valeur de référence de 50 mg/l : le scénario améliore très légèrement la situation,
- les surfaces effectivement converties sont davantage améliorées, les valeurs de concentration moyenne restant proches de celles obtenues en grandes cultures annuelles,
- l'évolution va dans le sens des objectifs DCE, du fait de la diminution des flux et des concentrations.

Au niveau des conversions de sols, les contributions les plus significatives à la réduction des fuites résident dans la conversion de surfaces 2006 de cultures annuelles (cultures énergétiques, maïs) en maïs biomasse.



AG - S2	Référence 2006	Référence 2030	Convertible 2006	Converti 2030
concentration nitrates mg/l	42,1	37,9	39,4	30,3
fuite azote (tN/an)	37 026	34 806	14 789	12 569
drainage annuel Mm3	3 898	4 072	1 662	1 837
Surfaces (1000 ha)	2 873	2 873	1 164	1 164

Bilan surfaces	2006							AG 2
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Maïs	Sorgho	Eucalyp tus	Peuple raie	Total
1000 ha								
Référence 2006	781	64	1199	743	29	4	53	2873
Converties 2006	643	64	109,92	287	29	4	27	1164
%	82%	100%	9%	39%	100%	100%	50%	
<b>2030</b>								
Switchgrass 2030	380	25						404
Canne de Provence 2030		39	110					149
Maïs biomasse 2030				287				287
Sorgho fibre 2030	109				29			138
TCR Eucal 2030	155					4	27	186
Converties 2030	<b>643</b>	<b>64</b>	<b>110</b>	<b>287</b>	<b>29</b>	<b>4</b>	<b>27</b>	<b>1164</b>

fuite N (t N/ha)	2006							AG 2
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Maïs	Sorgho	Eucalyp tus	Peuple raie	Total
Référence 2006	231	639	540	35369	235	1	11	37026
Converties 2006	190	639	49,48	13668	235	1	6	14789
<b>2030</b>								
Switchgrass 2030	559	-219						341
Canne de Provence 2030		-365	104					-261
Maïs biomasse 2030				-4252				-4252
Sorgho fibre 2030	1660				0			1660
TCR Eucal 2030	246					1	45	291
(2030-2006)	<b>2466</b>	<b>-584</b>	<b>104</b>	<b>-4252</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>-2220</b>

## h) Scénario 3 Adour Garonne

Le scénario 3 conduit à une réduction très sensible des fuites d'azote, en termes de flux d'azote : environ – 7200 tN/an, à comparer au flux des surfaces de référence (36 800 tN/an, -20%) et à celui des surfaces converties (9 955 tN/an, - 72%). Une partie des jachères, sols à faibles fuites, sont converties en cultures énergétiques présentant un accroissement très modéré des fuites à l'hectare. Les surfaces en grandes cultures (maïs) sont converties en maïs biomasse, qui présente ici des fuites légèrement plus faibles que le maïs grain 2006. Il en résulte un différentiel de flux plus faible qu'en scénario 1A, d'autant que les surfaces mobilisées dans le 1B-AG sont plus faibles (300 kha au lieu de 440 kha en 1A-AG).

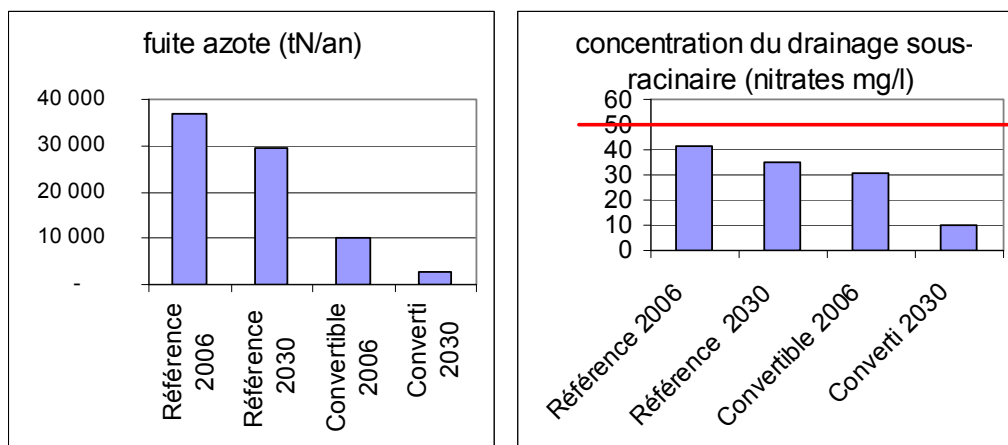
La concentration en nitrates dans le drainage sous racinaire :

- diminue de 6,4 mg/l pour les sols « existants », et éloigne la concentration moyenne des sols « existants » en dessous du seuil de potabilité,
- diminue de 21 mg/l pour les surfaces « converties », en éloignant nettement la concentration moyenne des sols « converties » à dépasser le seuil de potabilité. La concentration moyenne est alors voisine de celle qu'on observerait sous une culture de luzerne (10 mg NO<sub>3</sub>/l).

Etant rappelé que ces valeurs, après dilution par les lames drainantes d'autres surfaces sur les Bassins, ne seront pas celles observées en réalité dans le milieu, on retient :

- pour les surfaces « de référence », une nette amélioration de la concentration, conduisant à s'éloigner de la valeur de référence de 50 mg/l : le scénario améliore la situation de façon assez sensible,
- les surfaces effectivement converties sont nettement améliorées, les valeurs de concentration moyenne s'approchant de celles obtenues en cultures pérennes et prairies,
- l'évolution va dans le sens des objectifs DCE, grâce à la diminution des flux et des concentrations.

Au niveau des conversions de sols, les contributions les plus significatives à la réduction des fuites sont la conversion de surfaces 2006 de cultures annuelles (cultures énergétiques, maïs) en surfaces de sorgho fibre.



AG - S3	Référence 2006	Référence 2030	Convertible 2006	Converti 2030
concentration nitrates mg/l	41,4	35,0	31,0	9,9
fuite azote (tN/an)	36 822	29 625	9 955	2 758
drainage annuel Mm3	3 943	3 753	1 425	1 234
Surfaces (1000 ha)	2 913	2 913	1 011	1 011

Bilan surfaces	2006							AG 3 Total	
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Maïs	Bandes enherbées	Eucalyp tus	Peuplier aie		
1000 ha									
Référence 2006	781	64	1199	743	69	4	53	2913	
Converties 2006	469	64	262	189	69	4	27	1084	
%	60%	100%	22%	26%	100%	100%	50%		
2030	Switchgrass 2030	132						132	
	Miscanthus 2030	265						265	
	Fétuque SCE 2030					69		69	
	Fétuque - Trèfle 2030			262				262	
	Sorgho fibre 2030		64		189			253	
	TCR Eucal 2030	71					4	27	102
	Converties 2030	<b>469</b>	<b>64</b>	<b>262</b>	<b>189</b>	<b>69</b>	<b>4</b>	<b>27</b>	<b>1084</b>

fuite N (t N/an)	2006							AG 3 Total	
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Maïs	Bandes enherbées	Eucalyp tus	Peuplier aie		
Référence 2006	231	639	540	35369	31	1	11	36822	
Converties 2006	139	639	118	9021	31	1	6	9955	
2030	Switchgrass 2030	23						23	
	Miscanthus 2030	43						43	
	Fétuque SCE 2030					80		80	
	Fétuque - Trèfle 2030			304				304	
	Sorgho fibre 2030		-129		-7504			-7632	
	TCR Eucal 2030	-12					-1	-2	-15
	(2030-2006)	<b>55</b>	<b>-129</b>	<b>304</b>	<b>-7504</b>	<b>80</b>	<b>-1</b>	<b>-2</b>	<b>-7197</b>

#### 5.4.2. Seine Normandie

##### a) Scénario 1A Seine Normandie

Le scénario 1A conduit à un accroissement significatif des fuites d'azote, en termes de flux d'azote : environ +8 300 tN/an, à comparer au flux des surfaces de référence (41 900 tN/an, + 20%) et à celui des surfaces converties (10 500 tN/an, + 79%). Le scénario 1A convertit en cultures une partie de sols à faibles fuite, mais aussi des surfaces de grandes cultures converties, avec les mêmes cultures, à la production d'énergie.

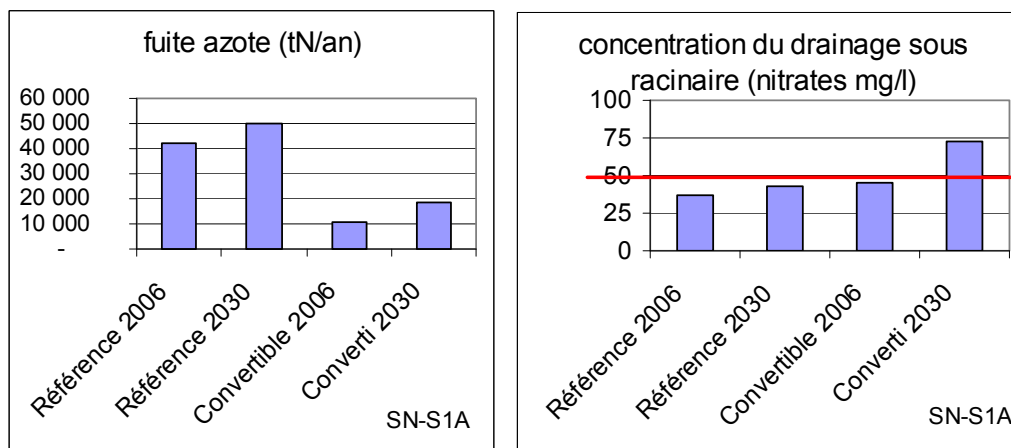
La concentration en nitrates dans le drainage sous racinaire :

- augmente de 6 mg/l, et conduit la concentration moyenne des sols « existants » à atteindre le seuil de potabilité,
- augmente de 27 mg/l, et conduit la concentration moyenne des sols « convertis » à dépasser nettement le seuil de potabilité.

Etant entendu que ces valeurs, après dilution par les lames drainantes d'autres surfaces sur les Bassins, ne seront pas celles observées en réalité dans le milieu, on retient :

- pour les surfaces converties, net dépassement de la valeur de référence de 50 mg/l,
- contradiction forte avec les objectifs DCE.

Au niveau des conversions de sols, les contributions les plus significatives à l'accroissement sont la mise en culture annuelles conventionnelles des jachères et des prairies, d'une part, ainsi que, dans une moindre mesure, la conversion de blé 2006 en colza.



SN - S1A	Référence 2006	Référence 2030	Convertible 2006	Converti 2030
concentration nitrates (mg/l)	37,1	43,3	45,7	72,5
fuite azote (tN/an)	41 889	50 238	10 508	18 857
drainage annuel Mm3	5 008	5 142	1 018	1 152
Surfaces (1000 ha)	4255	4255	859	859

Bilan surfaces	2006						SN 1A Total
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	betterave*	prairie	
1000 ha							
Référence 2006	284	577	43	1704	257	1391	4255
Converties 2006	121	298	1,8	223	77	139	859
	43%	52%	4%	13%	30%	10%	
<b>2030</b> colza 2030	80	298	1,8	104		35	519
blé 2030	27			118		70	215
betterave 2030	14				77	35	126
Converties 2030	<b>121</b>	<b>298</b>	<b>1,8</b>	<b>223</b>	<b>77</b>	<b>139</b>	<b>859</b>

\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

fuite N (tN/an)	2006						SN 1A Total
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	betterave*	prairie	
Référence 2006	103	10 844	1 028	21 400	5 850	2 664	41889
Converti 2006	44	5 599	43	2 796	1 759	266	10508
<b>2030</b> colza 2030	2778	0	20,3	651		1155	4604
blé 2030	511			0		1186	1697
betterave 2030	595				0	1453	2048
(2030-2006)	<b>3884</b>	<b>0</b>	<b>20,3</b>	<b>651</b>	<b>0</b>	<b>3795</b>	<b>8349</b>

### b) Scénario 1B Seine Normandie

Le scénario 1B conduit à un accroissement significatif des fuites d'azote, en termes de flux d'azote : environ +6 750 tN/an, à comparer au flux des surfaces de référence (40 700 tN/an, + 17%) et à celui des surfaces converties (5700 tN/an, + 118%). Le scénario 1B



convertit en cultures une partie significative de sols à faibles fuites (jachères), impliquant un accroissement fort des fuites sur ces surfaces, et convertit les prairies en luzerne, impliquant un faible accroissement des fuites. Il en résulte un différentiel de flux plus faible qu'en scénario 1A, d'autant que les surfaces mobilisées dans le 1B-AG sont plus faibles (300 kha au lieu de 440 kha en 1A-AG).

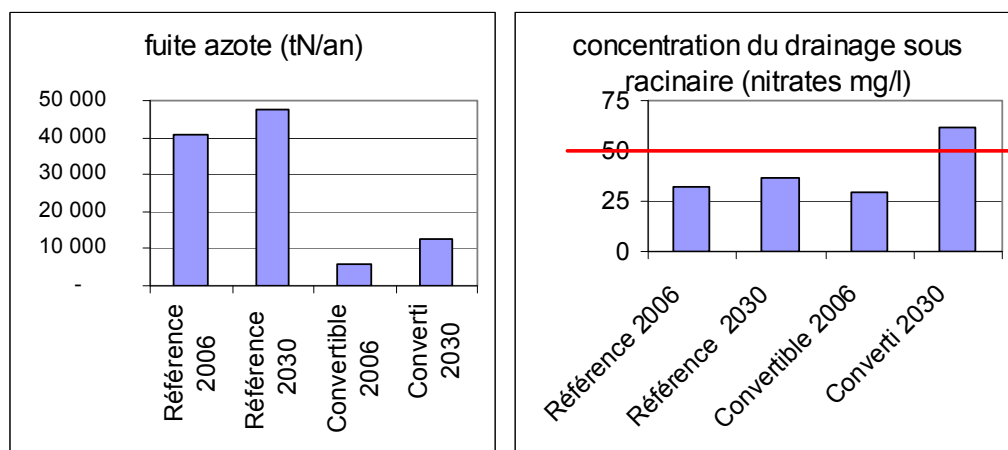
La concentration en nitrates dans le drainage sous racinaire :

- augmente de moins de 6 mg/l, et maintient la concentration moyenne des sols « existants » au-delà du seuil de potabilité,
- augmente de 28 mg/l, ce qui conduit la concentration moyenne des sols « convertis » à dépasser le seuil de potabilité. Cet accroissement, même s'il est moins fort en absolu que pour le scénario 1A, est significatif et montre les limites de l'amélioration sur ce scénario.

Etant entendu que ces valeurs, après dilution par les lames drainantes d'autres surfaces sur les Bassins, ne seront pas celles observées en réalité dans le milieu, on retient :

- pour les surfaces « de référence », l'accroissement des fuites reste modéré,
- la situation des surfaces effectivement converties se dégrade nettement (dépassement de la valeur seuil), même si la dégradation reste moins forte qu'avec le S1A.
- contradiction forte avec les objectifs DCE, du fait de l'augmentation des flux et des concentrations.

Au niveau des conversions de sols, les contributions les plus significatives à l'accroissement sont la mise en culture annuelles conventionnelles de surfaces de gel non cultivé.



	Référence 2006	Référence 2030	Convertible 2006	Converti 2030
SN - S1B				
concentration nitrates (mg/l)	31,8	36,7	29,8	61,2
fuite azote (tN/an)	40 706	47 468	5 724	12 486
drainage annuel Mm3	5 678	5 729	852	903
Surfaces (1000 ha)	4 255	4 255	714	635

Bilan surfaces 1000 ha	2006						SN 1B
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	betterave*	prairie	Total
Référence 2006	284	577	43	1704	257	1391	4255
Converties 2006	255	289	1,81	14	15	139	714
	90%	50%	4%	1%	6%	10%	
<b>2030</b> colza 2030	137	289	1,81				428
blé 2030	98			14			112
betterave 2030	19				15		34
Luzerne						61	61
Converties 2030	<b>255</b>	<b>289</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>61</b>	<b>635</b>

\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

fuite N (kgN/ha)	2006						SN 1B
	jachère nue	colza*	tournesol*	blé*	betterave*	prairie	Total
Référence 2006	103	9579	1110	21400	5850	2664	40706
Converti 2006	93	4795	46,64	176	348	266	5724
<b>2030</b> colza 2030	3966	0	6,17				3972
blé 2030	1831			0			1831
betterave 2030	829				0		829
Luzerne						130	130
(2030-2006)	<b>6626</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>130</b>	<b>6762</b>

### c) Scénario 2 Seine Normandie

Le scénario 2 conduit à une réduction nette des fuites d'azote, en termes de flux d'azote : environ – 6 290 tN/an, à comparer au flux des surfaces de référence (44 800 tN/an, -14%) et à celui des surfaces converties (13 000 tN/an, - 48%). Une partie des jachères, sols à faibles fuites, sont converties en cultures énergétiques présentant un accroissement très modéré des fuites à l'hectare. Les surfaces en grandes cultures (cultures énergétiques, céréales) sont converties en miscanthus, pérennes prairiales, et triticale plante entière.

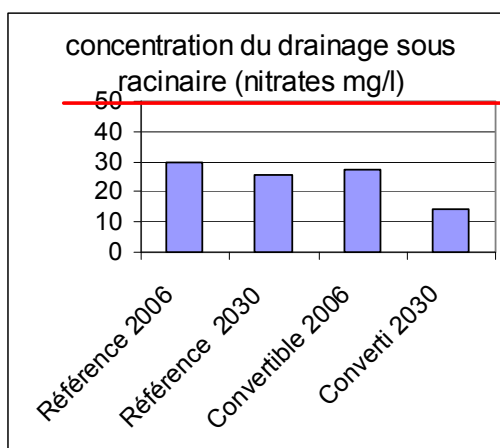
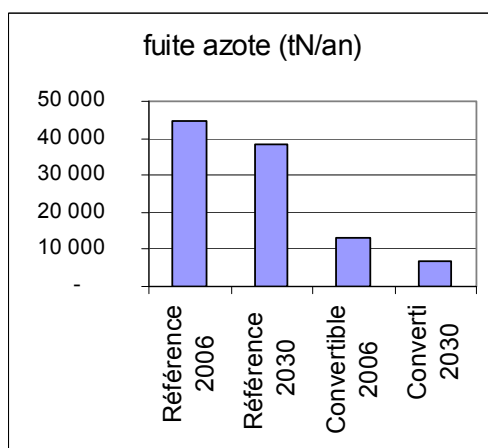
La concentration en nitrates dans le drainage sous racinaire :

- diminue de 4 mg/l pour les sols « existants », et maintient la concentration moyenne des sols « existants » en deçà du seuil de potabilité,
- diminue de 13 mg/l pour les surfaces « converties », en éloignant la concentration moyenne des sols « convertis » à dépasser le seuil de potabilité.

Etant rappelé que ces valeurs, après dilution par les lames drainantes d'autres surfaces sur les Bassins, ne seront pas celles observées en réalité dans le milieu, on retient :

- pour les surfaces « de référence », une légère amélioration de la concentration, contribuant à s'éloigner significativement de la valeur de référence de 50 mg/l,
- les surfaces effectivement converties sont davantage améliorées, les valeurs de concentration moyenne s'approchant de celles obtenues en cultures pérennes,
- l'évolution va dans le sens des objectifs DCE, du fait de la diminution des flux et des concentrations.

Au niveau des conversions de sols, les contributions les plus significatives à la réduction des fuites résident dans la conversion de surfaces 2006 de cultures annuelles (cultures énergétiques, céréales) en pérennes et cultures énergétiques.



	Réfrence 2006	Réfrence 2030	Convertible 2006	Converti 2030
SN - S2				
concentration nitrates (mg/l)	29,6	25,3	27,6	14,0
fuite azote (tN/an)	44 839	38 548	13 042	6 751
drainage annuel Mm3	6 707	6 747	2 090	2 131
Surfaces (1000 ha)	4 847	4 847	1 488	1 488

Bilan surfaces	2006					SN 2 Total	
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Céréales	Peupleraie		
1000 ha							
Réfrence 2006	421	343	1391	2622	69	4847	
Converties 2006	421	320	240,79	471	35	1488	
%	100%	100%	17%	18%	51%		
2030	Miscanthus 2030	182	153				335
	Luzerne 2030		167	114			281
	Fétuque 2030	102		127			229
	Triticale p.e. 2030				471		471
	TTCR 2030	137				35	172
<b>Converties 2030</b>	<b>421</b>	<b>320</b>	<b>241</b>	<b>471</b>	<b>35</b>	<b>1488</b>	

\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

fuite N (tN/ha)	2006					SN 2 Total	
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Céréales	Peupleraie		
Réfrence 2006	153	6453	2664	35491	78	44839	
Converti 2006	153	6012	461,26	6377	39	13042	
2030	Miscanthus 2030	280	-2676				-2396
	Luzerne 2030		-2686	291			-2395
	Fétuque 2030	418		324			742
	Triticale p.e. 2030				-2588		-2588
	TTCR 2030	350				-4	346
<b>(2030-2006)</b>	<b>1048</b>	<b>-5362</b>	<b>615</b>	<b>-2588</b>	<b>-4</b>	<b>-6291</b>	

#### d) Scénario 3 Seine Normandie

Le scénario 3 conduit à une réduction très sensible des fuites d'azote, en termes de flux d'azote : environ - 7700 tN/an, à comparer au flux des surfaces de référence (22 770 tN/an, -34%) et à celui des surfaces converties (10 300 tN/an, -75%). Une partie des jachères et des prairies, sols à faibles fuites, sont converties en cultures énergétiques présentant un accroissement très modéré des fuites à l'hectare.

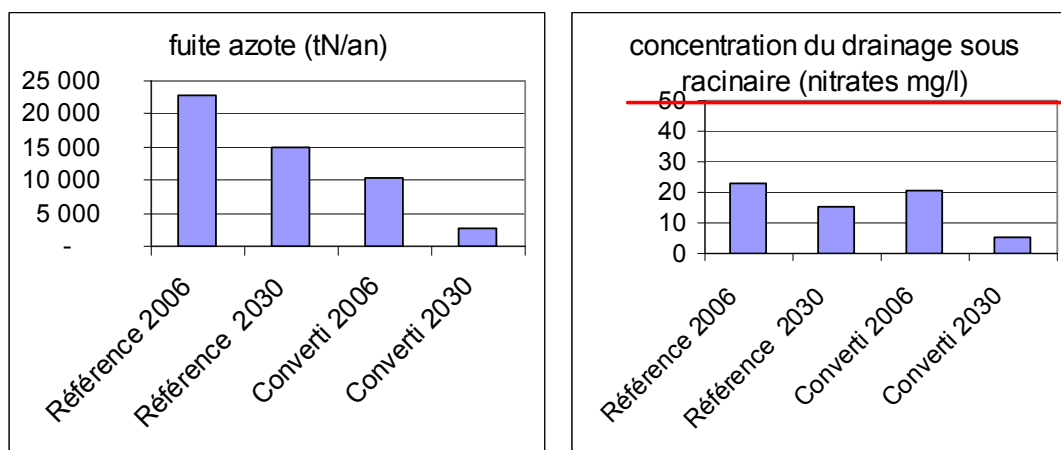
La concentration en nitrates dans le drainage sous racinaire :

- diminue de 8 mg/l pour les sols « existants », et éloigne la concentration moyenne des sols « existants » en dessous du seuil de potabilité,
- diminue de 15 mg/l pour les surfaces « converties ». La concentration moyenne est voisine de celle qu'on observerait sous une culture de luzerne (10 mg NO<sub>3</sub>/l).

Etant rappelé que ces valeurs, après dilution par les lames drainantes d'autres surfaces sur les Bassins, ne seront pas celles observées en réalité dans le milieu, on retient :

- pour les surfaces « de référence », une légère amélioration de la concentration, par rapport à une situation déjà assez éloignée de la valeur de référence de 50 mg/l. Le fait que de grandes surfaces de prairie en 2006,
- les surfaces effectivement converties sont significativement améliorées, les valeurs de concentration moyenne s'approchant de celles obtenues en cultures pérennes et prairies,
- les améliorations, étant apportées à des surfaces occupées de façon importante par des prairies ou des jachères (faibles fuites 2006), apparaissent moins spectaculaires que lorsque des sols de grandes cultures sont convertis,
- l'évolution va dans le sens des objectifs DCE, grâce à la diminution des flux et des concentrations.

Au niveau des conversions de sols, les contributions les plus significatives à la réduction des fuites sont la conversion de surfaces 2006 en cultures annuelles (cultures énergétiques, maïs) en surfaces de sorgho fibre.



SN - S3	Référence 2006	Référence 2030	Converti 2006	Converti 2030
concentration nitrates (mg/l)	23,2	15,3	20,6	5,2
fuite azote (tN/an)	22 770	15 043	10 312	2 585
drainage annuel Mm3	4 350	4 359	2 213	2 222
Surfaces (1000 ha)	2 842	2 842	1 464	1 464

Bilan surfaces	2006							SN 3 Total	
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Bandes enherbées	Maïs	Betterave	Peupleraie		
1000 ha									
Référence 2006	421	343	1391	98	263	257	69	2842	
Converties 2006	421	320	460	98	66	64	35	1464	
%	100%	93%	33%	100%	25%	25%	50%		
2030	Miscanthus 2030	284	191			18		493	
	Luzerne 2030		129	139				268	
	Fétuque SCE 2030				98			98	
	Fétuque - trèfle 2030	93		321		48		461	
	TCR robinier 2030	45					64	35	143
	Converties 2030	<b>421</b>	<b>320</b>	<b>460</b>	<b>98</b>	<b>66</b>	<b>64</b>	<b>35</b>	<b>1464</b>

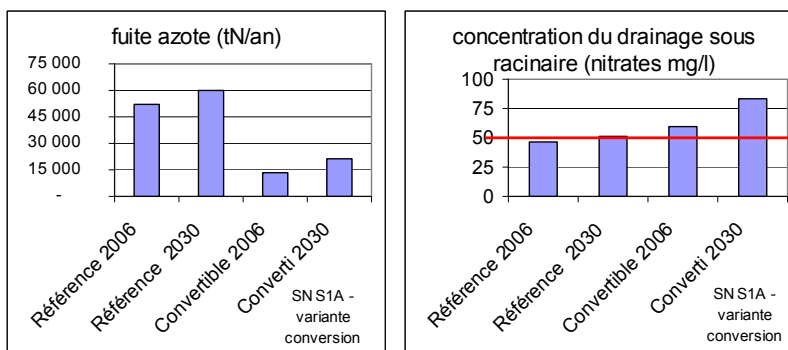
\* dont cultivés sur jachères industrielles et ACE (blé/orge mélangés)

fuite N (t N/an)	2006							SN 3 Total	
	Sol nu (jachère + friches)	cult. énergétique	Prairie	Bandes enherbées	Maïs	Betterave	Peupleraie		
(Mm3/an)									
Référence 2006	153	6453	1066	0	9170	5850	78	22770	
Converti 2006	153	6012	352	0	2293	1463	39	10312	
2030	Miscanthus 2030	77	-3516			-628		-4068	
	Luzerne 2030		-2035	426				-1609	
	Fétuque SCE 2030				222			222	
	Fétuque - trèfle 2030	176		479		-1622		-967	
	TCR robinier 2030	10					-1342	26	-1306
	(2030-2006)	<b>263</b>	<b>-5551</b>	<b>905</b>	<b>222</b>	<b>-2250</b>	<b>-1342</b>	<b>26</b>	<b>-7727</b>

### e) Sensibilité aux sols dans la conversion des cultures

Pour les calculs de conversion des sols, il est considéré que les sols initiaux sont affectés principalement par type de culture : par exemple, les sols les plus profonds, aux cultures agricoles annuelles, et les sols les moins profonds, aux jachères et prairies. Cette hypothèse est abusive, mais elle constitue une simplification qui paraît acceptable ; elle est en accord avec la pratique qui, sur les exploitations, consiste à réserver les meilleures terres aux grandes cultures annuelles (céréales, oléagineux, etc.). Une autre façon de faire consiste à considérer que les sols disponibles constituent un sol moyen, sur lequel sont indifféremment affectées les cultures, ou une partie des cultures. Cette hypothèse peut traduire le fait que, sur une exploitation, les assolements ne peuvent être placés que sur les surfaces disponibles, qui ne sont pas toujours les meilleurs sols agricoles. La sensibilité de l'évaluation à ce choix de culture a été étudiée rapidement, sur le cas du scénario SN-1A. Il apparaît que la seconde méthode conduit à des valeurs plus élevées pour les fuites et les concentrations. En effet, la présence plus systématique de sols peu profonds conduit à renforcer les termes de drainage, et par la suite de fuites d'azote. La première méthode a cependant été conservée, notamment du fait de sa plus grande simplicité de mise en œuvre.

**Figure 33 – comparaison de l'influence de deux façons de traduire les assolements, dans le cas du scénario SN-1A. A côté de la méthode retenue correspondant à une sélection des sols, la méthode qui définit un sol moyen conduit à des valeurs de pression assez nettement plus élevées.**



SN - S1A Variante conv.	Référence 2006	Référence 2030	Convertible 2006	Converti 2030
concentration nitrates (mg/l)	46,1	51,7	59,4	83,2
fuite azote (tN/an)	52 070	60 064	13 656	21 651
drainage annuel Mm3	5 008	5 142	1 018	1 152
Surfaces (1000 ha)	4255	4255	859	859

SN - S1A	Référence 2006	Référence 2030	Convertible 2006	Converti 2030
concentration nitrates (mg/l)	37,1	43,3	45,7	72,5
fuite azote (tN/an)	41 889	50 238	10 508	18 857
drainage annuel Mm3	5 008	5 142	1 018	1 152
Surfaces (1000 ha)	4255	4255	859	859

**f) Sensibilité à la concentration en nitrates dans le drainage des cultures type**

L'estimation des fuites d'azote pour les scénarios repose sur l'évaluation ou l'identification de valeurs de fuite unitaires (kgN/ha) pour les cultures type. Lorsque cette estimation croise la valeur du flux de drainage avec celle des concentrations en nitrates sous-racinaires, l'évaluation de la fuite peut être sensible au choix et aux hypothèses de choix, sauf si la valeur même du flux d'azote unitaire peut être validée par données ou dire d'expert.

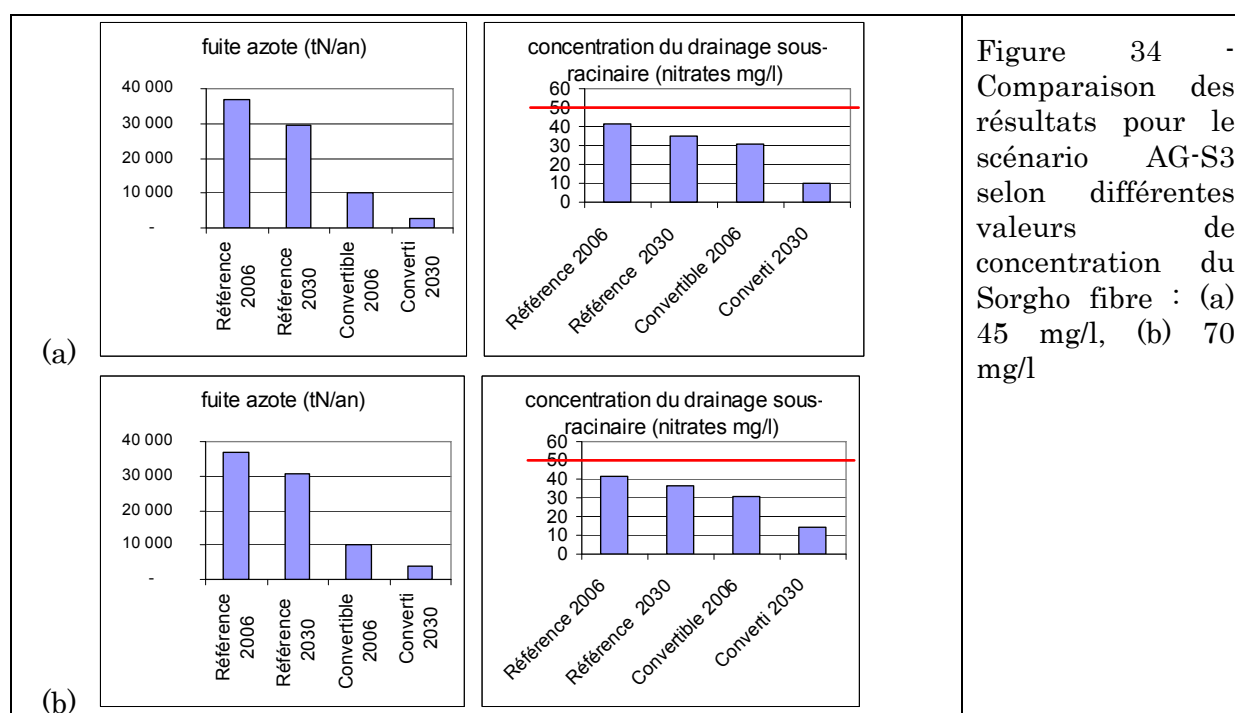


Figure 34 - Comparaison des résultats pour le scénario AG-S3 selon différentes valeurs de concentration du Sorgho fibre : (a) 45 mg/l, (b) 70 mg/l

La sensibilité de l'évaluation a été testée sur deux situations :

- le scénario S2 AG, dans lequel une partie importante des contributions azote est attribuable au maïs biomasse. Selon la valeur de concentration, le résultat peut évoluer assez significativement, sans toutefois que les sens de variations soient déplacés. Pour la sensibilité au paramètre concentration, le S2 AG constitue un cas extrême du fait de la prédominance de la seule conversion des cultures en maïs biomasse dans le différentiel de pression total du scénario,
- le scénario S3 AG, dans lequel le sorgho fibre tient une place non négligeable, en remplacement du maïs. L'estimation présente une certaine sensibilité à la détermination des valeurs unitaires, sans que les variations observées ne changent le sens de l'évaluation.

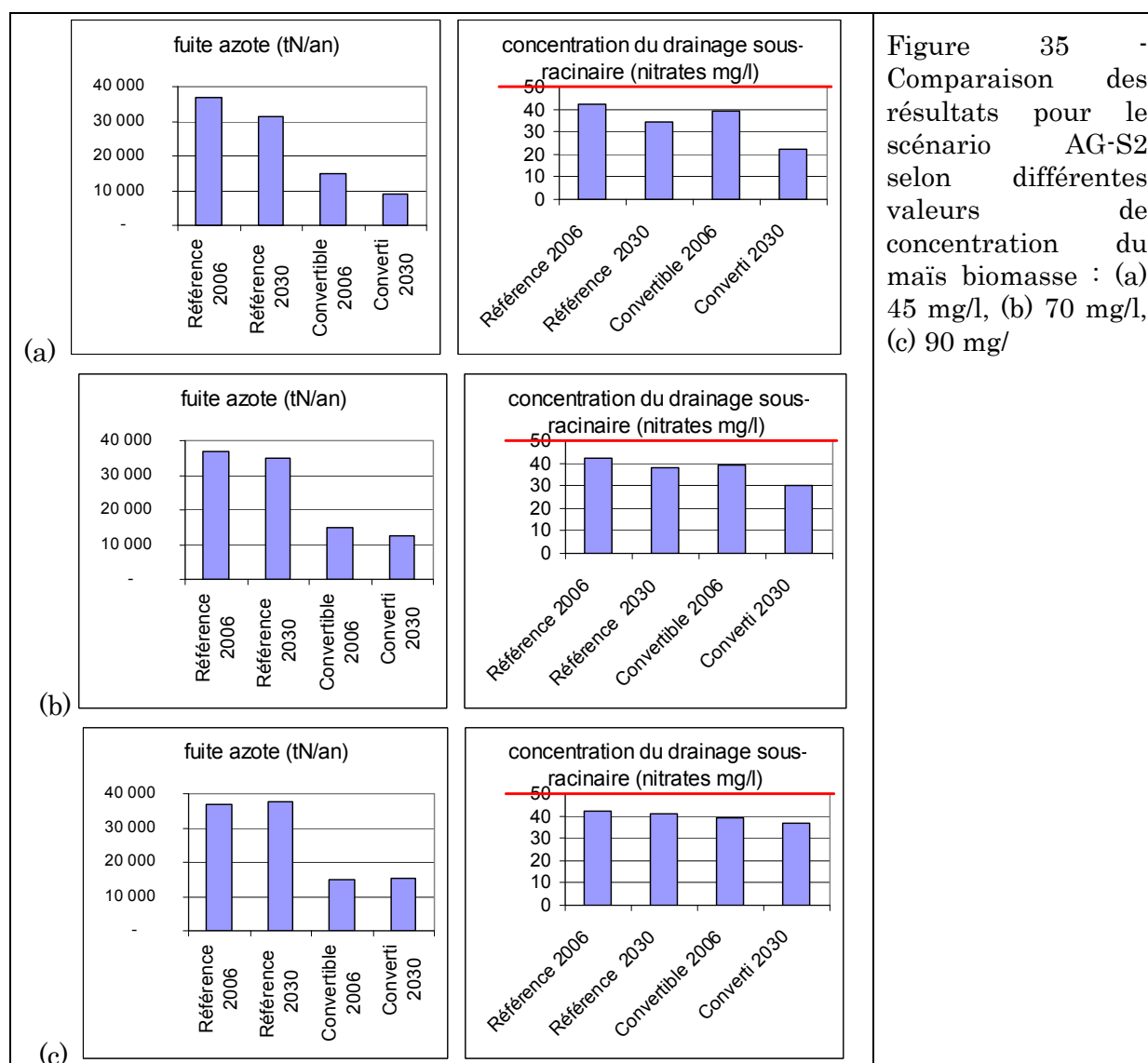


Figure 35 - Comparaison des résultats pour le scénario AG-S2 selon différentes valeurs de concentration du maïs biomasse : (a) 45 mg/l, (b) 70 mg/l, (c) 90 mg/l



## 5.5. Conclusions de l'étude des pressions en qualité par les nitrates

La méthode proposée, bien que reposant sur des valeurs parfois indicatives, permet de fournir une évaluation des pressions « nitrates » des 4 scénarios de l'étude sur les deux Grands Bassins. Ces évaluations, dont on rappelle qu'elles devraient tendre à sous-estimer la réalité, semblent cohérentes, et en tout cas permettent de mesurer des variations significatives. Les indicateurs de fuite totale et de concentration moyenne du drainage apparaissent pertinents et discriminants.

Les **flux** apparaissent significativement modifiés par les scénarios. Les **concentrations moyennes du drainage**, dont on rappelle qu'elles sont un indicateur de pression et non de teneur en nitrates finale dans les ressources en eau, apparaissent comme un indicateur discriminant et **doté d'un seuil d'alerte**, qui est la teneur en nitrates maximale réglementaire dans l'eau de consommation

Selon ces indicateurs, et compte tenu des observations déjà portées sur les pressions en quantité, il apparaît que :

- Le scénario 1A, tant en Adour Garonne qu'en Seine Normandie, montre une nette tendance à la détérioration, dépassant les seuils d'alerte « concentration »,
- Le scénario 1B peut améliorer le 1A selon ces critères, ou du moins ne pas les dégrader, mais il ne permet pas ici d'améliorer la situation 2006,
- Le scénario 2, à l'inverse des conclusions du critère de quantité, améliore la situation 2006, grâce à la part importante que prennent les cultures pérennes, même conduites intensivement, dans les scénarios
- Le scénario 3 améliore nettement la situation 2006 dans l'absolu, mais en comparaison du scénario 2 l'amélioration relative est plus discrète, bien que présente. Ces deux scénarios reposent tous deux sur des cultures assez comparables, ce qui explique que le comportement soit finalement assez proche. Les options environnementales montrent cependant, dans les évaluations des scénarios proposés, leur efficacité. Il pourrait s'agir, par exemple, de cibler les zones où ce type de conversion améliore nettement la situation, ou au contraire de chercher à généraliser les associations de cultures pérennes et de pratiques améliorantes sur les annuelles.

C'est bien **le scénario 1A qui dégrade fortement les indicateurs « nitrates », renforçant en cela les tendances sur la quantité**, et conduit à considérer, tant du point de vue quantité que du point de vue « nitrate », l'opportunité des améliorations relatives apportées par le S1B.

Les **options améliorantes**, pour l'azote, apparaissent donc relativement intéressantes pour le S1B en comparaison du S1A, tandis que les améliorations du S2 au S3 sont bien moins significatives que pour les indicateurs « quantité ».

## 6. Pressions sur les ressources en eau en qualité : Pression phytosanitaire

L'objet du Chapitre 4 est d'introduire la prise en compte des traitements phytosanitaires dans l'évaluation des scénarios. Ces derniers ont pour objectif de lutter contre les ravageurs des cultures, permettant notamment d'obtenir des rendements plus élevés et plus réguliers. Ils font appel à des substances très diverses, dont certaines présentent une toxicité élevée. Ces substances peuvent présenter des risques pour l'environnement (écotoxicité) et des risques pour la santé humaine (opérateurs...). Il s'agit dans cette évaluation de caractériser le risque environnement. Cela nécessite des indicateurs simples capables de fournir des évaluations robustes malgré le nombre et la variété des substances, ainsi que de l'impact potentiel de chacune d'elles. Après avoir rappelé quelques caractéristiques des traitements phytosanitaires, ce Chapitre présente deux indicateurs existants, l'indice de fréquence de traitements et le classement SIRIS, qui sont adaptés ici pour l'évaluation à grande échelle. Pour ces deux indicateurs, les résultats comparatifs des 4 scénarios sont présentés et analysés sur les deux Bassins. Les résultats pour ces premiers critères de qualité d'eau complètent ceux obtenus pour la quantité. Ces résultats complètent l'analyse de qualité du chapitre précédent, et montrent des aspects spécifiques aux impacts potentiels « phytosanitaires ».

### 6.1. Généralités. Contexte de l'évaluation.

#### 6.1.1. Terminologie et Définition : les produits phytosanitaires

Le terme **pesticide**, dérivé du mot anglais *pest* (« ravageur »), désigne les substances ou les préparations utilisées pour la prévention, le contrôle ou l'élimination d'organismes jugés indésirables, qu'il s'agisse de plantes, d'animaux, de champignons ou de bactéries. Dans le langage courant le terme pesticide est généralement associé à un usage agricole de ces substances, or le terme générique englobe également les usages domestiques, urbains, de voirie, etc.

Dans le domaine de l'agriculture, on les appelle **produits phytopharmaceutiques** (ou **phytosanitaires**). Il en existe principalement trois catégories : les herbicides (pour lutter contre les mauvaises herbes), les fongicides (pour lutter contre les champignons) et les insecticides (pour lutter contre les insectes). D'autres produits existent ayant une action sur les rongeurs (rodenticides), sur les escargots et les limaces (molluscicides)...

Un produit phytosanitaire peut être désigné par une substance chimique active, lorsque celle-ci a à elle seule une action phytosanitaire identifiée, ou par un produit commercial correspondant à une ou plusieurs substances actives et des adjuvants de formulation, généralement confidentiels. Le produit commercial peut alors se trouver sous forme liquide, en poudre mouillable, en granulés, ou microencapsulé. On compte environ **520 matières actives homologuées** entrant dans la composition de près de **3000 spécialités commerciales utilisées en agriculture**.

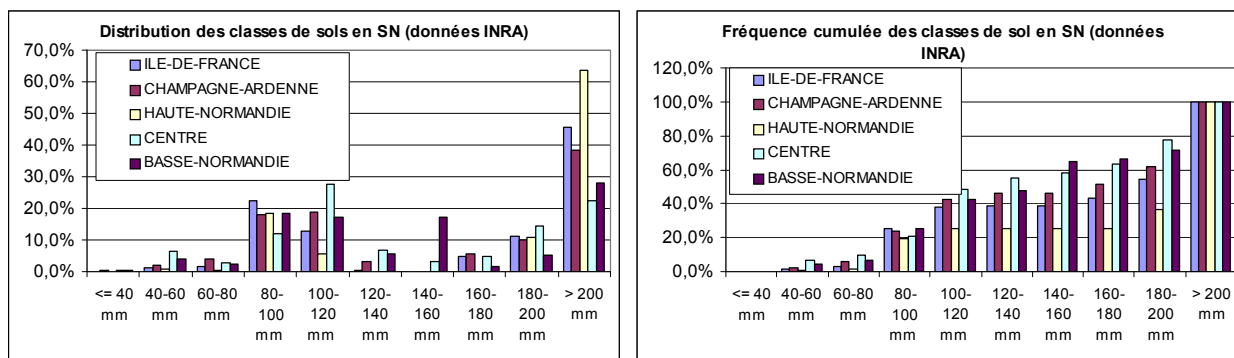
On parle de **résidus de produits phytopharmaceutiques**, ou de **résidus de biocides** et plus généralement de **résidus de pesticides**, comme d'une ou plusieurs substances présentes dans ou sur des végétaux ou produits d'origine végétale, des produits comestibles d'origine animale, ou ailleurs dans l'environnement, et constituant le reliquat de l'emploi d'un pesticide, y compris ses métabolites issus de la dégradation.

En Seine Normandie, deux classes de sols type on été retenues à partir de l'analyse des données INRA :

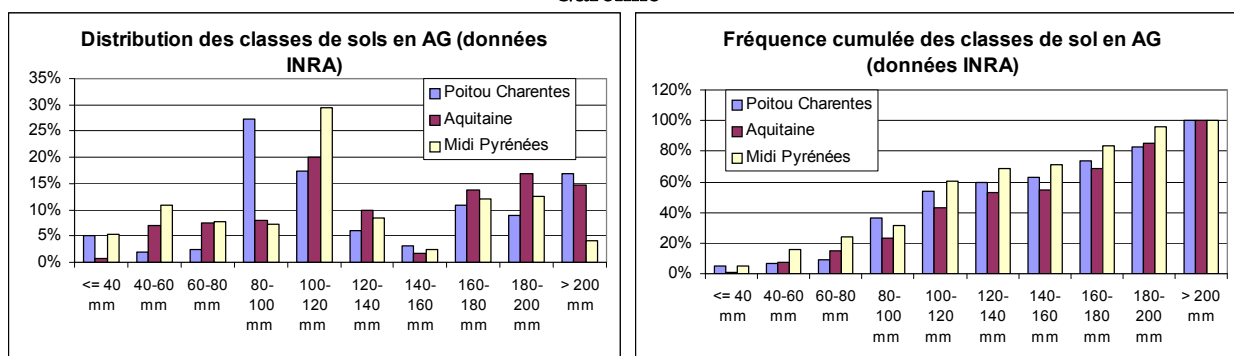
- moyennement profond : 100 mm,
- profond : 200 mm)

Pour des questions de simplification, deux classes de sols type ont été retenues pour l'évaluation des scénarios sur chacun des deux Bassins : "moyennement profond" et "profond".

**Figure 13 – Distribution des classes de sols agricoles dans les différentes régions du Bassin Seine Normandie**



**Figure 14 – Distribution des classes de sols agricoles dans les différentes régions du Bassin Adour Garonne**

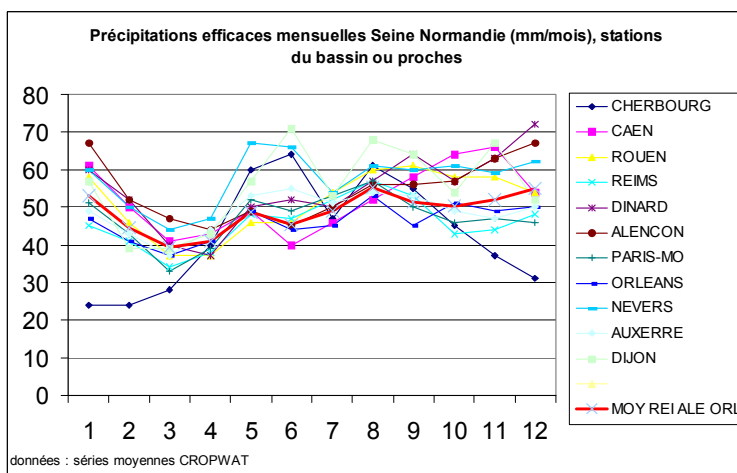
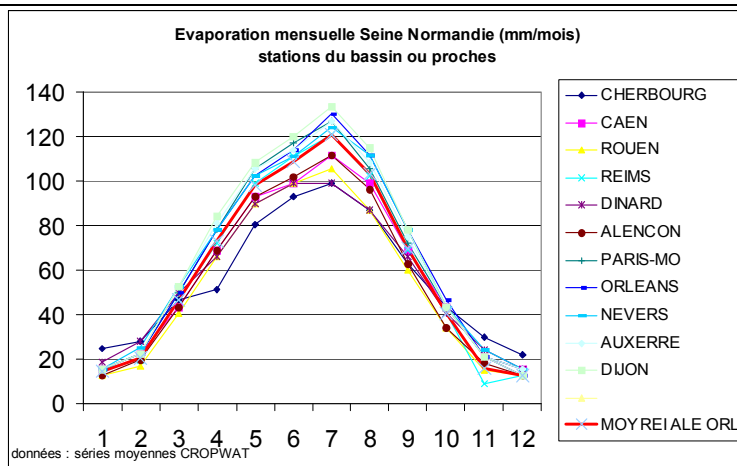


#### d) Profils des coefficients culturaux

Le choix d'une méthode basée sur les coefficients culturaux ( $k_c$ ) et l'évapotranspiration de référence  $ET_{ref}$  s'explique :

- par la simplicité et la rusticité de la méthode, avantageuses pour les évaluations rapides à grande échelles,
- par la lisibilité directe des profils,
- par la possibilité d'obtenir, par analogies, des courbes approximatives pour les nouvelles cultures encore incomplètement documentées en termes de bilans hydriques.

Le coefficient cultural est défini comme le multiplicateur, sans dimension, de l' $ET_{ref}$ , définie comme étant l'évapotranspiration d'un gazon sous le climat considéré. Plusieurs exemples de profils de coefficients culturaux sont présentés sur la Figure 15. Les valeurs des coefficients  $k_c$  pour chaque période (*ini*, *dev*, *mid* et *late*) proviennent des sources FAO, et d'autres sources bibliographiques ou d'estimations pour les cultures non renseignées. Les profils sont ajustés en fonction des dates approximatives de semis, de levée, de récolte, rapportées dans la bibliographie et selon les indications des spécialistes. Par exemple, les cultures Nord et Sud présentent des dates de semis et de



**Figure 12 – Exemples de profils moyens d'ETref et de précipitations efficaces, pour différentes stations de bassin Seine-Normandie. (Les stations les moins représentatives ne sont pas prises en compte) (base CROPWAT)**

Il semble, toutes ces remarques et réserves faites, que la démarche permette d'obtenir des profils adaptés aux évaluations de grande échelle. Les résultats semblent, à de rares exceptions près (bilan hydrique de la betterave) relativement conformes aux valeurs moyennes obtenues à l'échelle des régions ou des grands Bassins. Il est très important de noter que la démarche présentée n'a pas l'ambition de proposer une simulation prédictive du comportement des plantes. Il s'agit plutôt de définir pour chaque culture un profil, affiné par les informations complémentaires (bibliographie, valeurs statistiques de la zone étudiée). Ce profil est destiné à être validé par les spécialistes, dans son allure et dans ses valeurs de bilan. Les valeurs de bilan validées sont *in fine* utilisées dans les comparatifs de scénarios. Les profils peuvent bénéficier d'ajustements (calages), dans des limites réalistes, portant sur l'EUE, sur les dates de culture, sur les valeurs des coefficients ou les profils, etc.

### c) Réserve utile du sol : étude des classes de sol par Bassin

Les sols représentatifs ont été redéfinis A partir de données INRA décrivant les surfaces par région en différentes classes de sol (Ph. Debaeke, comm. pers.). On se référera aux figures pour des informations plus précises (Figure 13 et Figure 14). Les sols type sont en accord avec les distributions de classes de sols.

En Adour Garonne, 3 classes de sols type ont été retenues pour les cultures type et les évaluations de bilan hydrique (Ph. Debaeke, comm. pers.) :

- peu profond : RU = 60 mm,
- moyennement profond : 120 mm,
- profond : 180 mm

***Les tendances apparaissent relativement cohérentes mais les scénarios montrent des comportements marqués***

Compte tenu des hypothèses constitutives des scénarios, les conversions de sols conduisent à des résultats relativement contrastés.

❖ **Les scénarios 1A et 1B montrent des tendances à l'accroissement des pressions pour les principaux indicateurs : prélèvements, nitrates, pesticides.**

- Le **scénario 1A**, basé sur une agriculture alimentaire conventionnelle et technologies de première génération se déployant sur les surfaces disponibles, conduit pour tous les indicateurs à une intensification nette des pressions sur les surfaces converties, en référence à la situation 2006 :

- Intensification des prélèvements pour l'irrigation,
- Accroissement des fuites d'azote,
- Non amélioration des pressions phytosanitaires.

- Le **scénario 1B**, conservant la même structure agricole, allège les pressions en recourant à une production de biogaz, soit en cultures dédiées (SN), soit en valorisation des résidus de cultures (AG). Cela conduit à amortir l'accroissement des pressions typique du S1A, sans toutefois inverser les tendances. Le scénario apporte une amélioration relative par rapport au S1A. L'introduction d'une filière biogaz conduit donc à réduire l'accroissement des impacts dus à la mise en culture de sols initialement en jachères ou prairies, sans que cela n'améliore pour autant la situation initiale. En ce sens, le scénario n'est pas améliorant dans l'absolu, mais seulement en relatif par rapport au S1A. Cette amélioration relative provient du recours plus abondant aux cultures dédiées de pérennes (en Seine Normandie), et de la moindre consommation de surface permise par la valorisation biogaz de résidus (en Seine Normandie et en Adour Garonne).

❖ **Le bilan est plus contrasté pour les filières des deuxième génération, entre l'option « productive » et l'option « protection des ressources »**

- Le **scénario 2**, décrivant un fort développement de production de cultures énergétiques pour les technologies de seconde génération, conduit à intensifier certaines pressions (en quantité) et à en alléger d'autres (pression azote), tandis que la pression phytosanitaire évolue différemment d'un Bassin à l'autre : intensification des pratiques en AG, sans accroissement net du risque d'exposition des masses d'eau. Ces différences sont dues aux cultures impliquées, en fonction du climat des Bassins.

- Le **scénario 3**, dont l'objectif est d'améliorer la situation des ressources en eau sur le même volant de surfaces que le scénario 2, joue effectivement un rôle efficace dans ce sens :

- Bilan hydrique : l'amélioration est nette,
- Pression azote : l'amélioration existe, mais est moins significative compte tenu des caractéristiques des cultures mises en jeu (les cultures pérennes et énergétiques sont souvent favorables sur ce point),
- Pression phytosanitaire : les pratiques étant par définition moins intensives (choix d'itinéraires techniques adaptés), elles induisent une nette diminution du risque d'exposition par rapport à la situation 2006 ou par rapport au S2.

- un type de sol, ramené pour les besoins de l'évaluation en quantité d'eau à sa réserve facilement utilisable de sol (RFU). Il est exprimé en mm – voir l'étude des classes de sol par bassins (Figure 13 et Figure 14).
- un mode de conduite de la culture (rendement, conduite d'irrigation, etc.). Le rendement, en particulier, peut être ajusté en cohérence avec les données statistiques disponibles.

Remarques :

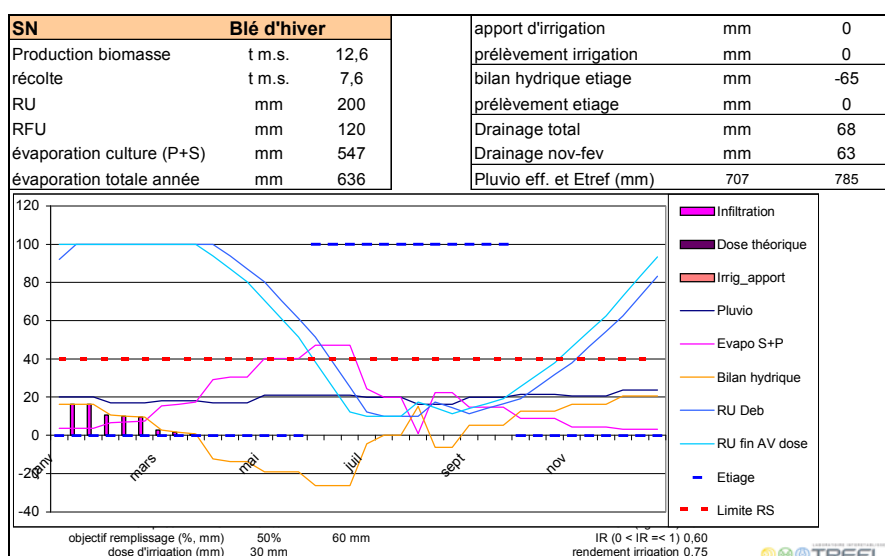
La réserve utile du sol n'est pas une notion intrinsèque au sol, car elle dépend à la fois des caractéristiques du sol (de façon simplifiée : profondeur, texture ou composition en sable – argile - limon, ...) et du type de plante, en particulier pour l'aptitude de son système racinaire à mobiliser l'eau du sol. Les notions de réserve utile du sol (RU) et de réserve facilement utilisable (RFU) sont à prendre pour des grandeurs intégratrices de l'état de paramètres du sol plus nombreux et pouvant être assez fortement variables. A grande échelle, l'évaluation, ou l'identification, de valeurs moyennes de ces grandeurs intégratrices permet de caler le modèle utilisé. L'emploi de ce dernier s'avère d'autant plus adapté que les relations « intégrées » sont relativement simples et linéaires. En effet, lorsque c'est le cas, l'utilisation de valeurs moyennes pour les grandeurs et paramètres d'entrée (caractéristiques des cultures, données climatiques d'entrée, etc.) fournit directement des valeurs moyennes des grandeurs de sortie (termes du bilan hydrique, rendements moyens, etc.).

**c) Fiches cultures**

Les données de culture nécessaires pour l'évaluation à grande échelle sont produites et présentées dans des fiches culture. Les fiches cultures regroupent :

- les résultats des simulations, représentés sous forme de profils temporels de bilans hydriques
- les valeurs de bilan obtenues en bilan annuel et à l'étiage
- les paramètres utilisés pour l'estimation.

**Figure 11 - Exemple de fiche culture du blé tendre en Seine-Normandie**



Ces fiches ont été soumises aux spécialistes (INRA Avignon, INRA Lusignan, INRA Toulouse, ...) pour validation en termes de vraisemblance :

- dans leur définition (choix des paramètres, valeurs des paramètres, définition des modes de conduite...),



### 3.2.2.

### *Transcription des scénarios en assolements 2006 et 2030*

#### a) Démarche

Pour atteindre le niveau de production défini dans chacun des scénarios, un ensemble de surfaces mobilisées en 2030, ainsi que la répartition des différentes cultures dédiées sur ces surfaces mobilisées, doivent être définis.

- **Détermination de la nature et de la proportion de chacune des espèces dédiées aux biocarburants 2030**

Si le choix des différentes espèces dédiées à une filière de valorisation donnée est principalement conditionné par des compatibilités pédoclimatiques propres aux différentes échelles de travail, il convient néanmoins de distinguer les éléments de cadrage propres aux cultures énergétiques existantes pour les filières de première génération, des éléments de cadrage propres aux cultures énergétiques lignocellulosiques pour les filières de deuxième génération, qui ont la particularité de ne pas être actuellement intégrées aux systèmes de cultures existants.

Pour les scénarios mettant en œuvre des cultures dédiées aux **biocarburants de première génération** (scénarios 1A et 1B) le choix des espèces repose principalement sur les **espèces mobilisées par les unités de transformation actuellement agréées** jusqu'à l'horizon 2010 pour la production de biocarburants à incorporer dans le pool de carburants français. La liste et la localisation de ces unités de production de biocarburants agréées sont affichées en Annexe 4. Lorsque la demande en carburant 2030 est supérieure à ces agréments 2010, le choix des espèces est orienté en fonction des spécificités du scénario (espèces les plus représentées sur le bassin considéré (scénario 1A) ou développement d'une nouvelle filière ne disposant pas d'agrément aujourd'hui (scénario 1B)). Pour ces systèmes de cultures annuels en rotation, la proportion relative des différentes espèces végétales sur les surfaces mobilisées pour la production de biocarburants en 2030, est faite à partir de règles agronomiques de respect des rotations ou alors à partir de règles de cadrage spécifique du scénario.

Pour les scénarios mettant en œuvre des cultures dédiées de type **lignocellulosique dédiées aux biocarburants de deuxième génération** (scénarios 2 et 3) le choix des espèces repose sur un panel de cultures actuellement identifiées comme étant, par nature, en mesure de produire d'importantes quantités de biomasse à l'hectare en un laps de temps relativement court, ainsi que potentiellement adaptées à une mise en culture dans un contexte pédoclimatique français. Certaines espèces sont d'ores et déjà bien connues et valorisées dans d'autres types de filières (triticale, fétuque etc.); d'autres espèces, encore peu domestiquées, sont à l'étude dans divers programmes de recherche nationaux et internationaux. Parmi ces dernières le choix se concentre alors dans un premier temps sur celles dont on dispose à l'heure actuelle d'un minimum d'**indications quant à leur comportement** en système de culture biomasse. C'est ensuite le niveau de productivité requis et le niveau d'exigence environnemental du scénario qui permet d'orienter plus précisément le choix des espèces. Un scénario intensif (scénario 2) vise préférentiellement les cultures à plus forte productivité, tout en assurant un minimum de diversité dans la nature physiologique des espèces (annuelles, pluriannuelles, pérennes herbacées, pérennes ligneuses). Un scénario de priorité environnementale (scénario 3) s'oriente vers le choix de cultures plus sobres en eau et en intrants par nature (légumineuse, sorgho plutôt que maïs, etc.), de cultures relativement rustiques et minimisant les interventions sur parcelles (espèces pérennes plutôt qu'annuelles). La



pêche (anciennement Service Central des Etudes et des Enquêtes Statistiques ou SCEES) et publiées par l'AGRESTE. Elles ont été réalisées en 1994 (pour 10 cultures avec 9000 parcelles analysées), en 2001 (12 cultures et 21 000 parcelles) et en 2006 (11 cultures et 21 000 parcelles). Ce sont les résultats de l'enquête 2006 mis à disposition au 31 octobre 2008 qui sont utilisés comme données de référence pour la présente étude.

Les données disponibles permettent en outre de calculer un IFT :

- par culture (pour les cultures les plus importantes) ou toutes cultures confondues ;
- par catégorie de produit (herbicide ou autre) ou tous produits confondus.

En revanche, elles ne permettent pas de calculer l'IFT :

- pour toutes les cultures : en effet, seules les cultures les plus répandues<sup>19</sup> font l'objet de l'enquête «Pratiques Culturelles» ;
- tous les ans : en effet l'enquête « Pratiques Culturelles », qui nécessite des moyens humains et financiers assez lourds, n'est pas menée chaque année : les dernières enquêtes ont eu lieu en 1994, 2001, les résultats de l'enquête 2006 sont progressivement mis à disposition, région par région, dans à partir du second semestre 2008.

On peut ensuite obtenir un IFT par région ou à l'échelle nationale, par culture ou toutes cultures confondues en calculant la moyenne des IFT des parcelles correspondantes, pondérée par la surface de ces parcelles.

#### **b) Données d'entrée pour la présente étude**

Grâce aux enquêtes de pratiques culturales réalisées en 2006 sur un échantillon d'exploitations agricoles françaises, et mises à disposition par le service statistiques du ministère de l'agriculture, des IFT moyens régionaux pour les principales grandes cultures ont été calculés par la DGPAAT du ministère de l'Agriculture et de la Pêche (Annexe 10). C'est à partir de ce document que des IFT moyens à l'échelle des surfaces mobilisées en grandes cultures pour les biocarburants dans chacun des scénarios sont calculés. Ces IFT moyens pour les grandes cultures en 2006 sont conservés pour les scénarios 2030 mobilisant ces mêmes grandes cultures (scénarios 1A et 1B en particulier). Il est sous-tendu ici que l'intensité des pratiques d'épandage recensées en 2006 est conservée en 2030 (détails en 6.3.1).

Les IFT des cultures lignocellulosiques valorisées en 2030 sont calculés à partir des données d'itinéraires techniques expérimentées à ce jour et définies à dire d'expert par des agronomes de l'INRA et de l'Institut de végétal ARVALIS. Ces données sont synthétisées en Annexe 12 et les IFT correspondant détaillés en Annexe 10.

#### **c) Bilan des fonctionnalités de l'indicateur:**

- Assez facile à calculer,
- Agrégation simple à grande échelle,
- Quantité absolue de produit phytosanitaire non prise en compte (une dose homologuée 10 g = dose homologuée 1000 g. L'impact environnemental potentiel d'une dose homologuée est alors peu explicite
- Il ne tient compte ni de certaines caractéristiques spécifiques de chaque produit phytosanitaire (comme le comportement dans l'environnement, la solubilité, la volatilité, la toxicité pour les organismes non ciblés, l'écotoxicité pour le milieu...), ni de la vulnérabilité propre à chaque milieu (liée à la pédologie ou à l'hydrogéologie). Il ne constitue donc pas un descripteur exhaustif du risque potentiel pour l'environnement

<sup>19</sup> Betterave, blé dur, blé tendre, colza, maïs, orge, pois, pomme de terre, tournesol en 2001, plus vigne à partir de 2006

(i.e. pour le milieu et pour les organismes non ciblés par le produit phytosanitaire utilisé).

### 6.2.3. *Indicateur de présence dans de milieu*

#### a) Description de l'outil

L'outil SIRIS - Pesticides a été mis en ligne sur Internet en février 2007 (<http://dev-siris.ineris.fr/>). Cet outil est une version informatique de la méthode SIRIS mise au point dans les années 90 (Jouany et Dabène, 1994; Groupe de travail "Listes prioritaires", 1995; Comité de liaison Eau - Produits parasitaires, 2001).

La méthode SIRIS (Système d'Intégration des Risques par Interaction de Scores) repose sur une définition du risque représentant la possibilité d'exposition (ou de transfert vers les eaux). Les effets biologiques ne peuvent être pris en compte que par une évaluation d'experts comparant les rangs SIRIS-Pesticides et les valeurs de toxicité ou d'écotoxicité des substances actives..

L'outil permet d'aboutir à un classement des substances retrouvées dans les eaux profondes et de surfaces à surveiller, à partir des doses de différentes matières actives et des surfaces traitées sur un territoire donné.

Initialement les calculs ont été réalisés grâce au logiciel PROPRE (Pesticides et Résidus : un Outil de Présentation de Risque pour l'Eau) développé par le Service Régional de la Protection des Végétaux (SRPV) d'Ile-de-France. L'outil SIRIS-Pesticides actuellement en ligne est basé sur un moteur de calcul développé par la société GeoHyd. Cet outil a été conçu en 2005-2006 et met en œuvre quelques améliorations à la méthode SIRIS élaborées en collaboration avec le professeur Guerbet, collaborateur de Jouany dans les années 90.

Les possibilités d'exposition sont établies d'une part à partir des propriétés intrinsèques des molécules : mobilité (solubilité dans l'eau et rétention dans le sol), dégradabilité (biologique et chimique), et d'autre part à partir des usages (quantités, ou surfaces traitées et doses appliquées).

Caractéristiques de la molécule prises en compte :

- Koc : Coefficient de partage carbone organique-eau (l/kg): indicateur d'affinité pour le sol (mobilité)
- DT50 : Demi-vie dans le sol (jours): indicateur de persistance dans le sol
- Solubilité : Hydrosolubilité (mg/L): indicateur de potentiel d'entraînement par ruissellement
- Hydrolyse à pH7 : Vitesse d'hydrolyse (jours): indicateur de stabilité dans l'eau

Le calcul du rang d'exposition, correspond à un score d'impact qui repose sur une méthode de pénalisation par rapport à une substance "idéale", c'est à dire favorable pour tous les critères. Le classement obtenu est uniquement qualitatif : plus le rang final est élevé, plus le risque de migration de la substance vers les eaux est grand. Un rang SIRIS élevé est ainsi synonyme d'une forte probabilité de présence dans l'eau. Ce classement se fait à partir de 5 critères répartis en 4 classes. Celles-ci sont hiérarchisées comme indiqué dans le tableau suivant.

Tableau 51 - Hiérarchie des critères d'exposition pour les eaux superficielles et souterraines (d'après Groupe de travail "Listes prioritaires", 1995)

	Classe 1		Classe 2	Classe 3		Classe 4
Eaux souterraines	Affinité pour le sol		Dégradabilité	Usage		Affinité pour l'eau
	Koc		Demie-vie au champ et hydrolyse	Dose et surface développée traitée	Quantité utilisée	Solubilité
Eaux de surface	Usage		Affinité pour l'eau	Dégradabilité		Affinité pour le sol
	Dose et surface développée traitée	Quantité utilisée	Solubilité	Demie-vie au champ et hydrolyse		Koc

En complément de l'attribution d'un rang d'exposition, de potentiels effets biologiques engendrés par la présence de ces substances sont également mentionnés. Les effets biologiques sont appréciés à travers deux critères :

- **DJA** : Dose Journalière Admissible pour l'Homme (mg/kg de poids corporel/jour)
- **CL50** : Concentration létale causant la mort de 50% d'une population donnée (mg/L), ici considérée pour les algues, daphnies et poissons.

Pour chacune des substances classées par SIRIS, la DJA et la CL50 sont affichées accompagnées d'une classe de A à E selon leur caractère plus ou moins toxique. Des graphes de corrélation entre ces critères et le rang de chaque substance peuvent être établis; les substances les plus préoccupantes sont celles dont les paramètres de toxicité et d'écotoxicité prennent des valeurs faibles et dont le rang calculé par SIRIS est élevé.

#### b) Avertissements et limites de SIRIS (Le Gall, 2007)

- Cet outil a été conçu pour les conditions trouvées en France métropolitaine.
- L'outil est basé sur une **représentation très simplifiée des processus de transfert** des pesticides vers les eaux. Il ne peut être utilisé pour réaliser des évaluations de risques dans un contexte spécifique (précision insuffisante pour permettre de caractériser précisément les expositions des populations et des écosystèmes)
- **Effet de seuil**: une étude de sensibilité de la méthode montre que si la modalité attribuée à la classe 1 est erronée, le classement de la substance peut être faux, en théorie, jusqu'à 12 rangs. Une erreur faible sur le critère de la première classe peut donc entraîner un surclassement ou un sous-classement significatif. Si la valeur du critère utilisé pour la classe 1 de ces substances est proche du seuil de modalité, il est conseillé de considérer les substances situées à moins de 12 rangs du seuil fixé pour l'établissement de la liste des pesticides à surveiller dans les eaux.
- Pour une utilisation à l'échelle régionale, le contour des nappes phréatiques correspond rarement au contour des régions administratives ou des bassins versants. Il est donc possible que dans certains cas, les quantités de produits phytosanitaires disponibles pour l'utilisateur de l'outil ne correspondent pas à celles qui ont été

épanchées dans la zone hydrogéologique du point d'échantillonnage. Donc possibilité de biais avec les observations terrain.

Recommandation importante pour l'interprétation des résultats (Le Gall, 2007) :  
Un utilisateur de longue date de SIRIS souligne que les substances ayant une modalité « o » pour les quantités et pour les surfaces traitées (cases laissées en blanc dans les tableaux de classement en Annexe 13) n'ont souvent pas lieu d'être intégrées dans des listes de suivi. Ces substances correspondent en général à des utilisations minoritaires et /ou à des applications très localisées. A l'échelle d'une région, leur suivi n'est pas pertinent (même s'il l'est à proximité du point d'application).

### c) Données d'entrée pour la présente étude

Dans la présente étude, pour établir le scoring à l'échelle des bassins hydrographiques, il convient de déterminer :

- les doses moyennes des principales matières actives épanchées sur le bassin par cultures,
- la part de la surface totale de la culture sur laquelle a été épanchée chacune des matières actives retenues

Ce type d'information peut être en partie disponible pour les grandes cultures (colza, blé, maïs, tournesol, betterave) à l'échelle régionale grâce aux enquêtes de pratiques culturales publiées par le service statistique du ministère de l'agriculture, et également grâce aux études ponctuelles réalisées par les SRPV.

Concernant les cultures énergétiques dédiées non renseignées (miscanthus, switchgrass, sorgho fibre, TCR etc.) les données de pratiques culturales sont obtenues à dire d'experts (Annexe 12).

### d) Bilan des fonctionnalités de l'indicateur

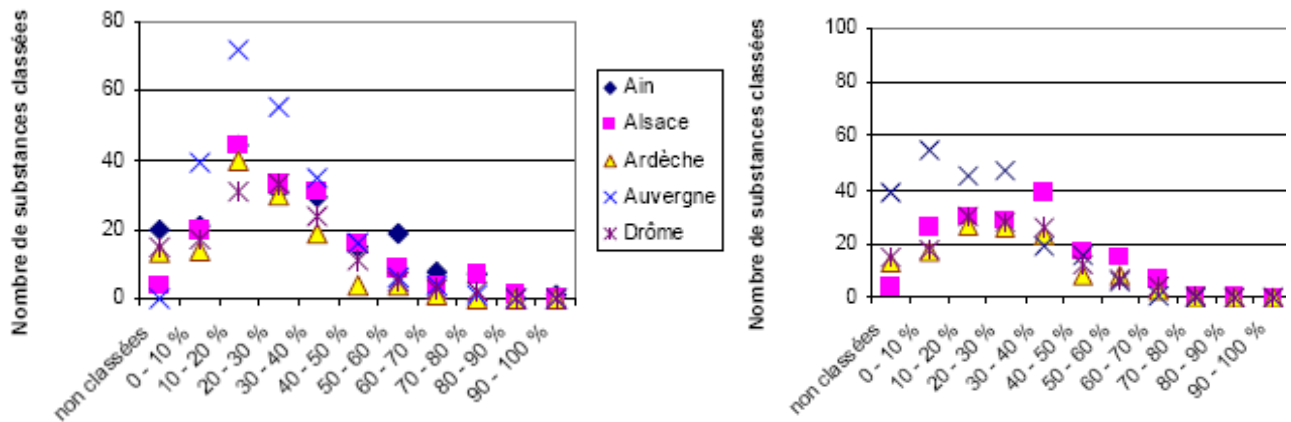
- Croisement de différents critères nécessitant une agrégation plus complexe qu'un indicateur de pression polluante, comme l'IFT par exemple.
- Nombre de données d'entrée plus important.
- Ne quantifie pas les transferts.

### e) Exemples de résultats à l'échelle de régions française en 2007 (Le Gall, 2007)

En 2007, des données d'enquêtes réalisées auprès d'un groupe d'utilisateurs-testeurs de l'outil SIRIS-Pesticides ont été compilées par l'INERIS afin de comparer les résultats de SIRIS-Pesticides et les mesures sur le terrain dans différentes régions françaises. Le rapport issu de cette compilation (Le Gall, 2007) présente notamment, pour un certain nombre de jeux de données reçus, les rangs normalisés de SIRIS-Pesticides rassemblés par tranches de 10%. Les résultats sont ensuite comparés aux données mesurées sur le terrain.

- Rapport d'enquête INERIS 2007 : nombre de substances classées dans chacune des tranches de 10% des rangs obtenus pour ces substances.

Figure 37 - Nombre de substances classées par tranches de 10% du rang normalisé SIRIS pour les eaux de surface (graphes de gauche) et les eaux souterraines (graphes de droite), exemple sur 5 départements français (Le Gall, 2007)



En eaux de surface, la première figure indique dans chacune des cinq régions qu'une majorité de substances épandues sont classées dans une tranche de rang d'exposition de 10 à 20% dans les eaux de surface. Aucune de ces régions ne présente des substances de rang supérieur à 80%.

Dans les eaux souterraines, les substances de ces quatre régions se répartissent majoritairement entre les rangs 0% et 40%. Les rangs d'exposition les plus élevés se situent entre 70 et 80% et concernent moins de 10 substances dans deux des quatre régions.

- Rapport d'enquête INERIS 2007 : observations issues de la comparaison des substances classées par SIRIS avec celles retrouvées sur le terrain

L'ensemble des substances classées par SIRIS-Pesticides, quel que soit leur rang, sont dans la plupart des régions (9/11) des substances dites "recherchées".

Sur les 11 départements analysés, environ 1/3 des substances se retrouvant dans les rangs SIRIS normalisés de 50 à 60% ont effectivement été détectées au moins une fois dans les eaux de surface.

Sur les 11 départements étudiés, près de 81% des substances se retrouvant dans les rangs SIRIS normalisés de 60 à 70% ont effectivement été détectées au moins une fois dans les eaux de surface.

Sur les 6 régions analysées pour leurs eaux souterraines, seules 3 présentent des substances de rangs compris entre 50 et 60%. Parmi celles-ci 16% semblent avoir effectivement été détectées au moins une fois dans les eaux souterraines. Trois régions présentent également des substances de rangs compris entre 60 et 70%. Parmi celles-ci 29% semblent avoir effectivement été détectées au moins une fois dans les eaux souterraines. Enfin, deux régions présentent des substances de rangs compris entre 70 et 80%. Une moyenne de 75% d'entre elles semble avoir effectivement été détectée au moins une fois dans les eaux souterraines.

Remarque : pour la région Poitou-Charentes (non prise en compte dans l'étude de Le Gall 2007), il y a peu de coïncidence entre SIRIS-Pesticides et la réalité terrain (en 2005, seul

le métolachlore, classé au rang 70%, a été détecté parmi les 16 substances actives autorisées recherchées et parmi les 231 substances classées par SIRIS).

De ce retour d'expérience il peut être retenu pour la présente étude que ce sont les substances présentant un rang normalisé supérieur ou égal à **60%** qui présentent le plus de risque d'être effectivement détectées dans les **eaux de surface**. Concernant les **eaux souterraines**, ce sont les substances présentant un rang normalisé supérieur ou égal à **70%** qui présentent le plus de risque d'être effectivement détectées. Par ailleurs, un avertissement semble devoir être mis sur les résultats obtenus pour un système Poitou-Charentes proche du système actuel. Les résultats sur l'assolement 2006 étudié sur cette région peuvent être comparés aux résultats 2030 mais leur représentativité de la situation réelle peut être remise en question.

### 6.3. Intégration des indicateurs et résultats obtenus par scénarios

#### 6.3.1. Hypothèses communes aux deux évaluations

Les évaluations d'intensité des pratiques d'épandage et de risque d'exposition sont réalisées à partir des pratiques d'épandage issues des enquêtes de pratiques culturales de 2006. Concernant **l'utilisation des produits phytosanitaires en 2030** il est convenu que des pratiques d'épandage pour une culture donnée seraient considérées comme similaires aux pratiques actuelles pour cette même culture.

Malgré une très probable disparition d'un certain nombre de substances actuellement autorisées d'ici 2030, cette hypothèse repose sur le fait que, malgré la diminution progressive de substances autorisées, le développement des phénomènes de résistance aux substances restantes par les nuisibles serait à un moment donné compensé par l'amélioration et le développement de nouvelles substances autorisées.

Par ailleurs, si les impacts des substances se réduisent entre 2006 et 2030, les seuils admis dans les milieux naturels devraient également se réduire, par accroissement de l'exigence environnementale et par abaissement des seuils de détection.

Concernant les cultures non renseignées dans les enquêtes de pratiques culturales, et en particulier les cultures énergétiques actuellement au stade de culture en parcelles expérimentales (Miscanthus, Switchgrass, Canne de Provence, Sorgho fibre et taillis à courte rotation), aucune substance phytosanitaire n'est aujourd'hui homologuée pour leur traitement.

Il est alors considéré qu'en 2030 ce sont les pratiques actuellement suivies en parcelles expérimentales (réseau REGIX<sup>20</sup>) qui ont été retenues. D'autres pratiques à dire d'experts sont également retenues pour les cultures dédiées mieux connues (luzerne, triticale plante entière, maïs biomasse) qui nécessitent une adaptation des pratiques d'épandages dans le cadre d'une valorisation énergétique.

Chacun des jeux de données obtenus à dire d'experts est défini de manière spécifique pour la moitié nord, et donc pour le bassin Seine-Normandie, et pour la moitié sud, et donc pour le bassin Adour-Garonne.

Le scénario 3 adapte quant à lui les pratiques d'épandage 2030 de façon à limiter tant que possible l'usage de substances chimiques. Ces nouveaux itinéraires techniques sont

<sup>20</sup> Réseau expérimental REGIX: réseau expérimental mis en place début 2006 alliant petites parcelles et conditions de vraie grandeur, construit du nord au sud en s'appuyant sur les réseaux existants des partenaires du projet ANR REGIX. Ces expérimentations permettent de modéliser la croissance en biomasse d'espèces peu documentées et d'adapter les itinéraires techniques et sylvicoles à l'utilisation énergétique, ce qui pourrait se traduire par leur introduction dans les systèmes de culture.



également définis à dire d'experts fondé sur des pratiques pouvant impliquer des pertes de productivité mais permettant de maintenir une certaine rentabilité économique de la culture.

### 6.3.2. Évaluation de la pression polluante

#### a) Calcul des IFT à l'échelle des surfaces converties des bassins hydrographiques

A partir des données d'IFT moyens régionaux obtenus pour l'année 2006 (Annexe 10), des IFT moyens aux échelles nord/sud et bassins peuvent être calculés en utilisant les données des régions comprises sur les zones nord/sud et des portions de régions comprises dans les frontières des bassins.

Les IFT bassins (notés « IFT SN » et « IFT AG » dans les tableaux suivants) se retrouvent ainsi pondérées par les surfaces de chacune des cultures présentes sur les régions du bassin, calculées au prorata de la surface totale de la culture sur la région.

**Tableau 52 - IFT moyens des cultures renseignées mobilisées en 2006 et en 2030 sur le bassin Seine-Normandie (SN)**

Surfaces (ha)	BETTERAVE	BLE TENDRE	COLZA	TOURNESOL	Part située sur le bassin SN
Alsace	6 270	39 050	4 520	780	
Basse-Normandie	7 250	195 200	41 250	900	5/6
Bourgogne	7 326	316 000	158 400	35 300	1/2
Bretagne	-	290 500	46 900	190	
Centre	21 228	700 250	304 750	81 070	1/6
Champagne-Ardenne	82 241	395 400	171 260	14 490	7/8
Franche-Comté	1 126	65 260	24 315	9 520	
Haute-Normandie	18 250	246 610	70 200	170	1
Ile de France	38 360	244 150	66 216	4 184	1
Lorraine	120	222 150	131 765	2 065	1/6
Nord-Pas-de-Calais	55 530	267 600	21 450	-	
Pays de la Loire	363	357 600	51 800	42 620	
Picardie	137 156	514 930	99 503	895	2/3
<b>Total nord</b>	<b>375 220</b>	<b>3 854 700</b>	<b>1 192 329</b>	<b>192 184</b>	

	H	HH	H	HH	H	HH	H	HH
IFT Nord	2,06	2,13	1,44	3	1,74	4,56	1,64	0,37
IFT SN	2,07	2,28	1,50	3,19	1,15	4,47	1,67	0,38

*H : Herbicides ; HH : Hors herbicides (fongicides, insecticides, autres)*

Le Tableau 52 indique que l'IFT moyen des herbicides de la culture de la betterave à l'échelle du bassin Seine-Normandie est égal à 2,07.

On peut noter par ailleurs que les IFT du bassin Seine-Normandie sont relativement proches des IFT moyens de la moitié nord, avec une tendance légèrement supérieure mise à part pour le colza qui montre des pratiques d'épandage moins intensives notamment en herbicides. Les surfaces de colza du bassin représentent cependant 48% des surfaces de colza de la moitié nord en 2006 (contre 68% pour la betterave par exemple).



**Tableau 53 - IFT moyens des cultures renseignées mobilisées en 2006 et en 2030 sur le bassin Adour-Garonne (AG)**

Surfaces (ha)	MAIS GRAIN	BLE TENDRE	COLZA	TOURNESOL	Part située sur le bassin AG
<b>Aquitaine</b>	314 700	100 600	7 800	47 300	1
<b>Auvergne</b>	33 280	104 900			
<b>Languedoc Roussillon</b>	3 580	3 740		20 940	
<b>Midi Pyrénées</b>	176 098	210 720	34 000	175 000	1
<b>PACA</b>	3 625	4 705			
<b>Charente + Charentes-Maritimes</b>	103 280	154 270	36 775	91 890	1
<b>Rhône Alpes</b>	113 540	110 850			
<b>total sud</b>	<b>644 823</b>	<b>535 515</b>	<b>41 800</b>	<b>243 240</b>	

	MAIS GRAIN		BLE TENDRE		COLZA		TOURNESOL	
	H	HH	H	HH	H	HH	H	HH
IFT Sud	1,72	0,93	1,40	1,87	0,86	1,85	1,50	0,58
IFT AG	1,48	0,86	1,07	1,52	0,86	1,85	1,51	0,60

H : Herbicides ; HH : Hors herbicides (fongicides, insecticides, autres)

Ces IFT moyens bassin sont ensuite convertis en IFT de surfaces converties en biocarburants en 2006 ainsi qu'en IFT de surfaces mobilisées pour les biocarburants en 2030 pour chacun des quatre scénarios grâce aux tableaux de conversion de surfaces présentés au paragraphe 3.2.3

**Tableau 54 -IFT moyen calculés pour les assolements biocarburant 2006 et 2030 du scénario 1A**

Sols mobilisés en 2006	Surfaces 2006	biocarburants en 2030	Surfaces 2030
Terre jachère nue	121 035	colza	79 883
		Blé	27 435
		betterave	13 717
Gel industriel	136 817 11 764 3 991	colza	136 817
		blé	11 764
		betterave	3 991
ACE	151 945 1 806 2 228 11 269	colza	151 945
		tournesol	1 806
		blé	2 228
		betterave	11 269
Prairies permanentes	139 072	colza	34 768
		Blé	69 536
		betterave	34 768
Blé/orge d'export	208 595	Blé	104 298
		colza	104 298
colza d'export	9 100	colza	9 100
Sucre d'export	61 875	betterave	61 875
<b>Total</b>	<b>859 496</b>		<b>859 496</b>

IFT	2006	2030	Evolution
H	0,98	1,37	40,7%
HH	2,58	3,82	48,0%

Les cultures énergétiques dédiées considérées dans les scénarios 2 et 3 (miscanthus, switchgrass, canne de Provence, TCR etc.) n'étant actuellement pas intégrées aux

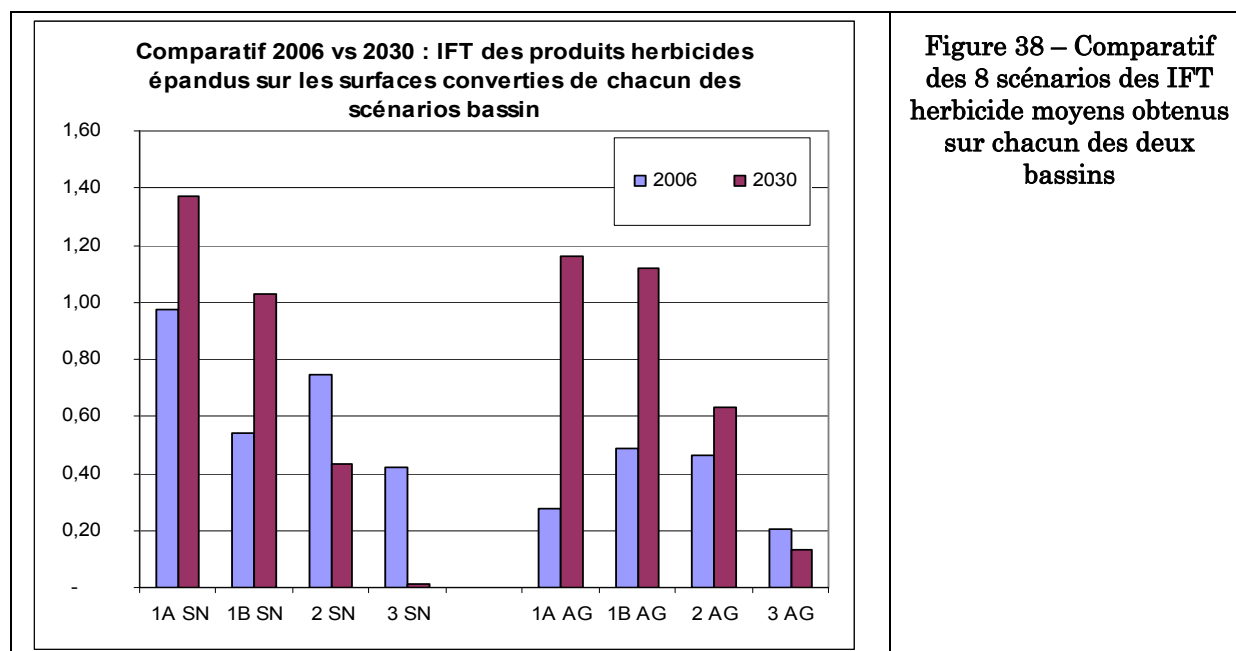
systèmes de cultures actuels, il n'existe pas d'IFT moyens régionaux sur ces cultures. Des calculs d'IFT de cultures pérennes à partir de pratiques à dire d'experts (expérimentations REGIX) ont alors été réalisés (Annexe 10). Ce type de calcul donne un IFT expérimental pour chacune des cultures et suppose qu'il n'y a pas de variations régionales et que les pratiques seront similaires en 2030.

### b) Analyse des résultats par scénario et par bassin

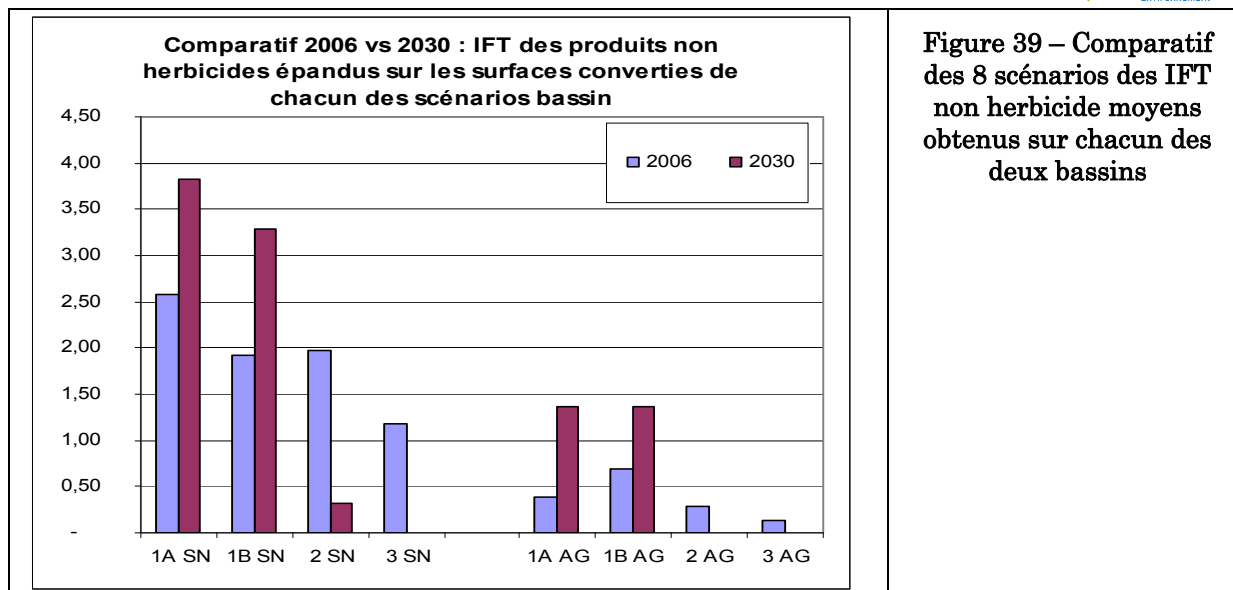
- Remarques générales sur l'ensemble des résultats

Les Figure 38 et Figure 39 regroupent l'ensemble des valeurs d'IFT obtenus pour les surfaces converties par scénario et par bassin.

L'échelle des valeurs d'IFT des herbicides apparaît moins élevée que celles des « hors herbicides » car ces derniers regroupent un ensemble de produits d'usages différents (insecticides, fongicides, molluscicides, etc.) et impliquent donc un nombre de traitements plus important. Si l'usage des herbicides semble répandu de la même manière sur les deux bassins, l'usage des « hors herbicides » paraît moins important en Adour-Garonne.



**Figure 38 – Comparatif des 8 scénarios des IFT herbicide moyens obtenus sur chacun des deux bassins**



**Figure 39 – Comparatif des 8 scénarios des IFT non herbicide moyens obtenus sur chacun des deux bassins**

D’une manière générale les scénarios tendanciels semblent systématiquement voir leur situation s’aggraver en termes d’intensité des traitements phytosanitaires. Les scénarios impliquant le développement des filières de deuxième génération semblent voir la situation 2030 améliorée à l’exception de l’usage des herbicides sur le bassin Adour-Garonne du scénario 2.

S’il est difficile de conclure sur le caractère améliorant du scénario 1B vis-à-vis de 1A (compte tenu de volants de surfaces de traitement non identiques), il est possible de noter que sur Adour-Garonne, le scénario 1B part d’une situation 2006 plus intensive que 1A et aboutit à une situation 2030 moins intensive que 1A. Ce qui n’est pas le cas sur Seine-Normandie. Ce scénario 1B AG paraît ainsi plus efficace en terme de réduction de l’intensité des traitements.

- Comparaison détaillée des IFT 2006 / 2030 des 4 scénarios du bassin Seine-Normandie

#### Scénario 1A SN

IFT	2006	2030	Evolution
H	0,98	1,37	40,7%
HH	2,58	3,82	48,0%

Pour le scénario 1A, les IFT des surfaces converties en cultures dédiées aux biocarburants augmentent en 2030 de 40,7% pour les herbicides et de 48% pour les autres substances.

L’évolution de l’intensité est relativement faible car la nature des cultures ne change pas en 2030. Elle s’explique essentiellement par la conversion de surfaces de jachères non cultivées en 2006 et de surfaces de prairie non traitées en surfaces de grandes cultures nécessitant des traitements en 2030. Ces surfaces non traitées en 2006 représentent 30% du volant de surfaces mobilisé.

### Scénario 1B SN

IFT	2006	2030	Evolution
H	0,54	1,03	88,9%
HH	1,92	3,28	70,9%

Pour le scénario 1B, les IFT des surfaces converties en cultures dédiées aux biocarburants augmentent en 2030 de 88,9% pour les herbicides et de 70,9% pour les autres substances.

Ces intensifications de pratiques sur le volant de surfaces mobilisées dans le scénario 1B s'explique essentiellement par la conversion de surfaces de jachères non cultivées en 2006 en surfaces de grandes cultures nécessitant des traitements en 2030. Ce scénario montre une dégradation de la situation 2030 plus importante que dans le scénario précédent car les surfaces initialement non traitées représentent ici 40% des surfaces mobilisées (contre 30% dans le scénario précédent). Le scénario 1B aboutit par ailleurs à des valeurs d'IFT 2030 moins importantes que précédemment. Le caractère améliorant de ce scénario vis-à-vis du précédent ne peut cependant pas être avancé car il s'agit de volants de surfaces mobilisés différents

### Scénario 2 SN

IFT	2006	2030	Evolution
H	0,75	0,43	-41,8%
HH	1,97	0,32	-83,6%

Pour le scénario 2, les IFT des surfaces converties en cultures dédiées aux biocarburants diminuent en 2030 de 41,8% pour les herbicides et de 83,6% pour les autres substances.

Cela s'explique essentiellement par l'utilisation de cultures énergétiques nécessitant moins de traitements que les grandes cultures dont les surfaces sont mobilisées en 2006. En 2030 seuls Miscanthus et TCR de peuplier, les premières années sur une implantation sur 15 ans, et Triticale, chaque année, nécessitent l'utilisation d'herbicides. Seul Triticale nécessite l'utilisation d'autres types de substances (fongicides). La luzerne et la Fétuque pour une valorisation énergétique ne requièrent pas de traitement de ce type, pour des raisons environnementales et économiques. La diminution d'IFT herbicides n'est pas plus importante que 42% car Miscanthus et les TCR sont entre autres implantés sur des sols de gel nu et terres agricoles non cultivées ne subissant pas de traitements en 2006. Si les valeurs d'IFT moyens ne peuvent être directement mises en comparaison avec celles des précédents scénarios, on peut néanmoins noter que si dans le cas le plus favorable, les valeurs d'IFT des scénarios 1A et 1B étaient ramenées à un volant de surface égal à celui du scénario 2 (1,46 Mha au lieu de 0,7 Mha) en considérant que ce volant de surfaces supplémentaires n'était pas traité, les IFT 2030 1A et 1B resteraient toujours supérieurs aux IFT du scénario 2. On peut alors en conclure que quelque soit l'occupation des sols de ce volant de surfaces supplémentaire, le scénario 2 apparaît ici améliorant vis-à-vis des scénarios tendanciels.

### Scénario 3 SN

IFT	2006	2030	Evolution
H	0,42	0,01	-97,3%
HH	1,18	-	-100,0%

Pour le scénario 3, les IFT des surfaces converties en cultures dédiées aux biocarburants diminuent presque en totalité en 2030.

Ce scénario de priorité environnementale utilise prioritairement des techniques de traitements non chimiques comme le désherbage mécanique. Seul miscanthus requière un traitement chimique en rattrapage la deuxième année pour limiter de trop importantes pertes de productivité liées à la compétition dans l'espace avec les adventices. Les cultures 2030 du scénario 3 ne requièrent pas de traitement de substances hors herbicides. Ce scénario améliore donc nettement la situation 2006. Par ailleurs le volant de surfaces traitées est identique au scénario précédent, les valeurs d'IFP peuvent donc être comparées en absolu affichant ainsi un scénario 3 également nettement améliorant vis-à-vis du scénario 2.

- Comparaison des IFT 2006 / 2030 des 4 scénarios du bassin Adour-Garonne

#### Scénario 1A AG

IFT	2006	2030	Evolution
H	0,28	1,16	322,2%
HH	0,39	1,36	251,4%

Pour le scénario 1A, les IFT des surfaces converties en cultures dédiées aux biocarburants augmentent en 2030 de 322,2% pour les herbicides et de 251,4% pour les autres substances.

Cela s'explique essentiellement par la conversion de surfaces de jachères non cultivées et de surfaces de prairie non traitées en 2006, qui représentent 74% des surfaces mobilisées en 2006, en surfaces de grandes cultures nécessitant des traitements en 2030. Ces mêmes surfaces de jachère et de prairie mobilisées en 2006 ne représentent que 30% des surfaces mobilisées sur le bassin Seine-Normandie.

#### Scénario 1B AG

IFT	2006	2030	Evolution
H	0,49	1,12	129,2%
HH	0,69	1,37	99,2%

Pour le scénario 1B, les IFT des surfaces converties en cultures dédiées aux biocarburants augmentent en 2030 de 129,2% pour les herbicides et de 99,2% pour les autres substances.

Cela s'explique essentiellement par la conversion de surfaces de jachères non cultivées en 2006 en surfaces de grandes cultures nécessitant des traitements en 2030. La prairie n'est ici pas mobilisée (à la différence du même scénario en Seine-Normandie) car une quantité plus importante de résidus de récolte est mobilisée pour la production de biogaz. Ainsi le volant de surfaces initialement non traitées en 2006 et converti en grandes cultures dédiées en 2030 ne représente que 40% du volant de surfaces total mobilisées dans le scénario. Ceci explique pourquoi l'aggravation de la situation 2006 est moins importante en 1B AG qu'en 1A AG. Si le scénario 1B aboutit par ailleurs à des valeurs d'IFT 2030 moins importantes que précédemment, le caractère améliorant de ce scénario vis-à-vis du précédent ne peut cependant pas être avancé car il s'agit de volants de surfaces mobilisés différents.

## Scénario 2 AG

IFT	2006		2030	
H	0,46	H	0,63	36,3%
HH	0,29	HH	-	-100,0%

Pour le scénario 2, les IFT des surfaces converties en cultures dédiées aux biocarburants augmente de 36,3% pour les herbicides en 2030 puis diminue de 100% pour les hors herbicides

Cela s'explique essentiellement par le choix de cultures énergétiques nécessitant aucun traitement hors herbicides en 2030 mais un certain nombre de traitements herbicides. En effet, l'ensemble des cinq espèces retenues nécessitent des actions de désherbage. Par ailleurs parmi ces cultures, le maïs biomasse et le sorgho fibre sont des cultures annuelles requérant des traitements annuels, tandis que les espèces pérennes ne nécessitent que quelques traitements les premières années sur une implantation d'environ 15 ans. En 2006, les surfaces nécessitant des traitements herbicides ne représentent que 32% de l'ensemble des surfaces mobilisées. Même si ce scénario 2 opère sur un volant de surfaces mobilisées plus important que les scénarios précédents, on peut aisément observer que ce scénario reste améliorant vis-à-vis des traitements hors herbicides de ces derniers. Il est cependant plus difficile de conclure sur les traitements herbicides du scénario 2 qui affiche un IFT supérieur aux autres (0,63 contre 0,44 en 1A et 0,24 en 1B) lorsque les traitements sont ramenés à un même volant de surfaces (1,16 Mha).

## Scénario 3 AG

IFT	2006		2030	
H	0,20	H	0,13	-33,8%
HH	0,16	HH	-	-100,0%

Pour le scénario 3, les IFT des surfaces converties en cultures dédiées aux biocarburants diminuent de 33,8% pour les herbicides et en totalité pour les hors herbicides.

Ce scénario de priorité environnementale utilise prioritairement des techniques de traitements non chimiques comme le désherbage mécanique. Trois des six espèces ou systèmes de cultures retenus dans ce scénario nécessitent le passage d'un désherbage chimique en rattrapage de manière à éviter de trop importantes pertes de rendements. Les cultures 2030 du scénario 3 ne requièrent pas de traitement de substances hors herbicides. Le caractère améliorant de ce scénario est nettement affiché ici vis-à-vis de l'année 2006 et également vis-à-vis du scénario 2 qui opère sur le même volant de surfaces mobilisées.

### 6.3.3.

### *Évaluation du risque de pollution pour le milieu*

#### **a) Définition des pratiques d'épandage type aux échelles bassin**

Les données d'entrée nécessaires à l'utilisation de l'outil SIRIS (liste des substances utilisées pour chacune des cultures d'un territoire, leur dose et la surface épandue) sont, pour les grandes cultures (blé, colza, betterave, maïs, tournesol) recensées dans les enquêtes de pratiques culturales par régions administratives. Leur mise à disposition n'est cependant que partielle à ce jour. Certaines régions n'ont pas publié leurs résultats, d'autres de façon non exhaustive. Parmi les régions en tout ou partie présentes sur les

bassins hydrographiques étudiés, seules les régions Bourgogne et Poitou-Charentes disposent de données complètes.

En l'absence de données plus complètes dans le temps imparti de l'étude, les données de ces deux régions permettent d'échantillonner les résultats à l'échelle d'une région considérée comme *représentative* de son bassin d'appartenance pour les scénarios mobilisant des grandes cultures. En d'autres termes, les résultats SIRIS pour les **scénarios 1A et 1B** des bassins Seine-Normandie et Adour Garonne correspondent aux résultats obtenus pour les échantillons régionaux Bourgogne et Poitou-Charentes respectivement (tableaux des données de pratiques d'épandage en Annexe 12). Il faut cependant noter qu'en région Bourgogne la culture de betterave a été très peu pratiquée en 2006, les enquêtes de pratiques n'ont donc pas été réalisées sur cette culture. En choisissant les départements de la région Bourgogne présents sur le bassin comme échantillon représentatif des données d'enquêtes de pratiques on suppose alors que les surfaces de betterave mobilisées et mise en culture dans les scénarios se situent dans les autres régions du bassin.

Quant aux scénarios mobilisant des cultures énergétiques non renseignées dans les enquêtes de pratiques culturelles (**scénarios 2 et 3 en 2030**), les données de pratiques à dire d'experts retenues sont considérées comme stables d'une région à l'autre d'un même bassin. Les résultats SIRIS peuvent donc être obtenus pour l'assolement biocarburants de l'ensemble du bassin en 2030. Les assolements 2006 de ces scénarios peuvent cependant en partie correspondre à des surfaces de grandes cultures mobilisées pour l'implantation de cultures dédiées en 2030. Les résultats SIRIS pour l'année 2006 correspondent donc aux résultats obtenus pour les échantillons régionaux *représentatifs* du bassin cités précédemment.

#### **b) Classements SIRIS obtenus pour les assolements 2006 et 2030 de chacun des scénarios**

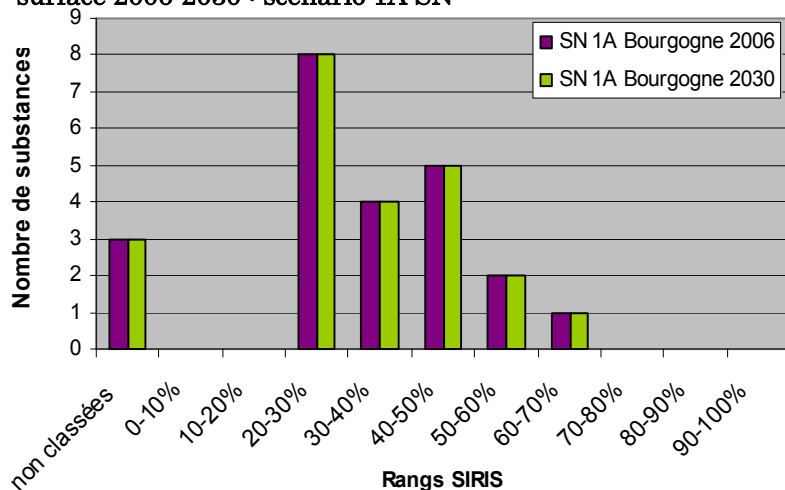
Le moteur de calcul de SIRIS permet d'obtenir un classement des substances épandues pour chaque assolement au niveau d'un bassin (ou par région échantillon de bassin) traduisant le potentiel d'exposition des eaux de surfaces et des eaux souterraines à chacune de ces substances (classements SIRIS et rangs d'exposition détaillés en Annexe 13). Un niveau de toxicité pour l'homme ainsi que pour la faune et la flore aquatiques est également précisé selon les caractéristiques des substances en haut de classement. L'objectif de cette partie est de déterminer si le passage de l'assolement 2006 à l'assolement 2030 dédié aux biocarburants implique des modifications de rang de potentiel d'exposition et de toxicité pour les écosystèmes.



▪ Scénario 1A Seine-Normandie

En eaux de surface

Figure 40 - Comparaison des rangs d'exposition des eaux de surface 2006-2030 : scénario 1A SN



La répartition des rangs d'exposition des différentes substances utilisées est strictement la même en 2006 et en 2030 pour ce scénario (Figure 34).

Les surfaces de culture mobilisées en 2006 sont effectivement dédiées aux mêmes cultures en 2030 (colza, blé, betterave). Les mêmes substances et mêmes doses sont donc utilisées.

Des surfaces supplémentaires de gel nu et de prairie sont cependant mobilisées pour ces mêmes cultures en 2030 mais elles

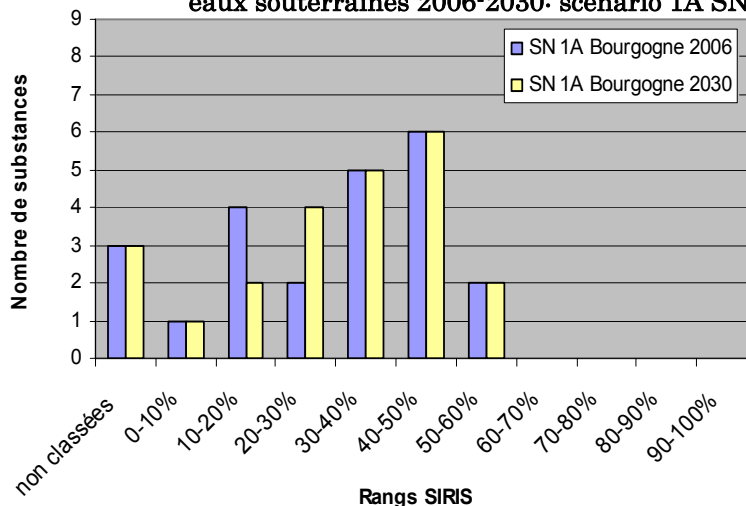
n'impliquent pas d'accentuation du risque d'exposition des eaux de surface. Parmi les substances de rang supérieur à 40%, seul un herbicide du colza (le napropamide) semble gagner quelques rangs en passant de la 7<sup>ème</sup> à la 3<sup>ème</sup> substance la plus à risque. Par ailleurs on compte plusieurs échanges de classement parmi les substances de rang 20 à 30%.

Ces modifications de classement n'ont qu'un impact limité sur les risques d'écotoxicité. Le napropamide fait baisser le risque de toxicité pour la faune et la flore aquatique et augmente très légèrement le risque de toxicité pour l'homme.

En eaux souterraines

En eaux souterraines, le potentiel de contamination maximum est légèrement moins important qu'en eaux de surface (56% vs 63%). Parmi l'ensemble des substances épandues, un plus grand nombre de substances ont un risque supérieur à 40% en eaux souterraines alors qu'en eau de surface, les substances présentent majoritairement un risque plus faible. Les substances du blé semblent plus représentées parmi les substances les plus à risque en eaux souterraines.

Figure 41 - Comparaison des rangs d'exposition des eaux souterraines 2006-2030: scénario 1A SN



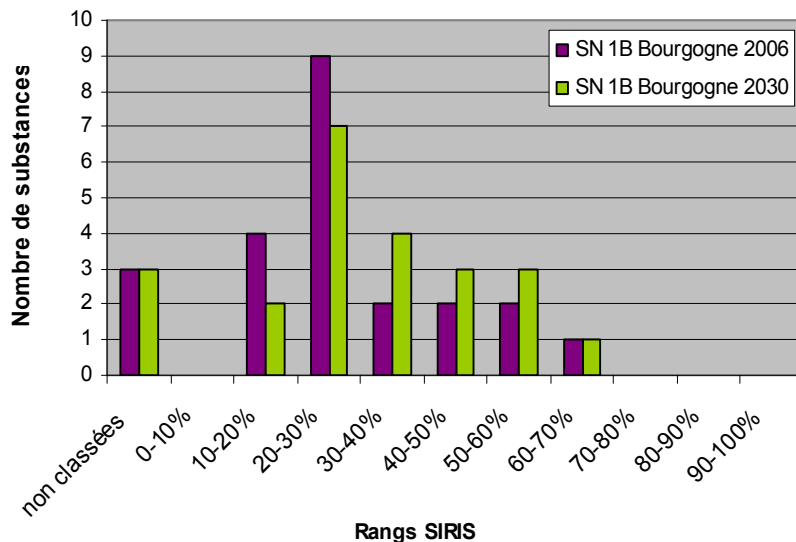
La répartition en différentes classes de rang est similaire en 2006 et en 2030 avec cependant un plus grand nombre de substances dans la fourchette 20-30% en 2030. L'accentuation du risque en 2030 se montre donc mineure en eaux souterraines.

Le risque d'écotoxicité s'avère inchangé entre 2006 et 2030 compte tenu du fait que le classement des principales substances à risque (rang normalisé supérieur à 40%) est identique.

▪ **Scénario 1B Seine-Normandie**

En eaux de surface

**Figure 42 - Comparaison des rangs d'exposition 2006-2030 des eaux de surface : scénario 1B SN**



Le potentiel maximum d'exposition est identique en 2006 et en 2030 (63%). Néanmoins, pour un même nombre de substances classées en 2006 et en 2030 un plus grand nombre de substances se retrouve parmi les rangs plus élevés de potentiel d'exposition des eaux de surface.

Les cultures et les substances utilisées sont les mêmes en 2006 et en 2030 les surfaces mobilisées en grandes

cultures sont cependant supérieures en 2030. Des surfaces normalisées plus élevées amènent à un potentiel de contamination et donc des rangs de classement plus grands.

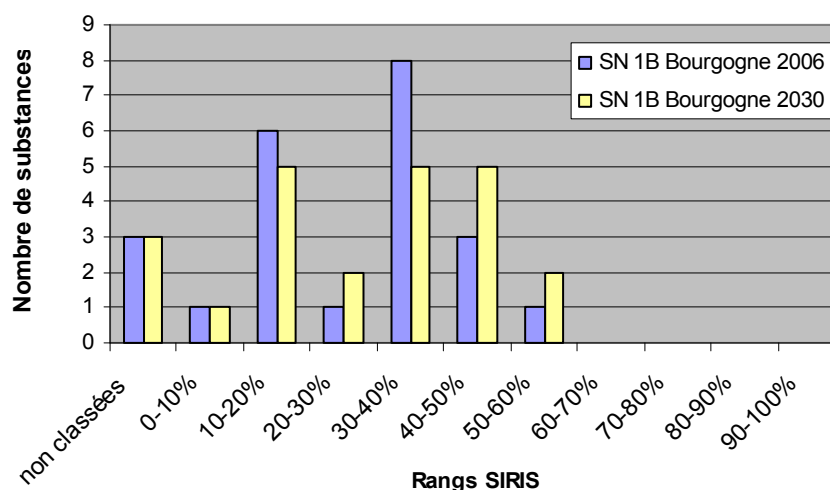
Les modifications d'écotoxicité pour la faune et la flore aquatique ne concernent que les substances à faible risque d'exposition. Le risque de toxicité pour l'homme est très légèrement diminué en 2030 par le passage d'une substance de toxicité moyenne pour l'homme en 2006 vers les substances à faible risque d'exposition en 2030.

En eaux souterraines

En eaux souterraines, le risque maximum est moins important qu'en eaux de surface (56% vs 63%). Cependant, un plus grand nombre de substances présente un risque d'exposition supérieur à 30% dans ces eaux souterraines.

Le risque d'exposition maximum est identique en 2006 et 2030 (56%). Cependant le **risque d'exposition est amplifié** pour les eaux souterraines en 2030 par un nombre croissant de substances de rang supérieur à 40%.

**Figure 43 - Comparaison des rangs d'exposition 2006-2030 des eaux souterraines : scénario 1B SN**

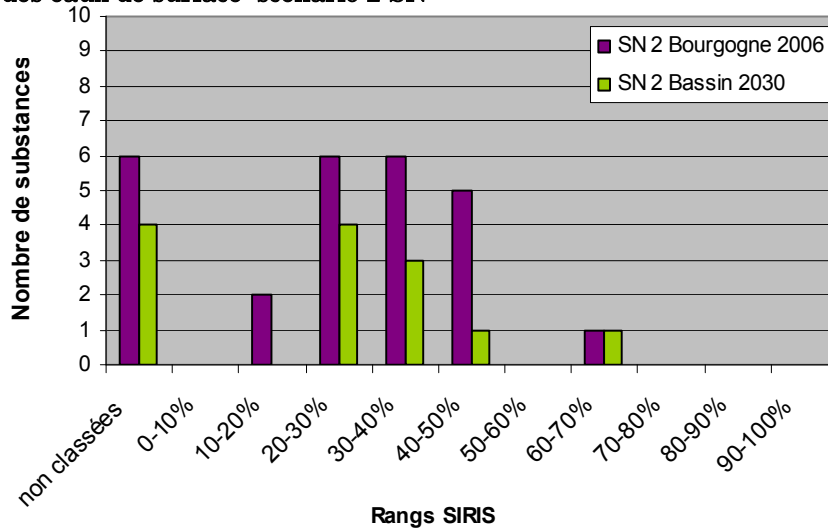


Le risque d'écotoxicité pour l'homme et pour la faune et la flore aquatiques est similaire en 2006 et en 2030 avec le même nombre de substances à risque modéré parmi les substances à risque d'exposition élevé.

▪ **Scénario 2 Seine-Normandie**

En eaux de surface

**Figure 44 - Comparaison des rangs d'exposition 2006-2030 des eaux de surface: scénario 2 SN**



Le rang maximum d'exposition en 2006 est identique au rang 2006 des autres scénarios en eaux de surface (63%). Ce rang est également identique en 2030 à l'échelle bassin.

Malgré des doses épandues nettement plus faibles (compte tenu du nombre réduit de passages au cours des cycles de cultures pérennes), et le nombre

plus faible de substances, les surfaces épandues sont importantes en 2030.

Le **risque de transfert reste donc identique** en 2006 et en 2030 mais on note un nombre réduit de substances à rechercher dans les eaux de surface en 2030.

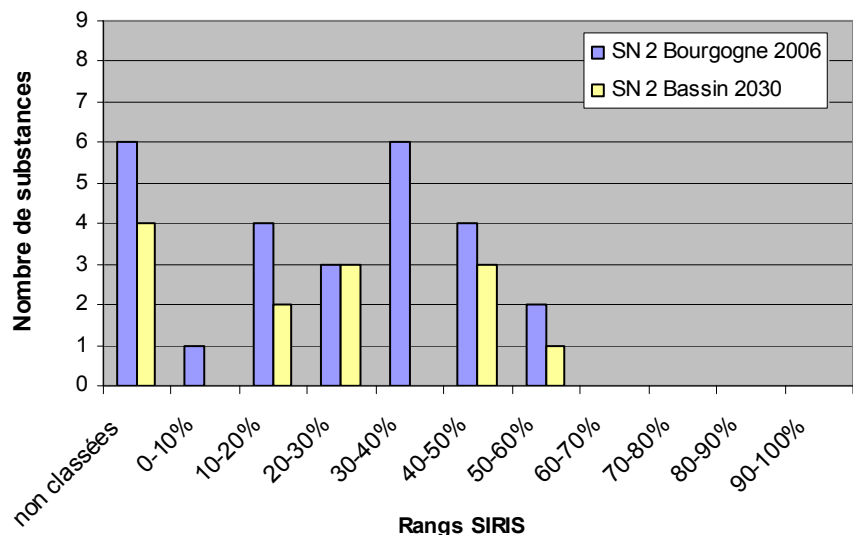
Par ailleurs, le risque **d'écotoxicité se montre relativement plus faible** en 2030 avec des substances à risque ayant un caractère toxique moindre.

En eaux souterraines

Le rang maximum d'exposition des eaux souterraines reste inférieur à celui des eaux de surface mais il apparaît légèrement supérieur dans ce scénario 2 en 2030 (58% vs 56% dans les scénarios précédents).

Le nombre de substances utilisées et leurs doses sont nettement inférieures en 2030 mais leurs caractéristiques de transfert sont plus à risque et leurs surfaces épandues plus importantes.

**Figure 45 - Comparaison des rangs d'exposition 2006-2030 des eaux souterraines: scénario 2 SN**

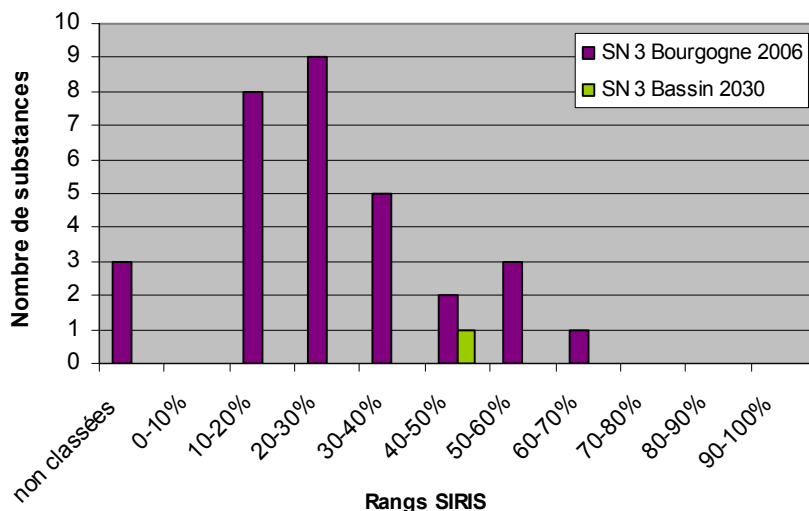


Comme en eaux de surface le **risque d'écotoxicité se montre néanmoins plus faible** en 2030 avec des substances à risque ayant un caractère toxique moindre

▪ **Scénario 3 Seine-Normandie**

En eaux de surface

**Figure 46 - Comparaison des rangs d'exposition 2006-2030 des eaux de surface: scénario 3 SN**



En 2030 un unique traitement herbicide sur Miscanthus est nécessaire. La dose est faible sur la durée de vie de la culture mais une surface épandue relativement importante et une solubilité importante de la substance amène celle ci à un rang normalisé de 40,13% en eaux de surface. La situation en 2030 reste cependant nettement améliorante en terme de risque d'exposition vis à vis d'une situation 2006 de

référence mobilisant des surfaces de grandes cultures nécessitant l'emploi d'une grande diversité de traitements.

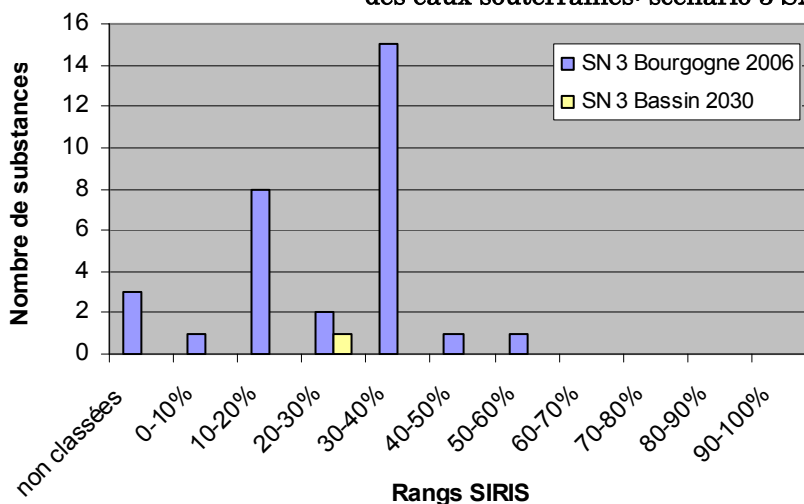
Par ailleurs, la substance utilisée en 2030 ne présentant pas de caractère toxique ni pour l'homme ni pour la faune et la flore aquatique, le **risque d'écotoxicité se retrouve également négligeable** dans ce scénario 2030 vis à vis d'un scénario 2006 présentant des substances à risque d'exposition à caractère relativement toxique notamment pour la faune et la flore aquatique (CL50 minimum faibles).

En eaux souterraines

L'analyse des résultats en eaux de surface est valable pour les eaux souterraines. La situation 2030 est d'autant plus améliorée en eaux souterraines par une substance utilisée dont les caractéristiques de transfert sont encore moins à risque qu'en eaux de surface avec un risque d'exposition de 25%.

Les remarques concernant l'amélioration de l'écotoxicité en eaux de surface restent valables en eaux souterraines.

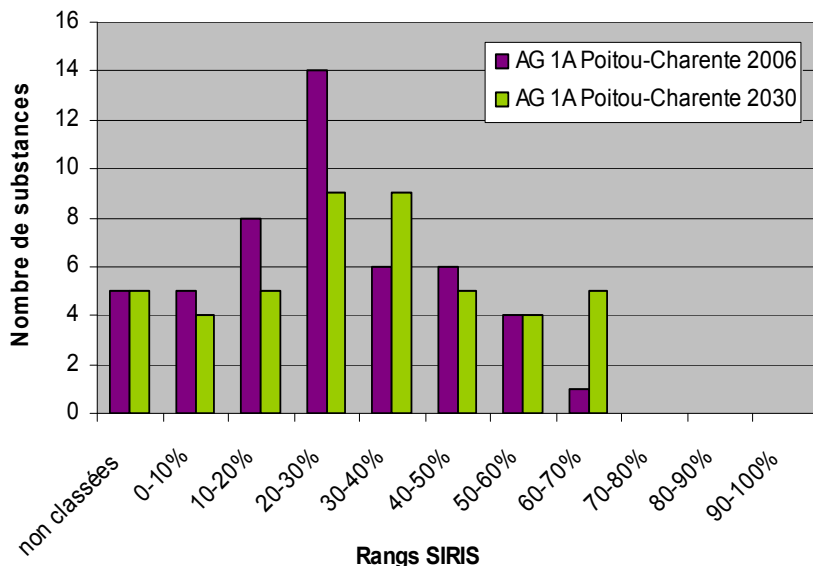
**Figure 47 – Comparaison des rangs d'exposition 2006-2030 des eaux souterraines: scénario 3 SN**



▪ Scénario 1A Adour-Garonne

En eaux de surface

Figure 48 – Comparaison des rangs d'exposition 2006-2030 des eaux de surface: scénario 1A AG



Malgré un nombre de substances identiques et de même nature en 2006 et en 2030 le risque maximum passe de 63% en 2006 à 65% en 2030.avec un nombre de substances à risque élevé supérieur. Ces dernières sont globalement les mêmes avec quelques variations de classement mais leurs surfaces d'épandage augmentent sensiblement en 2030. Ce même phénomène a été également observé pour le scénario 1B en Seine-Normandie.

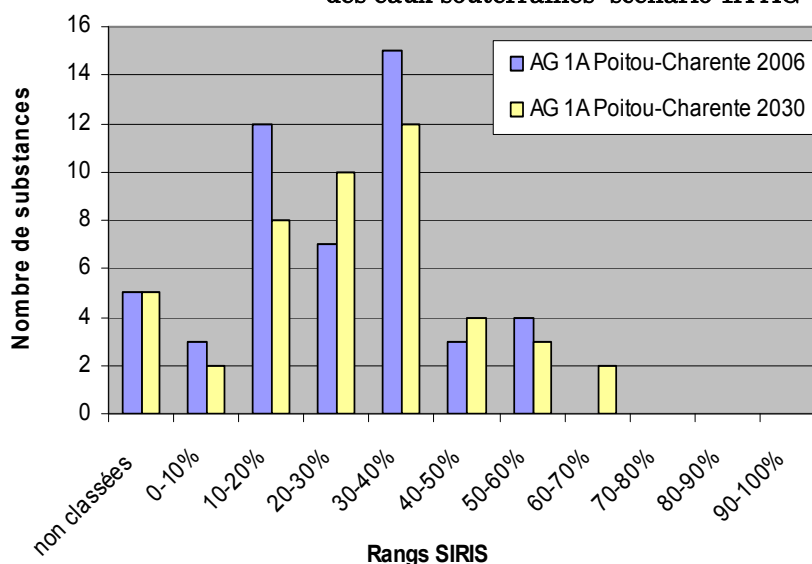
**Le risque d'écotoxicité en eaux de surface reste globalement le même** en 2006 et en 2030 car ce sont les mêmes substances à risque avec les mêmes caractéristiques de toxicité que l'on retrouve en haut de classement.

En eaux souterraines

L'analyse des résultats est similaire en eaux souterraines. Le risque d'exposition est globalement inférieur en eaux souterraines avec un risque maximum de 58% et 61% en 2006 et 2030 respectivement. Cependant un plus grand nombre de substances se situe dans un niveau de risque de 30-40% contre un niveau inférieur autour de 20-30% en eaux de surface.

L'écotoxicité n'est pas fondamentalement modifiée entre 2006 et 2030 mais l'élargissement des surfaces de maïs en 2030, et en particulier l'épandage de l'acétochlore, **augmente légèrement le niveau de toxicité pour la faune et la flore aquatiques** des substances à plus fort risque d'exposition

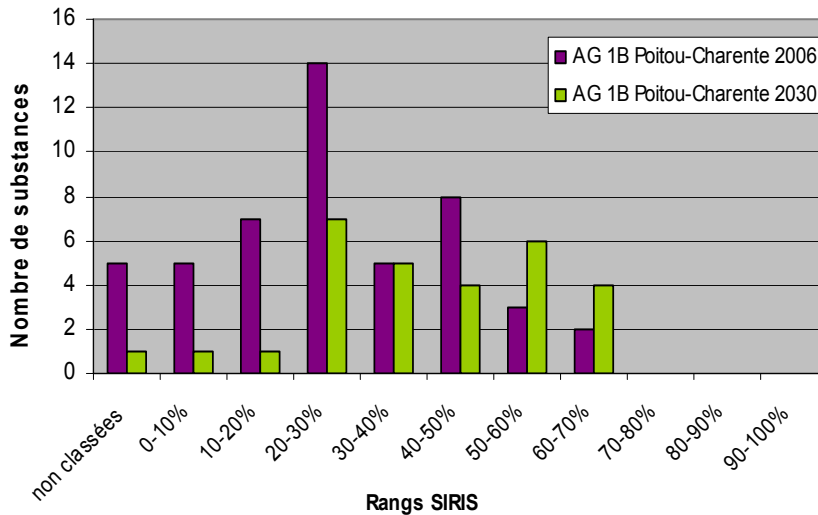
Figure 49 - Comparaison des rangs d'exposition 2006-2030 des eaux souterraines: scénario 1A AG



▪ **Scénario 1B Adour-Garonne**

En eaux de surface

**Figure 50- Comparaison des rangs d'exposition 2006-2030 des eaux de surface: scénario 1B AG**



Dans le scénario 1B la prairie n'est pas mobilisée (à la différence du scénario 1A) et les surfaces de maïs sont moins importantes en 2030 (que pour le scénario 1A). Il en résulte dans ce scénario 1B un nombre de substances à risque d'exposition moins important en 2030 que dans le scénario précédent. Les niveaux de risque maximum sont

cependant les mêmes (et reste légèrement supérieur en 2030 compte tenu de surfaces d'épandage plus larges par la mobilisation de surfaces de gel nu pour la mise en place de grandes cultures.

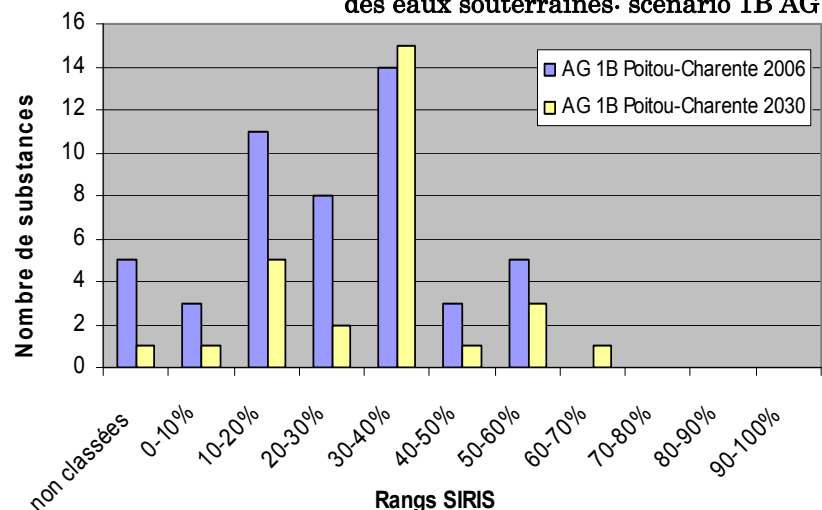
Le nombre de substances à risque d'exposition supérieur à 60% étant plus élevé en 2030 le niveau de risque d'écotoxicité augmente légèrement avec notamment l'augmentation du risque d'une substance du tournesol (flurochloridone) qui semble montrer des caractéristiques de toxicité pour la faune et la flore aquatiques.

En eaux souterraines

L'analyse des résultats est similaire en eaux souterraines. Le risque d'exposition est globalement inférieur en eaux souterraines avec un risque maximum de 58% et 61% en 2006 et 2030 respectivement. Cependant un plus grand nombre de substances se situe dans un niveau de risque de 30-40% contre un niveau inférieur autour de 20-30% en eaux de surface. Le profil de risque des eaux souterraines du scénario 1B

est similaire au profil du scénario 1A. L'écotoxicité n'est pas fondamentalement modifiée entre 2006 et 2030 mais l'élargissement des surfaces de tournesol en 2030, et en particulier l'épandage de l'aclonifen, **augmente légèrement le niveau de toxicité pour la faune et la flore aquatiques** des substances à plus fort risque d'exposition (risque supérieur ou égal à 40%).

**Figure 51 - Comparaison des rangs d'exposition 2006-2030 des eaux souterraines: scénario 1B AG**

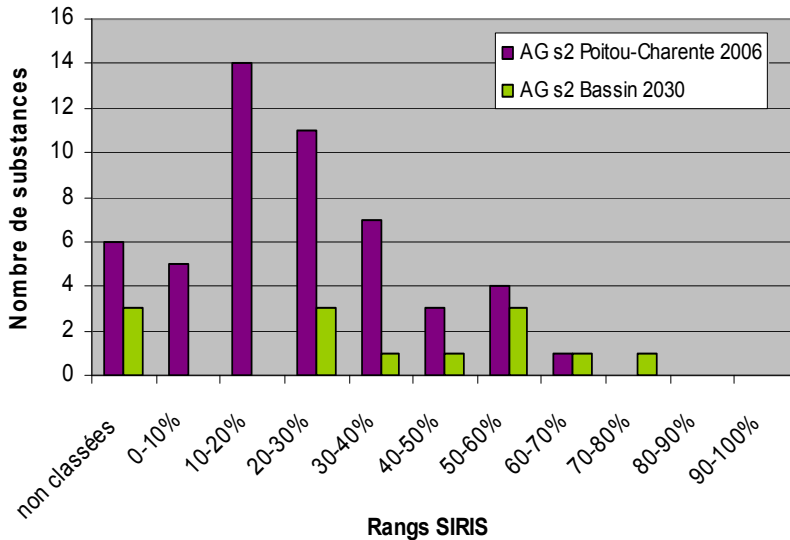




▪ **Scénario 2 Adour-Garonne**

En eaux de surface

**Figure 52 - Comparaison des rangs d'exposition 2006-2030 des eaux de surface: scénario 2 AG**



Le nombre de substances utilisées est nettement inférieur en 2030 puisqu'il s'agit essentiellement d'herbicides pour la mise en place de cultures pérennes spécifiques de ce scénario 2 (vis à vis des précédents). Les trois substances les à plus fort risque de transfert en 2030 sont également utilisées en 2006 mais sur des surfaces nettement moins importantes. En effet, des herbicides utilisés sur Switchgrass et Canne de Provence en 2030 (près d'1 Mha sur le bassin) sont en 2006 épandues sur les seules

surfaces de maïs converties (287 000 ha sur le bassin). Ceci aboutit alors à un risque maximum passant de 63% en 2006 à 73% en 2030.

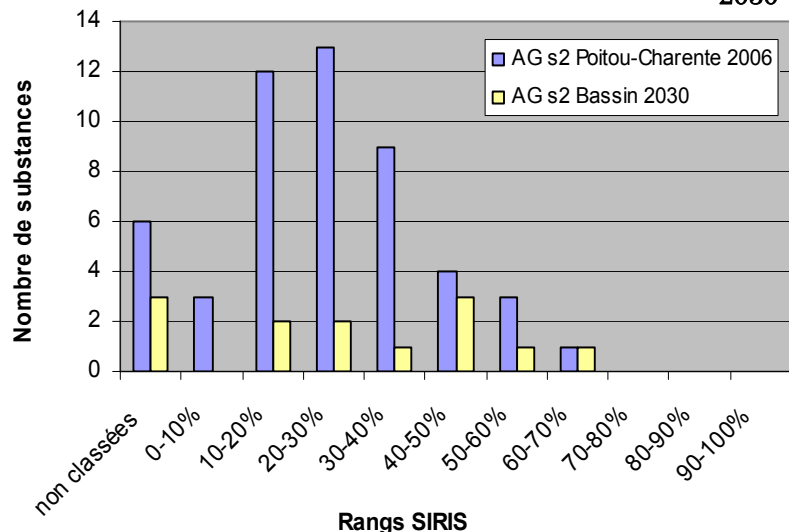
Le niveau maximum de risque de toxicité se retrouve également plus élevé en 2030 par un risque de transfert plus important pour trois substances mais le nombre de substances à caractère toxique s'avère inférieur (3 substances à caractère moyennement toxique parmi celles présentant un risque de transfert supérieur à 40%, contre 7 substances en 2006).

En eaux souterraines

En eaux souterraines le risque maximum est également augmenté en 2030 mais dans une moindre mesure (de 61% en 2006 à 66% en 2030). C'est une substance utilisée pour le sorgho qui est responsable de cette augmentation par l'élargissement des surfaces de sorgho grain en sorgho fibre en 2030. Comme en eaux de surface le nombre de substances présentant un risque de transfert inférieur à 60% apparaît nettement inférieur.

Le risque de toxicité des eaux souterraines se voit ici diminuée en 2030 grâce à un nombre moins important de substances à risque de transfert présentant des caractères toxiques.

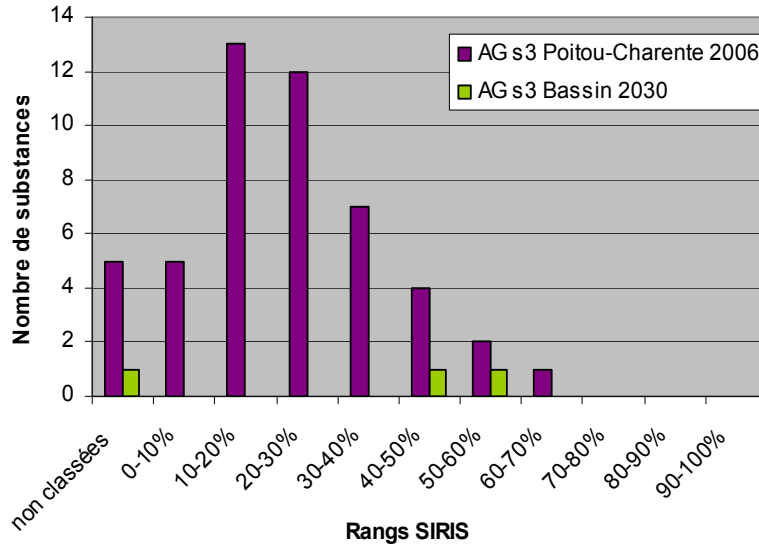
**Figure 53 - Comparaison des rangs d'exposition 2006-2030**



▪ **Scénario 3 Adour-Garonne**

En eaux de surface

**Figure 54 – Comparaison des rangs d'exposition 2006-2030 des eaux de surface: scénario 3 AG**



Le scénario 3 2030 se montre significativement améliorant en Adour-Garonne. Le nombre de substances utilisées est nettement inférieur puisque seuls Miscanthus, Switchgrass et Sorgho fibre ne requièrent qu'un herbicide de rattrapage, sur 50% des surfaces implantées. Le risque maximum de transfert passe par ailleurs de 63% en 2006 à 51% en 2030. La plupart des substances à fort risque en 2006 ne sont plus utilisées en 2030

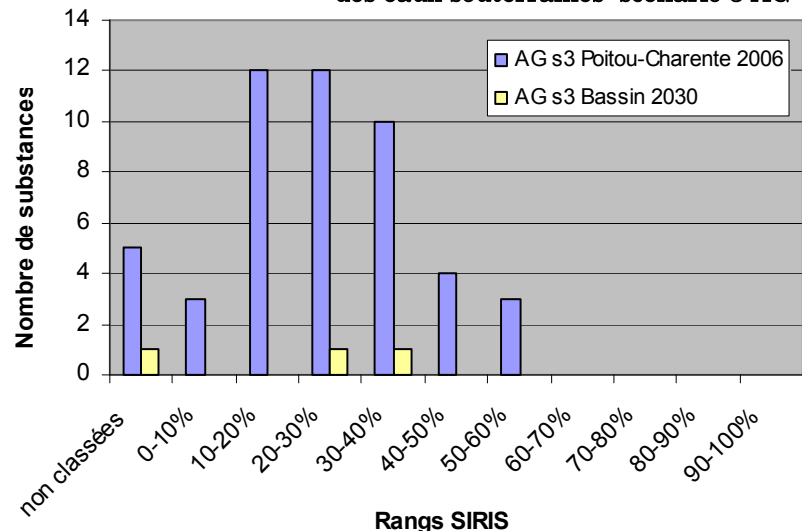
hormis le glyphosate dont la dose est diminuée de plus de 90% pour les cultures pérennes de 2030.

Le risque d'écotoxicité se retrouve également réduit par la baisse de substances utilisées. L'herbicide du sorgho fibre présente néanmoins un caractère potentiellement toxique pour la faune et la flore aquatiques.

En eaux souterraines

L'analyse formulée pour les eaux de surface reste valable pour les eaux souterraines dans ce scénario 3. Le risque maximum de transfert passe de 52% en 2006 à 40% en 2030. Le plus fort risque de transfert s'exprime en 2006 par une substance utilisée pour le tournesol épanchée en quantités relativement faible mais dont les caractéristiques d'affinité pour le sol sont également faibles. En 2030 le risque de transfert le plus fort s'exprime par une substance du sorgho fibre dont l'affinité pour le sol est nettement plus importante que celle du tournesol et la solubilité dans l'eau plus faible.

**Figure 55 – Comparaison des rangs d'exposition 2006-2030 des eaux souterraines: scénario 3 AG**



Le risque d'écotoxicité des eaux souterraines bénéficie de la même analyse qu'en eaux de surface.

### c) Remarques générales et bilan de l'analyse

De manière globale, les scénarios tendanciels et le scénario 2 présentent 1 à 5 substances à risque supérieur à la limite significative de 60% en eaux de surface, et 1 substance de risque supérieur à la limite de 70% en eaux souterraines sur le bassin Adour-Garonne uniquement. Le scénario 3 est systématiquement en dessous de ces seuils.

Par ailleurs, les **scénarios 1A et 1B** présentent des résultats similaires dans chacun des bassins. Les risques maximum de transfert vers les eaux de surfaces et souterraines sont identiques. Le caractère améliorant du scénario 1B se traduit en général par un nombre de substances à risque supérieur à 40% moins important. Le risque global d'exposition des eaux est légèrement supérieur dans les scénarios du bassin Adour-Garonne. Cela est essentiellement dû au choix des cultures mobilisées et éventuellement au cas particulier de l'échantillon Bourgogne dont les résultats peuvent être sous estimés car il fait défaut sur la culture de betterave parmi ses cultures dédiées, tandis que la région Poitou-Charentes dispose de l'ensemble des cultures dédiées définies (colza, blé, maïs). L'écotoxicité varie relativement peu avec toutefois certaines substances du tournesol en haut de classement présentant des risques pour la faune et la flore aquatiques.

En Seine-Normandie le **scénario 2** montre des résultats SIRIS très similaires aux précédents scénarios. Le nombre de substances est significativement diminué mais les surfaces épandues sont supérieures et les caractéristiques de transfert plus marquées pour les eaux souterraines. En Adour-Garonne, le risque maximum s'avère aggravé à cause de traitements identiques sur les principales cultures pérennes de l'assolement 2030 (Switchgrass et Canne de Provence) induisant d'importantes surfaces d'épandage pour une même substance. Par ailleurs le traitement considéré sur sorgho fibre requière des substances peu efficaces (nécessitant de fortes doses) et est en cours d'amélioration. Les classements SIRIS affichent nettement le caractère améliorant du **scénario 3** sur les deux bassins.

Ce système d'évaluation montre l'importance de la diversité dans le choix des espèces cultivées. Notamment dans le cas du scénario 2, plus les cultures dédiées seront de nature physiologique différente, moins il y aura de risque d'utiliser des herbicides de même nature impliquant de larges surfaces d'épandage.

### d) A titre indicatif : comparaison avec les substances considérées comme dangereuses par le PIRRP

Le plan interministériel de réduction des risques liés aux pesticides (2006-2009) a pour objectif de réduire de 50% les ventes des substances les plus dangereuses, d'ici la fin de l'année 2009. Les 47 substances concernées sont celles qui peuvent être considérées comme les plus dangereuses pour l'homme et l'environnement. Elles correspondent aux critères suivants :

- toutes les substances classées en catégorie 7 de l'actuelle Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP) relative aux produits phytopharmaceutiques,
- les substances classées en catégorie 6 de cette TGAP qui sont aussi cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (CMR) ou dangereuses prioritaires au titre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE).

**Tableau 55 - Liste des substances concernées**

alachlore aldicarbe azinphos-methyl azocyclotin beta-Cyfluthrine bromoxynil (iso et sels) bromoxynil (octanoate) captane carbendazime carbofuran chlorfenvinphos chlorophacinone chlorothalonil chlorpyrifos-ethyl cyfluthrine cypermethrine	dichlorvos dinocap diphenylamine diquat diuron endosulfan ethoprophos fenbutatin oxydef fenpropathrin fenthion flumioxazine fluquinconazole flusilazole formetanate ioxynil isoproturon	lambda-cyhalothrine linuron methamidophos methidathion methomyl molinate oxydemeton-méthyl paraquat parathion-méthyl propargite terbufos tolylfluanide triacetate de guazatine vinclozoline zirame
---	--	--

Source: d'après axe 5 du PIRRP

Sur les 47 substances considérées, **10 d'entre elles sont utilisées dans les scénarios** de la présente étude. Ces dix substances sont listées dans le tableau suivant en faisant référence aux cultures/filières les employant.

**Tableau 56 - Substances phytosanitaires utilisées dans l'étude retenues par le PIRRP**

Substances	Cultures filières concernées	Scénarios 2030 concernés
Bromoxynil (sels)	Mais/Ethanol G1	1A et 1B Adour-Garonne
Bromoxynil (octanoate)	Blé/Ethanol G1	1A Adour-Garonne
	Triticale/G2	2 Seine-Normandie
Carbendazime	Colza/Biodiesel	1A et 1B Adour-Garonne et Seine-Normandie
Carbofuran	Mais/Ethanol G1	1A et 1B Adour-Garonne
	Tournesol/Biodiesel	
Chlorothalonil	Blé/Ethanol G1	1A Adour-Garonne et 1A et 1B Seine-Normandie
Cypermethrine	Colza/Biodiesel	1A et 1B Adour-Garonne et Seine-Normandie
	Blé/Ethanol G1	1A Adour-Garonne
Flusilazole	Colza/Biodiesel	1A et 1B Adour-Garonne
ioxynil	Triticale/G2	2 Seine-Normandie
	Blé/Ethanol G1	1A Adour-Garonne
Isoproturon	Blé/Ethanol G1	1A Adour-Garonne et 1A et 1B Seine-Normandie
Lambda-cyhalothrine	Mais/Ethanol G1	1A et 1B Adour-Garonne
	Colza/Biodiesel	1A et 1B Adour-Garonne

Les indicateurs de mesure de pression phytosanitaire retenus ici sont des indicateurs mesurant qualitativement le niveau **d'intensité de pratique d'épandage** pour l'un, puis un niveau de **potentiel d'exposition des eaux** aux substances chimiques pour l'autre. De nature fondamentalement différente, ces indicateurs peuvent difficilement être mis en relation de manière à définir un lien logique entre les effets mesurés par l'un, sur les effets mesurés par l'autre. En effet un scénario présentant une intensification de l'épandage de produits phytosanitaires en 2030 n'implique pas d'emblée un risque plus important d'exposition des eaux aux substances épandues, ce risque étant dépendant de la dose appliquée mais également des caractéristiques intrinsèques des substances considérées, en particulier leur potentiel de contamination des milieux aquatiques.

L'adaptation des indicateurs existants à la problématique d'évaluation de l'étude semble **fournir des résultats intéressants et donne une mesure semi-quantitative**. Elle nécessite un travail de définition des cultures type actuelles et horizon 2030, en termes de pratiques de traitement phytosanitaire. Ce travail s'appuie sur le recours à des statistiques de pratiques et au dire d'expert. Les données statistiques fournissent une bonne image des principales substances utilisées et renforcent la vraisemblance des hypothèses utilisées. Il est important de souligner, en termes de méthode, que :

- La nature des traitements employés dépend, pour certains produits, de **phénomènes peu prévisibles** (attaques de ravageurs imposant des traitements importants mais non récurrents), et pour d'autres, d'applications systématiques (herbicides)
  - du fait de la diversité des substances, des besoins d'application, et de la grande étendue possible de leurs impacts, la **détermination des pratiques type est difficile** et peut introduire des biais dans l'évaluation,
  - l'évaluation est par ailleurs **sensible au choix dans les scénarios des cultures initiales** couvertes : le calcul d'un différentiel entre l'état initial et l'état à long terme dépend significativement des hypothèses prises et des substances retenues
  - dans la logique de l'étude qui consiste à **raisonner sur des états moyens**, cette approche apparaît cependant **tout-à-fait utile**. Au contraire des évaluations reposant sur des bilans de flux conservatifs et homogènes (eau, azote), pour lesquels les relations avec la plante et les transferts dans le milieu sont modélisables, il est à ce stade plus difficile de situer l'ampleur des incertitudes de la présente évaluation. C'est indéniablement une perspective de travail intéressante, à croiser avec les approches existantes de la problématique « phytosanitaires ».

En termes d'intensité de pratique, l'analyse des IFT a montré que les scénarios tendanciels 1A et 1B étaient qualitativement aggravants, tandis que les scénarios déployant des cultures lignocellulosique (scénarios 2 et 3) se montraient améliorants vis-à-vis de la situation 2006 compte tenu du relativement faible nombre de substances définies comme nécessaires au développement actuel de ces cultures.

La mesure du risque d'exposition des eaux à ces substances épandues apporte une nuance à ce constat en affichant un scénario 2 présentant un niveau de risque d'exposition aux substances épandues similaire à la situation 2006 du fait de l'importante part de surfaces traitées en 2030 parmi l'ensemble des surfaces mobilisées en 2006, et des caractéristiques particulièrement à risque des substances composant les produits actuellement choisis pour ces cultures. Le développement de cultures lignocellulosiques ne permet pas ici une amélioration du niveau de risque.

Le scénario 3 par ses pratiques volontairement contraintes dans le but de préserver les ressources en eau se montre dans chacun des cas améliorant vis-à-vis de la situation 2006 et des autres scénarios.

En termes de niveau de toxicité, le blé, de part le large panel de substances utilisées présente le plus grand nombre de substances considérées comme dangereuses parmi les 47 substances retenues par le PIRRP. Il est suivi du colza et du maïs, puis dans une moindre mesure par le tournesol et le triticale. Les substances actuellement identifiées, mais non homologuées, pour les autres cultures lignocellulosiques, ne semblent pas concernées.

Il est important de rappeler, pour conclure, que les substances disponibles sont nombreuses, leurs degrés d'impact potentiels sur les ressources et écosystèmes sont diversifiés et représentent des niveaux de risque très variables. Les populations de substances évoluent au rythme des créations, des autorisations, mais aussi des interdictions des substances les plus dangereuses. Les substances utilisées actuellement ne préfigurent sans doute pas celles qui seront utilisées dans le long terme. Du fait de la pression réglementaire, les substances les plus dangereuses disparaîtront des pratiques agricoles avant que cet horizon ne soit atteint. Toutefois de nouvelles substances encore non connues à ce jour feront leur apparition sur le marché. Si l'évaluation de la toxicité des substances actuellement utilisées peut paraître superflue dans un cadre de long terme il permet cependant de mettre en évidence les cultures et filières énergétiques qui les impliquent le plus. Cela peut permettre de sensibiliser dès à présent les acteurs au développement de filières bioénergies plus durables.



## 7. Conclusion

### *Rappels sur le contexte et les objectifs de l'étude*

#### ❖ **L'évaluation prend en compte certaines spécificités des ressources en eau**

La présente étude constitue un élément dans l'évaluation des opportunités et enjeux en termes d'impacts environnementaux dans le déploiement des bioénergies sur le long terme. Sa focalisation particulière sur les ressources en eau introduit des aspects nouveaux dans la problématique « bioénergies et environnement ». Pour interpréter les indicateurs qui sont définis, quelques connaissances de base sur le fonctionnement des ressources en eau, et sur leur relation à la production des cultures, sont utiles, et à ce titre rappelées tout au long du document. En effet, les ressources en eau présentent, comme on l'a vu, un caractère fortement local, de sorte que les évaluations nationales ou globales ne sont pas aussi directes que pour l'énergie ou les gaz à effet de serre. En particulier, les indicateurs « eau » sont pertinents à l'intérieur des limites géographiques des Bassins hydrographiques. Le caractère prospectif à long terme de l'étude permet d'utiliser des approches simplifiées sur l'eau, qui sont appliquées aux différents scénarios élaborés dans ce travail. Ces scénarios contrastés en termes de type d'agriculture, de technologie et de priorité environnementale, proposent une vision des futurs possibles dans le développement des biocarburants. Leur évaluation à l'échelle des Bassins Adour Garonne et Seine Normandie a permis de produire des résultats comparatifs, sur la base d'indicateurs quantifiés à cette échelle.

#### ❖ **Le choix des deux Grands Bassins Adour Garonne et Seine Normandie s'avère pertinent pour l'étude et éclairant sur la situation nationale.**

Compte tenu de l'importance des deux Bassins dans la production agricole et dans le potentiel bioénergies, ces résultats sont éclairants pour la situation nationale même s'ils ne la recouvrent pas intégralement. Dans ce sens, les évaluations, même sans couvrir la totalité du territoire, peuvent être considérées comme représentatives du Nord et du Sud de la France. D'une part, la production agricole cumulée représente environ la moitié de celle du territoire national. D'autre part, leurs caractéristiques climatiques conditionnent des choix de cultures, de pratiques, mais aussi d'impacts sur l'eau associés, sensiblement différents :

- En Seine Normandie, l'évapotranspiration étant relativement comparable aux apports des précipitations, les besoins d'irrigation sont globalement assez faibles. En revanche, le drainage peut être assez élevé, se traduisant par un lessivage d'azote important. Ainsi, les critères de pression en quantité pourront apparaître moins importants que les critères de pression « nitrates ».
- En Adour Garonne, l'évapotranspiration potentielle dépasse nettement les apports des précipitations, de sorte que les besoins d'irrigation s'avèrent importants pour les cultures de printemps et d'été. Le drainage est en moyenne plus faible qu'en Seine Normandie, de sorte que la pression « nitrates » peut apparaître moins significative sur l'ensemble du Bassin.
- Ces remarques étant faites, les deux aspects de pression « en flux » sont toutefois à examiner sur les deux bassins. On note par ailleurs que le découpage « Nord/sud » apparaît satisfaisant pour l'étude, et que chaque Bassin, compte tenu du type d'agriculture qu'il comporte, apparaît bien représentatif, pour la production biocarburants, de la moitié du pays à laquelle il appartient.



***Les tendances apparaissent relativement cohérentes mais les scénarios montrent des comportements marqués***

Compte tenu des hypothèses constitutives des scénarios, les conversions de sols conduisent à des résultats relativement contrastés.

❖ **Les scénarios 1A et 1B montrent des tendances à l'accroissement des pressions pour les principaux indicateurs : prélèvements, nitrates, pesticides.**

- Le **scénario 1A**, basé sur une agriculture alimentaire conventionnelle et technologies de première génération se déployant sur les surfaces disponibles, conduit pour tous les indicateurs à une intensification nette des pressions sur les surfaces converties, en référence à la situation 2006 :

- Intensification des prélèvements pour l'irrigation,
- Accroissement des fuites d'azote,
- Non amélioration des pressions phytosanitaires.

- Le **scénario 1B**, conservant la même structure agricole, allège les pressions en recourant à une production de biogaz, soit en cultures dédiées (SN), soit en valorisation des résidus de cultures (AG). Cela conduit à amortir l'accroissement des pressions typique du S1A, sans toutefois inverser les tendances. Le scénario apporte une amélioration relative par rapport au S1A. L'introduction d'une filière biogaz conduit donc à réduire l'accroissement des impacts dus à la mise en culture de sols initialement en jachères ou prairies, sans que cela n'améliore pour autant la situation initiale. En ce sens, le scénario n'est pas améliorant dans l'absolu, mais seulement en relatif par rapport au S1A. Cette amélioration relative provient du recours plus abondant aux cultures dédiées de pérennes (en Seine Normandie), et de la moindre consommation de surface permise par la valorisation biogaz de résidus (en Seine Normandie et en Adour Garonne).

❖ **Le bilan est plus contrasté pour les filières de deuxième génération, entre l'option « productive » et l'option « protection des ressources »**

- Le **scénario 2**, décrivant un fort développement de production de cultures énergétiques pour les technologies de seconde génération, conduit à intensifier certaines pressions (en quantité) et à en alléger d'autres (pression azote), tandis que la pression phytosanitaire évolue différemment d'un Bassin à l'autre : intensification des pratiques en AG, sans accroissement net du risque d'exposition des masses d'eau. Ces différences sont dues aux cultures impliquées, en fonction du climat des Bassins.

- Le **scénario 3**, dont l'objectif est d'améliorer la situation des ressources en eau sur le même volant de surfaces que le scénario 2, joue effectivement un rôle efficace dans ce sens :

- Bilan hydrique : l'amélioration est nette,
- Pression azote : l'amélioration existe, mais est moins significative compte tenu des caractéristiques des cultures mises en jeu (les cultures pérennes et énergétiques sont souvent favorables sur ce point),
- Pression phytosanitaire : les pratiques étant par définition moins intensives (choix d'itinéraires techniques adaptés), elles induisent une nette diminution du risque d'exposition par rapport à la situation 2006 ou par rapport au S2.

**Tableau 57 – Comparaison des évaluations des 8 scénarios pour les différents types de pressions : quantité (prélèvement, déficit hydrique d'étiage), qualité « nitrates » (fuite, concentration), qualité « phytosanitaires » (pression, risque)**

	Pression en quantité	Pression en qualité : nitrates	Pression en quantité : phytosanitaires
AG-1A	Prélèv.	Fuite	Pression
	Déficit	Concentr.	Risque
SN-1A	Prélèv.	Fuite	Pression
	Déficit	Concentr.	Risque
AG-1B	Prélèv.	Fuite	Pression
	Déficit	Concentr.	Risque
SN-1B	Prélèv.	Fuite	Pression
	Déficit	Concentr.	Risque
AG-2	Prélèv.	Fuite	Pression
	Déficit	Concentr.	Risque
SN-2	Prélèv.	Fuite	Pression
	Déficit	Concentr.	Risque
AG-3	Prélèv.	Fuite	Pression
	Déficit	Concentr.	Risque
SN-3	Prélèv.	Fuite	Pression
	Déficit	Concentr.	Risque

dégradation      stabilité      amélioration

❖ Les résultats posent la question de comparer et hiérarchiser selon les types de pression.

Le comportement des scénarios apparaît relativement homogène (amélioration ou dégradation pour l'ensemble des critères). Toutefois, plusieurs scénarios, selon les bassins, conduisent à des évolutions antagonistes. Il s'agit alors d'arbitrer en fonction des critères prioritaires et de la situation des Bassins. Les résultats sont **globalement concordants**, pour les 3 pressions (quantité, nitrates, phytosanitaires), pour :

- les scénarios AG-1A et SN-1A (dégradation)
- le scénario AG-1B (stabilité)
- les scénarios 3 (amélioration)

Ils sont **discordants** pour :

- le scénario SN-1B, pour lequel en quantité, les prélèvements augmentent, mais l'étiage est soulagé, tandis que les autres indicateurs restent stables. L'objectif d'amélioration de ce scénario, qui est de mobiliser moins de cultures annuelles, est, en valeur absolue, atteint partiellement.

- Les scénarios AG-2, et SN-2, qui dégradent fortement les indicateurs quantitatifs, mais soulagent les indicateurs « nitrate » ainsi que la pression « phytosanitaire ». L'accroissement des prélèvements handicape cependant nettement ces scénarios, d'autant plus en Adour Garonne où les prélèvements annuels et d'étiage sont déjà des critères importants. En Seine Normandie toutefois, la très forte intensification des prélèvements pourrait également conduire à rendre ces critères importants. Il y a sans doute lieu, dans les deux cas, d'attacher de l'importance aux critères de quantité d'eau.

*A l'examen des résultats, quelques orientations semblent pouvoir être préconisées.*

❖ **Des implications pour la gestion des ressources**

En fonction des résultats présentés, il pourra sembler plus particulièrement judicieux au gestionnaire ou au décideur de :

- Promouvoir, en prévision de modifications significatives de l'occupation des sols, une évaluation préalable des pressions et impacts, portant sur les cultures en elles-mêmes, mais aussi sur l'échelle des grands territoires,
- Généraliser le recours au type d'évaluation « opérationnelle » à grande échelle proposé ici, afin de dégrossir les orientations et d'orienter d'éventuelles études plus fine, pour la gestion d'un territoire ou d'un bassin,
- Rechercher une analyse coûts-bénéfices de la mise en place de nouvelles cultures, ou de scénarios d'évolution généraux notamment à l'aide du type d'outil proposé ici,
- Examiner les « options environnementales » (de type scénario 3 « protection des ressources », scénario 1B « contribution du biogaz ») à l'aune des impératifs de restauration du bon état imposés par la DCE, en particulier compte tenu du temps de déploiement de nouvelles cultures/nouvelles filières,
- Examiner où le déploiement privilégié de cultures à faible impact pourrait contribuer à améliorer la situation des ressources sans compromettre les conditions d'une activité agricole sur les zones considérées.

❖ **Les bioénergies apportent des opportunités environnementales qu'il faut concrétiser**

Par ailleurs, les bioénergies apparaissent comme une opportunité de revoir certaines problématiques agricoles avec des solutions améliorantes, en veillant toutefois aux équilibres alimentaires et environnementaux.

L'étude des impacts environnementaux des biocarburants **questionne doublement la situation agricole** : (i) en quoi les cultures à vocation énergétique présentent-elles des **caractéristiques différentes** des cultures agricoles conventionnelles, (ii) en quoi le déploiement des cultures énergétiques **affecte-t-il la situation des cultures en place** ? La dernière question pose clairement celle des ressources de sols disponibles. Concernant les choix de culture, l'étude montre que certaines cultures plus spécifiquement utilisables pour l'énergie présentent potentiellement des avantages environnementaux indéniables, mais aussi que la façon de les conduire renforce ou au contraire réduit cet avantage potentiel.

L'étude à grande échelle, objet de ce travail, peut apporter **un éclairage complémentaire sur l'étude des systèmes de culture** et sur leur influence sur l'environnement. Les scénarios de plus fort développement des biocarburants réclament en effet des surfaces importantes. Ils font appel à des cultures nouvelles dont les itinéraires techniques sont en cours de développement. La relation avec la grande échelle n'est pas immédiate. A titre d'exemple, la mesure du risque de transfert d'un produit phytosanitaire utilisé sur une culture énergétique largement déployée sur un territoire, peut aboutir à rendre l'une des substances de ce produit significativement impactante sur le risque global du territoire (scénario 2). Cette mesure permet alors de rendre un paramètre sensible alors qu'il pouvait dans les conditions d'utilisation actuelle d'essais préalables à l'homologation, être défini comme correctement adéquat pour le traitement de la culture.

*Quelques enseignements méthodologiques et pistes de développement*

## ❖ La méthodologie de l'étude paraît originale pour fournir des évaluations à grande échelle.

La méthodologie mise en œuvre repose sur :

- une technique de changement d'échelle opérationnelle,
- la définition de systèmes types (cultures type), élaborés pour l'occasion,
- des méthodologies d'évaluation reposant sur des approches de bilan, pour la quantité d'eau et les nitrates, et sur l'adaptation d'indicateurs existants portés à grande échelle, pour les phytosanitaires.

Les résultats obtenus se dégagent en 4 parties principales :

- les scénarios élaborés, qui constituent à la fois un résultat (une vision du déploiement des biocarburants sur les surfaces agricoles à l'horizon 2030) et un moyen pour alimenter les évaluations. Ces scénarios font l'objet d'une transcription, à l'échelle nationale et à l'échelle des Bassins, en termes de sols agricoles initiaux (2006) et finaux (2030),
  - l'évaluation des pressions en quantité, pour laquelle ont été construits les cultures type et le modèle de bilan en eau permettant de déterminer les bilans hydriques de culture, puis d'évaluer les bilans de conversion des sols entre 2006 et 2030 pour chacun des paramètres, pour chaque scénario,
  - l'évaluation des pressions en qualité « azote », reposant elles aussi sur des bilans quantitatifs de flux d'azote. Ces évaluations ont fait l'objet de plusieurs essais de méthodes différentes, pour retenir une méthode robuste basée sur les bilans hydriques construits pour la présente étude,
  - l'évaluation des pressions en qualité « phytosanitaires », reposant sur l'étude et l'adaptation d'indicateurs existants pour la problématique, en termes de pression (IFT) et de risque (classement SIRIS).

Pour chacune des parties, l'évaluation des pressions sur l'eau s'est révélée assez fortement discriminante entre les scénarios, mettant en évidence les scénarios conduisant à des améliorations ou à des dégradations des ressources en eau en termes de quantité ou de qualité. Même lorsque le choix d'hypothèses peut conduire à vraisemblablement sous-estimer les valeurs de certains indicateurs (pression « nitrates »), la méthode paraît bien répondre aux attentes de l'évaluation.

## ❖ Quelques enseignements méthodologiques et pistes d'amélioration peuvent être dégagés

Les apports méthodologiques pour l'évaluation environnementale concernent plusieurs points. La validité de l'évaluation par systèmes type à l'échelle des Bassins apparaît satisfaisante. L'approche nécessite des validations et une expertise qui sont nécessaires pour discuter les valeurs obtenues et leur niveau de fiabilité./d'incertitude. Les potentialités d'outils ou d'indicateurs existants, appliqués à l'évaluation avant-après : par exemple, SIRIS-Pesticides conçu comme un outil de discrimination des substances à rechercher en priorité dans l'environnement, paraît bien adapté à l'évaluation des scénarios.

Les questions d'améliorations de méthode, sans que cette liste soit exhaustive, peuvent porter sur :

- **l'affinement des évaluations** des valeurs moyennes, par enrichissement des données utilisées (données exhaustives à l'échelle d'étude comme le bassin, simulations plus poussées,...),

- **L'enrichissement des scénarios « cultures »** en incluant des surfaces non agricoles (forêts, terres marginales, ...)
- **L'étude par sous-Bassins**, permettrait d'obtenir des évaluations plus fines rendant mieux compte de l'hétérogénéité à grande échelle des Bassins (cohérence agricole, priorités de gestion de l'eau, protection de zones vulnérables, etc.)
- **Le couplage de l'approche** en systèmes type par sous-Bassins à une **approche cartographique** détaillée, ainsi qu'à des **simulations de cultures** affinées, explicitant les relations avec les ressources. Il pourrait notamment permettre de localiser des zones prioritaires d'implantation de cultures à faible impact, dans un but d'amélioration de l'état des ressources en eau,
- **La conduite d'études de cas** sur des sous-Bassins à enjeu :
  - pour **étudier ces territoires** en tant que tels, y envisager les voies de développement et évaluer des alternatives possibles
  - pour apporter des enseignements contextualisés sur la **relation pression – ressource**. En effet, l'étude en pression ne peut produire de véritable évaluation sur l'impact qu'aura le développement des scénarios sur les ressources. Le recours à des études de cas constitue une façon d'aborder cette relation, dans un contexte bien défini et documenté.

❖ **L'étude constitue un premier travail d'évaluation à grande échelle, pour lequel d'autres applications pourront être recherchées**

De nouveaux champs d'application peuvent viser, sans que cette liste soit exhaustive, à :

- Mettre en œuvre une démarche similaire pour des **problèmes de gestion territoriales** des ressources (outils dévaluation rapide, aide à la décision, ...)
- **Par exemple, en interaction avec l'agronomie, aborder la problématique de la gestion des résidus agricoles (pailles, cannes, etc.)** par une approche globale, mettant en balance les avantages et inconvénients, tant à grande échelle qu'à celles de l'exploitation et de la parcelle, pour la protection des ressources en eau (rôle dans la minéralisation de l'azote, caractéristiques du sol, gestion des digestats de biogaz, ...).
- **Aborder par une approche similaire les autres aspects environnementaux des bioénergies**, non couverts par la présente étude. Les autres aspects, notamment énergie, gaz à effet de serre, biodiversité etc., ne sont pas évalués ici car la cible est bien la ressource en eau. Il est considéré que d'autres études, existantes ou en cours, peuvent renseigner sur ces questions. Outre le fait de compléter l'évaluation, un tel travail **pourrait permettre de chercher à comparer et à hiérarchiser les critères « eau » et les autres critères.**

***La prise en compte des indicateurs « eau » apparaît indispensable à l'évaluation des filières bioénergies.***

Il paraît important de rappeler que cette étude rend compte d'une approche généraliste qui ne vise pas à se substituer aux travaux, plus fins et précis, des spécialistes des questions agronomiques et hydrologiques. Toutefois le cadre large du travail, lorsque les approches restent homogènes, permet de questionner les spécialistes et dans certains cas de contribuer à une meilleure prise en compte de l'échelle de gestion des décideurs. Le travail, reposant sur différentes hypothèses, reste perfectible, mais il n'est pas nécessairement moins juste qu'un travail plus fin, à ces échelles, selon la richesse de la connaissance qui peut être considérée dans les systèmes type.

Les scénarios construits pour cette étude proposent différentes visions de l'avenir et montrent que, outre les niveaux de production de biocarburants, la façon de les produire mérite tout autant d'être étudiée et anticipée.

Parmi les éléments de conclusion à ce document, les critères « eau » sont bien des critères pouvant, parmi d'autres, départager les options de production de biocarburants. Ils apportent des éléments nouveaux qui complètent les indicateurs globaux désormais classiques d'évaluation environnementale en termes d'énergie et de gaz à effet de serre. Les choix de développement des bioénergies, tel qu'évalués dans ce travail, présentent des impacts potentiels marqués sur les ressources en eau. Pouvant être positifs ou négatifs, souhaités ou indésirables, ces impacts potentiels paraissent devoir être spécifiquement intégrés aux réflexions d'aménagement et de déploiement des bioénergies. Cette prise en compte est nécessaire aux grandes échelles de gestion traitées dans ce travail, mais aussi à des échelons intermédiaires, tant pour la dimension de l'aide à la décision en matière d'aménagement que pour la recherche d'une évaluation plus riche des pressions et des impacts sur l'eau. Dans le déploiement de filières bioénergies, outre les impacts globaux, les impacts sur l'eau ne sont, naturellement, pas les seuls à prendre en compte. Ils constituent, parmi d'autres critères, une avancée dans le développement de filières biomasse globalement plus durables.



## 8. Glossaire

### Acronymes

**ACE** : Aides aux cultures énergétiques

**B5, B10** : Biodiesel incorporé à 5/10% vol. dans le gazole

**BtL** : Biomass-to-Liquid

**CIPAN** : Culture intermédiaire piège à nitrate

**DCE** : Directive cadre sur l'eau

**E5, E10, E85** : Ethanol incorporé à 5/10/85% vol. dans l'essence

**ETBE** : L'éthyl tertio butyl éther, carburant obtenu par une synthèse chimique effectuant l'addition catalytique d'éthanol sur l'isobutène.

**IFT** : Indice de fréquence de traitement

**PAC** : Politique agricole commune

**RFU** : Réserve facilement utilisable

**RU** : Réserve utile

**SAU** : Surface agricole utile

**SCOP** : Surfaces en céréales, oléagineux et protéagineux plus le gel obligatoire

**SIRIS** : Système d'intégration des risques par interaction des scores)

**STH** : Surfaces toujours en herbe

**TCR** : Taillis à courte rotation

**TEP** : Tonne équivalent pétrole

### Définitions

**Adventice** : Espèce végétale étrangère à la flore indigène d'un territoire dans lequel elle est accidentellement introduite et peut s'installer. En agronomie, ce terme désigne une plante herbacée ou ligneuse indésirable à l'endroit où elle se trouve. Il est aussi utilisé comme synonyme de *mauvaise herbe*. Dans le cadre de la production agricole, les adventices peuvent être des espèces non cultivées installées dans un champ, mais aussi les repousses d'une culture précédente.

**Drainage** : En environnement, le drainage naturel est causé par l'écoulement de l'eau dans le sol, notamment de la nappe phréatique. On retient sept classes de drainage, déterminées selon la vitesse de leur écoulement, selon le [Service canadien d'information sur les terres et les eaux](#).

**Etiage** : En hydrologie, l'étiage correspond statistiquement (sur plusieurs années) à la période de l'année où le débit d'un cours d'eau atteint son point le plus bas (basses eaux). Cette valeur est annuelle. Il intervient pendant une période de tarissement et est dû à une sécheresse forte et prolongée qui peut être fortement aggravée par des températures élevées favorisant l'évaporation, et par les pompages agricoles à fin d'irrigation

**Gel PAC** : définitions présentées en Annexe 3.



**Jachère** : Jachère (au sens agronomique du terme) : terre arable laissée sans culture pour que la terre se repose, normalement pour toute la durée de la campagne. Elle se distingue donc des cultures dérobées, qui sont cultivées sans produire de récolte pendant la campagne. Elle participe à l'assolement, à la différence de la superficie agricole non utilisée qui reste inculte pendant au moins cinq années consécutives. Les jachères peuvent être : des terrains nus, sans aucune culture ; des terres portant une végétation naturelle spontanée pouvant être utilisée comme aliments pour animaux ou enfouie sur place ; des terres ensemencées exclusivement pour la production d'engrais verts (jachère verte). (Source : Décision de la Commission 83/461/CEE).

**Peupleraies ou peupleraies en plein** : Plantations régulières de peupliers elles peuvent être associées à des productions agricoles. Le peuplement est de plus de 10m de largeur issu de plantations où le peuplier se trouve à l'état pur ou nettement prépondérant (plus de 5/10 du couvert relatif), de superficie égale ou supérieure à 0,05 ha. Sont englobés les boqueteaux et cordons. Les peupliers d'alignement sont exclus (glossaire Teruti-Lucas).

**Rotation culturale** : On parle de rotation culturale lorsque dans un système de culture, des cultures se suivent dans un certain ordre sur la même parcelle, la même succession de cultures se reproduisant dans le temps en cycles réguliers. On peut ainsi avoir des rotations biennales, triennales, quadriennales ... Le choix des cultures se fait en fonction des besoins et des objectifs de l'agriculteur mais aussi en tenant compte des pratiques culturales, telles que travail du sol, contrôle des mauvaises herbes, contrôle du contenu en éléments fertilisants du sol etc.

**Territoire agricole non cultivé** : Ce poste comprend les landes non productives, friches, terres incultes, landes non pacagées, exploitations abandonnées, cultures permanentes abandonnées, les chemins d'exploitation non stabilisés. Les friches (ou superficies agricoles utilisables, mais non utilisées) sont des terres non comprises dans l'assolement depuis plus d'une campagne agricole. Elles correspondent à des superficies autrefois cultivées, qui ne sont plus du tout exploitées mais dont la remise en culture pourrait être réalisée avec des moyens normalement disponibles sur une exploitation (glossaire Teruti-Lucas).

## 9. Références bibliographiques

- ADEME, ITCF, étude Agricole 1998 – Cultures ligno-cellulosiques et herbacées pour la production de biomasse à usages non alimentaire
- Agreste Chiffres et Données Agriculture n° 200, Enquête sur les pratiques culturales en 2006: Méthodologie
- Arregui L. M., Quemada M., Drainage and nitrate leaching in a crop rotation under different N-fertilizer strategies: application of capacitance probes, *Plant Soil* (2006) 288:57–69
- Aubertot J.N., J.M. Barbier, A. Carpentier, J.J. Gril, L. Guichard, P. Lucas, S. Savary, I. Savini, M. Voltz (éditeurs), 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et Cemagref (France), 64p.
- Basso B. Ritchie J T., 2005, Impact of compost, manure and inorganic fertilizer on nitrate leaching and yield for a 6-year maize–alfalfa rotation in Michigan, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 108 (2005) 329–34, 12/12/2005
- Bonnet, 1998, Les apports solaires implicites dans les activités humaines, thèse de doctorat, ENSAM, 395 p.
- Cadoux S., Vandendriessche V, Jean-Marie Machet J.M., Mary B., Beaudoin N., Lemaire G., Gosse G., INRA Estrées-Mons, INRA UEPEF, 2007: Potential yield and main limiting factors of *Miscanthus giganteus* in France. Identification of the needs for further research
- CAPAX Environnemental Services - <http://www.shortrotationwood.eu>
- Chambre d'agriculture de la Marne, août 2007 - Fiches de conduite culturale du sorgho fibre, du miscanthus et du switchgrass
- Chapelle, 1999 – Bilan agricole de l'azote. Détérioration entre 1005 et 1997. Agreste Primeur, 53, mars 1999
- Chapelle, 2003 – Des nitrates agricoles à l'ouest et dans les plaines céréalières. Agreste Primeurs, 123, avril 2003
- Chevry C.; Gascuel-Oudoux C., 2002, les français et leurs sols: essai de prospective à l'horizon 2030, *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 2002, no47, pp. 5-14 [10 page(s) (article)] (16 ref.)
- Christian D.G., Paul R. Poulton P.R., Riche A.B., Yates N.E., Todd A.D., The recovery over several seasons of <sup>15</sup>N-labelled fertilizer applied to *Miscanthus giganteus* ranging from 1 to 3 years old, *Biomass and Bioenergy* 30 (2006) 125–133
- Christian D.G., Riche A.B., - Nitrate leaching losses under *Miscanthus* grass planted on a silty clay loam soil, *Soil use and management*, Volume: 14, Issue: 3, pages: 131-135, septembre 1998, Abstract
- Comifer, 2002 - Lessivage des nitrates en systèmes de cultures annuelles. Diagnostic du risque et propositions de gestion de l'interculture. Note du Comifer, groupe Azote, 2002, 41 p.
- CPDP, Comité Professionnel du Pétrole, Pétrole 2006, éléments statistiques
- DATAR – Groupe de prospective « Agriculture et territoires, 2002: Agriculture et territoires: quatre scénarios pour 2015
- Ercoli L., Mariotti M., Masoni A., Bonari E., 1999, Effect of irrigation and nitrogen fertilization on biomass yield and efficiency of energy use in crop production of *Miscanthus*. *Field Crops Research* 63 (1999) 3-11

- Eulenstein F., Werner A., Willms M., Juszczak R., Schlindwein S.L., Chojnicki, B.H., Olejnik J., Model based scenario studies to optimize the regional nitrogen balance and reduce leaching of nitrate and sulphate of an agriculturally used water catchment, *Nutr Cycl Agroecosyst* (2008) 82:33–49
- European Commission, Directorate-General for Agriculture, 2006, Prospects for agricultural markets and income in the European Union 2006-2013
- Fair Programme, 2000, Giant reed (*Arundo donax* L) network improvement of productivity and biomass quality, - <http://ec.europa.eu/research/agro/fair/en/gr2028.html>
- FCBA, Chambre d'agriculture du Languedoc-Roussillon, Enerbio, 2007: Espèces ligneuses pour la production de biomasse, fiches descriptives du Peuplier, de l'Eucalyptus et du Robinier faux-acacia
- Fernandez J., Curt M.D., Aguado P.L., 2006, Industrial applications of *Cynara cardunculus* L. for energy and other uses, *Industrial Crops and Products*, Volume 24, Issue 3, November 2006, Pages 222-229
- Gomez E., Ledoux E., Mary B., Modélisation de la contamination nitrique des masses d'eau souterraine par les nitrates d'origine agricole, *Rapport PIREN Seine 2002n* 37 p.
- Goossens X., Bonnet J.F.- Analyse des implications énergétiques de l'irrigation, 20ème Conférence Européenne de la CIID, Workshop « Technologies et méthodes modernes d'irrigation : recherche, développement et essais » Montpellier, 17-19 Septembre, 28 pages, 2003
- Gruenewalda H., Brandt B.K.V., B., Schneider B.U., Bens O., Kendzia G., Hüttl R.F., 2005, Agroforestry systems for the production of woody biomass for energy transformation purposes, *Ecological Engineering*, Volume 29, Issue 4, 1 April 2007, Pages 319-328
- Han Lee K., Jose S., 2004, Nitrate leaching in cottonwood and loblolly pine biomass plantations along a nitrogen fertilization gradient, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105 (2005) 615–623, 23/08/2004
- Hydratec, BIPE, GERPA, 2007, Elaboration de scénarii d'évolution des besoins en eau à comparer à la disponibilité de la ressource en eaux superficielles dans le bassin Seine-Normandie. Horizon 2015 et 2025. Rapport final 2007 commandité par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. <http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=5308>
- J.P., P. Debaeke, B. Itier, G. Lemaire, B. Seguin, F. Tardieu, A. Thomas (éditeurs), 2006. *Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau*. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France), 72 p
- Jenkinson D.S., The impact of humans on the nitrogen cycle, with focus on temperate arable agriculture, *Plant and Soil* 228: 3–15, 2001.
- Jørgensen U, 2001, Combined production of biomass for energy and clean drinking water - A miscanthus demonstration project on the 'Renewable Energy Island' Samsø
- JRC, IES, 2006, Sustainable Bioenergy Cropping Systems for the Mediterranean, Workshop EEA project, 2.4.2 Renewable energy (2006)
- Justes E., 2008, Intérêts et limites des cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN) pour réduire les fuites d'azote nitrique dans les systèmes de grande culture. Communication à la DIREN de Midi Pyrénées, le 2 juillet 2008
- Justes E., Mary B., Nicolardot B., Comparing the effectiveness of radish cover crop, oilseed rape volunteers and oilseed rape residues incorporation for reducing nitrate leaching, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 55: 207–220, 1999.
- Le Gall A.C., Unité de modélisation et d'analyse économique, INERIS, 2007. Bilan de l'enquête auprès des utilisateurs-testeurs de l'outil SIRIS-Pesticides Rapport de la deuxième partie de l'étude
- Les cahiers de l'ONIGC, novembre 2006: Gel industriel et cultures énergétiques, bilan 2005/2006, perspectives 2006/2007

- Liedgens M., Frossard E. Richner W., Interactions of maize and Italian ryegrass in a living mulch system: Nitrogen and water dynamics, *Plant and Soil* 259: 243–258, 2004
- Lorne D., 2006, La valorisation énergétique de la biomasse: quels potentiels à l'échelle du Monde, de l'Europe et de la France?, rapport de recherche interne IFP.
- Machet J.M., Laurent F., Chapot J.Y., Dore T., Dulout A., Maîtrise de l'azote dans les intercultures et les jachères, in *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes*. Reims (France), 19-20 novembre 1996, Ed. INRA, Paris 1997 (Les Colloques, n°83)
- Marsac S., Arvalis – Biomasse agricole: critères de choix et enjeux
- Meynard J.M., Justes E., Machet J.M., Recous S., Fertilisation azotée des cultures annuelles de plein champ, in *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes*. Reims (France), 19-20 novembre 1996, Ed. INRA, Paris 1997 (Les Colloques, n°83)
- Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable, DGEMP-DIREM, 22 octobre 2007: "Liste des unités de production de biocarburants ayant reçu un agrément après appel d'offre communautaire"
- Ministères de l'industrie et de l'Environnement, août 2006: Rapport du groupe de travail "division par 4 des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050"
- Muller JC (1995), cité par Justes et al. (1999) Contribution de la lysimétrie aux connaissances récentes en agronomie: historique, représentativité des lysimètres et fonctionnement du sol en place. *Paysage lysimétrique français*. *C R Acad Agric Fr* 81: 11–33
- Observatoire des résidus de pesticides (ORP), Site administré par l'afsset , <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/>
- ONIGC, octobre 2007 : « Biocarburants 2010 : quelles utilisations des terres en France ».
- Papanastasis V.P. Platis P. D., Dini-Papanastasi O., 1998, Effects of age and frequency of cutting on productivity of Mediterranean deciduous fodder tree and shrub plantations, *Forest ecology and management*, 1998, vol. 110, n°1-3, pp. 283-292 (22 ref.)
- Peruzzo F., Pébayle E., Mourroux M., Atelier changement climatique, mars 2006 : « Exercice de comparaison de 4 scénarios « Facteur 4 » (scénario NégaWatt, scénario Enerdata, scénario P.Radanne, scénario H.Prévoit).
- Peyron J.L., Ressources forestières et usages du bois: quelques scénarios simples pour le 21ème siècle, *Recherches en économie forestière en France Perspectives pour les sciences économiques et sociales* 18-19 octobre 2006, Paris.
- Pingault N., Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, France. Atelier OCDE, 19 – 21 mars 2007, Washington. Indicateurs de développement, de suivi et d'analyse des politiques agroenvironnementales. Améliorer la qualité de l'eau : Un indicateur pour favoriser une utilisation durable des produits phytosanitaires.
- Poux X., ASCA, Groupe de la Bussière : Agriculture et Environnement, 4 scénarios à 2025
- Projet européen 2003 - Switchgrass as an alternative energy crop, final report updated in March 03 - <http://www.switchgrass.nl/index.htm>
- Projet Européen LIFE Environnement WILWATER, 2004-2007 - <http://www.aile.asso.fr/valorisation-de-la-biomasse/wilwater/diffusion-des-resultats>
- Rahil M.H., Antonopoulos V.Z., Simulating soil water flow and nitrogen dynamics in a sunflower field irrigated with reclaimed wastewater, *Agricultural Water Management*, Volume 92, Issue 3, 16 September 2007, Pages 142-150
- Ruelle P., Mailhol J.C., Quinones H., Granier J., 2003, Using NIWASAVE to simulate impacts of irrigation heterogeneity on yield and nitrate leaching when using a travelling rain gun system in a shallow soil context in Charente (France), *Agricultural Water Management* 63 (2003) 15-35

- Salameh Al-Jamal M., Sammis T.W., Jones T., 1997, Agricultural, 1997, Nitrogen and chloride concentration in deep soil cores related to fertilization, *Water Management* 34 (1997) I – 16
- Savini I; Cristofini B, 2000, Des scénarios d'avenir pour la forêt, l'industrie du bois et leurs liaisons au territoire, *Les Dossiers de l'environnement de l'INRA*, 2000, no 20 (336 p.) (bibl.: dissem.), pp. 294-303
- Savouré M.L. Besnard A., Marsac S. Synthèse des expérimentations du réseau REGIX 2006, cultures énergétiques agricoles, livrable L32 du PNRB REGIX.
- Sebilo M., Billen G., Grably M., Bleuse N., Bardoux G., Mariotti A., Caractérisation et quantification du processus de dénitrification riparienne à l'échelle d'un bassin versant : Cas du Grand Morin, Rapport pour le PIREN Seine, 2000, 13p
- Stout W.L, Fale S.L., Muller L.D., Schnabel R.R., Weaver S.R. 1999 - Water quality implications of nitrate leaching from intensively grazed pasture swards in the northeast US., *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77 (2000) 203–210
- Straëbler M., Le Gall A., 1998 - Luzerne sorgho et betterave. Trois cultures fourragères sécurisantes en conditions sèches ou froides. *Fourrages*, 156 : 573-587
- Tiefenbacher H., 1989, Short rotation forestry in Austria, *Bioresource technology*, 1991, vol. 35, n°1, pp. 33-40 (11 ref.)
- Van Beek C.L., Brouwer L. Oenema O., 2003, The use of farmgate balances and soil surface balances as estimator for nitrogen leaching to surface water, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 67: 233-244, 2003.
- Vandendriessche V., mémoire de fin d'étude ISA (Lille) et INRA (Estrées-Mons), octobre 2007: Étude des facteurs de rendement d'une espèce dédiée aux bioénergies : Découverte des déterminants agronomiques de *Miscanthus X giganteus*. Étude des essais de Grignon et Lusignan
- Verdier J.L., 2006, Le sorgho tolère le stress hydrique, mais valorise aussi l'irrigation, *Infos techniques Arvalis Institut du végétal*, dossier : SORGHO - Bilan de campagne 2005.
- Warnant G. 2007, *Miscanthus*, aspects cultureux (4ème rencontres de la biomasse, Gembloux, 7/11/07 - Quelles ressources pour les biocombustibles de demain?)
- WILWATER, Projet Européen LIFE Environnement, 2004-2007 - Les TTCR (Taillis de Saule à très courte rotation) en Bretagne (4ème rencontres de la biomasse, Gembloux, 7/11/07 - Quelles ressources pour les biocombustibles de demain?)

## 10. Annexes

Annexe 1 - Rendements 2030 des cultures et procédés de conversion.....	185
Annexe 2 – Cartes des bassins hydrographiques français et les départements.....	188
Annexe 3 - Choix des surfaces mobilisées pour l’implantation de cultures à destination des biocarburants : hypothèses et définitions .....	189
Annexe 4 - Listes des unités de production de biocarburants agréées bénéficiant du système de défiscalisation en vigueur français, localisation des unités françaises. ....	195
Annexe 5 – Calcul des quantités de résidus de cultures mobilisables sur les zones nord et sud de la France.....	198
Annexe 6- Règlements sur la mise en place des surfaces en couvert environnemental .....	201
Annexe 7 – Fiches culture présentant les bilans hydriques calculés pour chaque culture .....	207
Annexe 8 – Fuites d’azote retenues pour les évaluations des scénarios.....	212
Annexe 9 - Détermination des rotations type des scénarios tendanciels pour la mise en oeuvre des bilans azote.....	218
Annexe 10 - IFT moyens par culture régionaux et nationaux.....	222
Annexe 11 - Substances dont le rang SIRIS normalisé est supérieur à 50% qui n’ont pas été détectées dans les eaux de surface (Le Gall A.C., 2007).....	223
Annexe 12 - Pratiques d’épandage de produits phytosanitaires retenues par cultures .	225
Annexe 13 - Classements SIRIS des eaux de surface et souterraines pour chacun des scénarios.....	229

## Annexe 1 - Rendements 2030 des cultures et procédés de conversion

- Détermination des rendements agricoles et de conversion des filières de première génération (Scénarios 1A et 1B)

**Tableau de Rendements 2030 des grandes cultures des scénarios 1A et 1B**

		Rendements moyens 2005 (tonne de produit récolté/ha)	Rendements moyens 2030 (tonne de produit récolté/ha)*
Colza	nord	3,7	4
	sud	3,2	3,5
Tournesol	nord	2,9	-
	sud	2,3	2,8
Blé	nord	7,4	10
	sud	5,3	8
Maïs	nord	8,7	10
	sud	8,2	12
Betterave	nord	77,8	80
Luzerne	nord	10	12

\* Les rendements moyens 2030 se présentent comme relativement optimistes en restant cohérents avec :

- la progression tendancielle des rendements observés
- les plus hauts rendements moyens départementaux observés ces dernières années sur les grands bassins de production de la culture (les départements de la Marne, de la Seine-Maritime et du Pas de Calais ont récemment affichés les meilleurs rendements moyens en blé (proches de 100 qx/ha en 2004).
- l'absence d'effet du changement climatique sur les rendements en 2030

**Tableau de Rendements des procédés de conversion associés aux grandes cultures (IFP)**

	tep de carburant/ tonne de produit de récolte agricole
Rdt EMHV/oléagineux	0,37 tep/t
Rdt éthanol/céréales	0,22 tep/t
Rdt éthanol/betterave	0,05 tep/t

- Détermination des rendements agricoles et de conversion des filières de deuxième génération (Scénarios 2 et 3)

Le rendement de production de biocarburants de deuxième génération à partir de cultures énergétiques est exprimé en tep de carburant par tonne de biomasse sèche. Ce rendement est du même ordre de grandeur pour les filières éthanol et BtL allothermique considérées dans l'étude. Une valeur de **0,16 tep/ tonne MS** est retenue pour l'ensemble de la présente étude (IFP).

Les tableaux suivants présentent, pour le Nord et pour le Sud, les rendements de récolte retenus dans les scénarios, ainsi que les valeurs obtenues dans les simulations de cultures type et les fourchettes de valeurs minimales et maximales à dire d'expert. Le plus souvent :



- dans le scénario S2, les valeurs les plus productives sont retenues, en accord avec le caractère intensif de l'agriculture de ce scénario et en supposant une amélioration des rendements à l'horizon 2030 par les progrès agronomiques sur ces nouvelles cultures

- dans le scénario S3, les valeurs retenues traduisent l'effet d'options protectrices de l'environnement (par exemple, récolte d'hiver pour miscanthus ou switchgrass ; faibles intrants pour luzerne et fétuque).

Dans la plupart des cas, les simulations sont en assez bon accord avec les valeurs retenues. Il faut cependant rappeler que la production de biomasse dans les simulations est une valeur de calage indicative, obtenue par des coefficients moyens d'efficacité d'utilisation de l'eau : il ne s'agit pas de retrouver strictement les valeurs retenues, mais de s'en approcher suffisamment pour que la description des pressions sur l'eau soit réaliste, d'une part, et en accord avec les valeurs retenues, d'autre part.

**Tableau de rendements de production retenus pour les cultures dans les scénarios S2 et S3 au Nord, et indication des valeurs obtenues dans les simulations de cultures type et des étendues de valeurs à dire d'expert.**

		Nord				
(t MS/ha)		valeur retenue récolte	valeur simulée biomasse	valeur simulée récolte	fourchette experts	commentaire
<b>S2</b>	Miscanthus Nov	25	23,3 - 25,2	23,3 - 25,2	18 - 30	Valeur moyenne haute (valeur max spécifique de conditions optimales rares)
	Triticale plante entière	13	9,8 - 12,1	9,8 - 12,1	8 - 18	Valeur moyenne (valeur max spécifique de conditions optimales rares)
	Luzerne	15	13,8 - 14,5	13,8 - 14,5	12 - 15	Valeur max maîtrisée
	Fétuque	15	14,1 - 15,1	14,1 - 15,1	10 - 15	Valeur max maîtrisée
	TCR	15	11,1 - 13,3	10,0 - 12,0	8 - 15	
<b>S3</b>	Miscanthus Fev	15	17,5 - 21	8,7 - 10,5	10 - 20	Valeur moyenne: sans irrigation avec rattrapage phyto
	Luzerne	12	10,5 - 12,7	10,5 - 12,7	12 - 15	Valeur mini sans irrigation ni phyto
	Fétuque	10	9,2 - 11,2	9,2 - 11,2	10 - 15	Valeur mini sans irrigation ni phyto
	Fétuque Trefle	15				non simulé spécifiquement
	TCR	8	11,1 - 13,3	7,8 - 9,3	8 - 15	Valeur mini spécifique de l'essence choisie (Robinier)

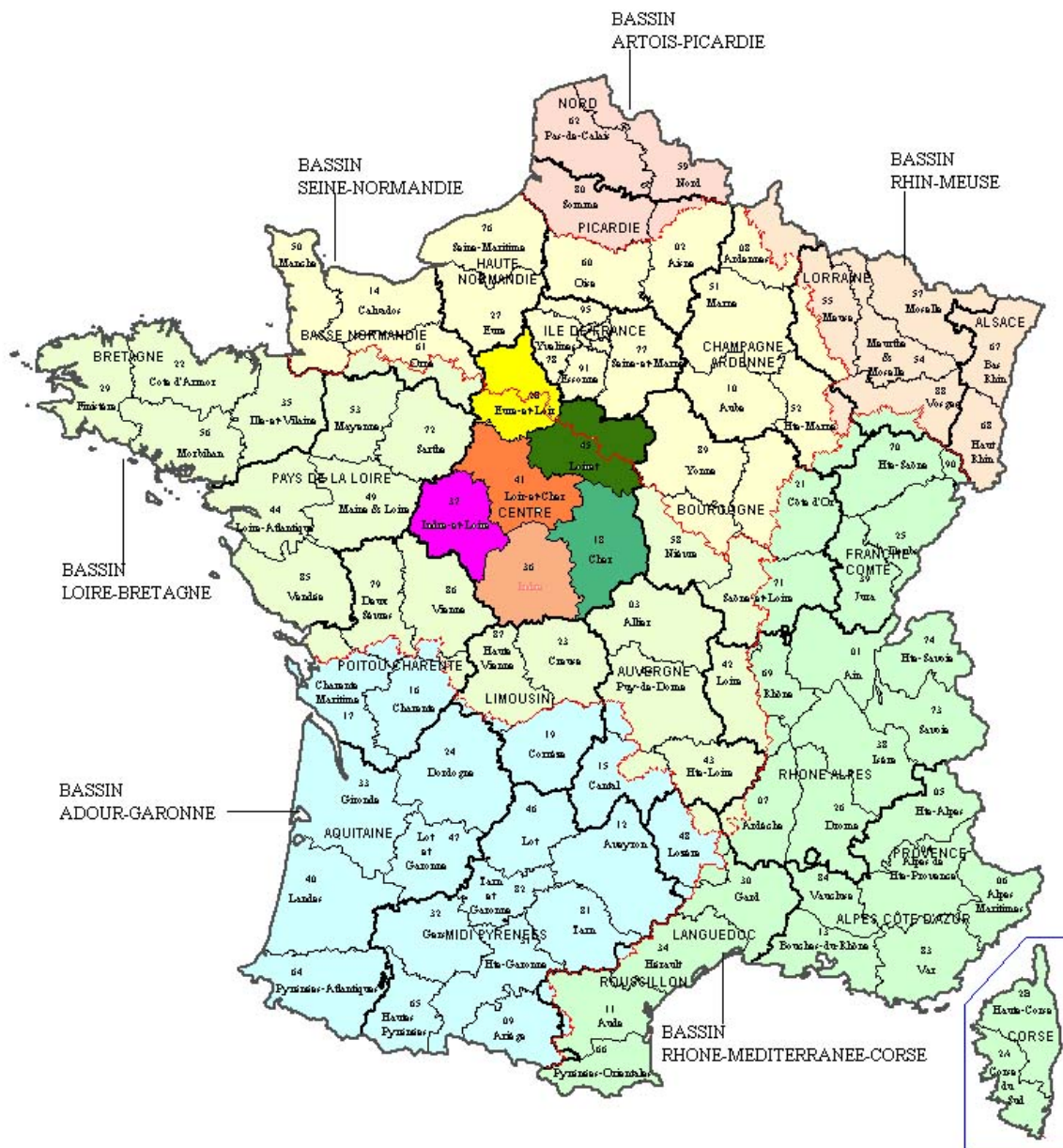
Tableau de rendements de production retenus pour les cultures dans les scénarios S2 et S3 au Nord, et indication des valeurs obtenues dans les simulations de cultures type et des étendues de valeurs à dire d'expert.

		Sud				
		valeur retenue récolte	Valeur simulée biomasse	valeur simulée récolte	fourchette experts	commentaire
<b>S2</b>	(t MS/ha)					
	Switchgrass Nov	20	18,6 - 20,8	18,6 - 20,8	15 - 30	implantée sur terres pauvres(valeur max spécifique de conditions optimales rares)
	Canne de provence	25	18,1 - 20,4	18,1 - 20,4	10 - 20; 25	Meilleurs sols, progrès techno sur conduite très technique
	Maïs biomasse	25	21,4	21,4	10 - 20; 25	Meilleurs sols, progrès techno sur conduite très technique
	Sorgho fibre	25	17,9	17,9	10 - 20; 25	Meilleurs sols, progrès techno sur conduite très technique
	TCR	15	11,5 - 12,8	9,2 - 10,3	8 - 15	Les valeurs simulées sont vraisemblables
<b>S3</b>	Switchgrass Fev	14	16,3 - 18,5 - 20,7	11,4 - 13 - 14,5	10 - 16	Valeur moyenne: sans irrigation avec rattrapage phyto
	Miscanthus Fev	12	<i>idem switchgrass</i>	<i>idem switchgrass</i>	10 - 16	Valeur moyenne: sans irrigation avec rattrapage phyto
	Sorgho fibre	13	9,9 - 12,1 - 14,3	9,9 - 12,1 - 14,3	10 - 20	Valeur moyenne basse: sans irrigation avec rattrapage phyto
	Fétuque	8	8,2 - 9,4 - 10,6	8,2 - 9,4 - 10,6	8 - 15	Valeur mini sans irrigation ni phyto
	Fetuque Trefle	14				non simulé spécifiquement
	TCR	12	11,1 - 12,8	9,2 - 10,3	8 - 15	Valeur mini spécifique de l'essence choisie (Eucalyptus)

Annexe 2 – Cartes des bassins hydrographiques français et les départements



LA FRANCE ADMINISTRATIVE



### Annexe 3 - Choix des surfaces mobilisées pour l'implantation de cultures à destination des biocarburants : hypothèses et définitions

#### A. Hypothèses pour l'évaluation des surfaces agricoles mobilisables pour les biocarburants

Actuellement en France les filières de productions agricoles à destination des biocarburants sont implantées sur des surfaces de gel industriel et sur des surfaces ACE (Aides aux Cultures Énergétiques). La définition et la réglementation liée à la mise en place de ces surfaces est détaillée en fin de la présente annexe.

ha	Gel industriel	ACE	Total
<b>Colza</b>	314 019	353 224	667 243
<b>Tournesol</b>	38 082	15 686	53 768
<b>Blé</b>	16 901	2 725	19 625
<b>Betterave</b>	9 099	13 818	22 917
<b>Total</b>	<b>378 101</b>	<b>385 453</b>	<b>763 554</b>

Source: ONIGC 2006

La surface totale en gel PAC s'élève à 1,55 Mha en 2006. Parmi l'ensemble de ces surface on distingue le gel non cultivé, le gel industriel, le gel environnemental, le gel légumineuse et autre types de gel plus marginaux, tous correspondant à un cahier des charges précis des pratiques et couverts autorisés. Le gel industriel français s'élève à 403 929 ha en 2006 dont **378 101 ha** dédiés aux biocarburants (93%).

En gardant les tendances agricoles actuelles, il est alors envisageable de:

- continuer à exploiter les surfaces de **gel industriel** biocarburant en considérant qu'elles continuent de se substituer aux surfaces en gel non cultivé laissées nues (1,2 Mha en 2006).

Sur l'ensemble de la surface en gel PAC l'INRA considère qu'à l'échelle nationale 70% seraient cultivables en grandes cultures, soit 1,09 Mha. En retranchant les surfaces de gel industriel (elles-mêmes déjà en grandes cultures) cela permet de considérer que **0,7 Mha de gel nu** peuvent être cultivables pour les biocarburants.

A une échelle plus locale (région, département), l'estimation des surfaces de gel nu cultivables peut être réalisée à l'aide des statistiques des surfaces dites en jachères avant 1992, date à laquelle l'obligation de gel d'une part de la SCOP<sup>21</sup> de chacune des exploitations agricoles a été établie. Il peut alors être admis qu'avant cette date, étaient majoritairement mises en jachère les surfaces qui n'étaient économiquement pas rentables (terres pas ou peu productives, peu accessibles etc.). Le calcul des surfaces de gel nu disponible à ces échelles dans les scénarios, correspond à la surface totale de gel nu de la zone, à laquelle est retranchée la moyenne des surfaces en jachère de 1989 à 1991 (historique de données Agreste) sur cette même zone.

- conserver la sole **ACE** (surfaces bénéficiant des Aides aux Cultures Énergétiques) telle qu'elle existe en 2006, soit **385 453 ha**.

- mobiliser jusque 1/3 des **exports extra européens** des principales céréales, de colza et de sucre pour la production de ces mêmes cultures pour un usage biocarburant. Seul

<sup>21</sup> SCOP: Surfaces en Céréales et Oléo-Protéagineux

l'assolement des surfaces de céréales d'export pourra être modifié pour y intégrer une culture de colza.

En France on compte **environ 540 000 ha** de cultures d'export pouvant alors être orientés vers la production de biocarburants.

ha	Surface d'export hors UE en 2005	Surfaces d'export orientées vers les biocarburants 2030	Remarques
<b>colza</b>	20 000	6 667	exclusivement sur la moitié nord
<b>tournesol</b>	8 500	2 833	exclusivement sur la moitié sud
<b>blé tendre</b>	948 000	316 000	60% nord et 40% sud
<b>blé dur</b>	176 600	58 866	exclusivement sur la moitié sud
<b>maïs</b>	22 000	7 407	essentiellement sur le nord
<b>orge</b>	167 692	55 897	essentiellement sur le nord
<b>betterave</b>	184 715	61 572	exclusivement sur la moitié nord
<b>Total</b>	<b>1 527 507</b>	<b>509 242</b>	

*Sources: AGPB, Proléa, Lesucré*

- conserver la tendance de la baisse des surfaces de **prairies permanentes**. Entre 2000 et 2005 une baisse de 250 000 ha a été observée, soit 50 000 ha par an. Cependant dans certaines régions des mesures de conservation de la prairie semblent être à l'étude. Une réglementation européenne fixe par ailleurs un seuil maximum de baisse du ratio STH/SAU à 10% par rapport à l'année de référence 2005. Si ce seuil était atteint des mesures de réimplantation de la prairie seraient mises en place.

Les surfaces de prairie jouent ici le rôle de variable d'ajustement et ne sont utilisées qu'en dernier recours pour compléter le manque de surfaces éventuel.

*Dans l'exemple du scénario 1A, la production de biocarburants fixée induit un besoin en surfaces de 2,7 Mha. Or parmi les surfaces mobilisables décrites précédemment, l'ensemble des surfaces s'élève à 2 Mha. En considérant que les 0,7 Mha manquant sont réquisitionnés sur de la prairie, le seuil de 10% n'est pas tout à fait atteint (8,6 %) et l'on peut conclure à un ralentissement de la baisse des surfaces de prairie entre 2005 et 2030.*

Pour les scénarios mobilisant jusqu'un quart de la surface agricole utile (6,9 Mha) il est nécessaire de requérir des surfaces supplémentaires. Dans ces scénarios le choix des espèces permet la mobilisation de surfaces de faible valeur agronomique comme les friches, landes et autres **surfaces agricoles non cultivées** comme définies par la nomenclature Teruti-Lucas du service statistique du ministère de l'agriculture. Par ailleurs, pour certaines espèces dont le comportement est encore peu connu en système de culture classique, l'implantation peut être réalisée sur un **sol portant initialement une espèce de caractéristiques similaires**. Exemple : le sorgho fibre peut être implanté sur des surfaces initialement en sorgho grain; les TCR de peuplier sur les surfaces de peupleraie; etc. D'autres types de surfaces peuvent ensuite être déterminés **spécifiquement à partir des hypothèses de cadrage du scénario**, en privilégiant par exemple le choix de surfaces dont les ressources en eaux correspondantes sont particulièrement vulnérables dans le but d'obtenir un effet volontairement améliorant par exemple (scénario 3).



## B. Définition des surfaces et réglementation sur l'utilisation de ces surfaces

### ➤ Surfaces de jachère ou gel

#### 1. Surfaces et attribution des aides

##### *Avant 2006*

Jachère obligatoire : 10% de la (SCOP + gel) des exploitations comprenant un minimum de 92 tonnes équivalent céréale de produits de SCOP

= 1 118 000 ha en 2005

Les exploitants pouvaient également geler une superficie supérieure à ce taux obligatoire, ce « gel volontaire » restant primé jusqu'à 30% de la SCOP

##### *Depuis 2006*

La surface à mettre en jachère n'est plus définie par un taux annuel mais par un nombre de « DPU jachère » alloué à chaque exploitant, qu'il sera obligé d'activer pour pouvoir bénéficier de l'activation de ses « DPU standards », reliés aux surfaces cultivées à des fins de production.

**1e DPU jachère est activé par la mise en jachère d'1 hectare de terres éligibles.**

Le gel doit être réalisé sur des parcelles éligibles, c'est-à-dire qui n'étaient, au 15 mai 2003, ni en culture permanente, ni en forêt, ni en pâturage permanent, ni consacrées à un usage non agricole.

**Ainsi les surfaces en gel obligatoire ne devraient pas trop changer avec l'instauration des DPU.**

Par contre, le gel volontaire n'est plus primé de la même façon que le gel obligatoire puisqu'il n'active que des DPU standards, au montant inférieur aux DPU jachères. L'agriculteur peut s'adonner à la jachère volontaire sur d'autres surfaces. Ces surfaces peuvent servir à activer des DPU "normaux" et, si elles sont éligibles, peuvent bénéficier des paiements couplés dans la limite du taux maximal fixé pour la jachère volontaire.

Pour la campagne 2006, ce maximum est fixé à 10% de la surface emblavée en COP bénéficiant de l'aide couplée.

Il peut être porté à 20% de cette surface pour les agriculteurs engagés totalement en agriculture biologique et les agriculteurs affectant leurs terres en jachère industrielle (à la production de matières premières destinées à la fabrication de produits non destinés à la consommation humaine ou animal). Pour bénéficier du taux de gel volontaire de 20%, les producteurs pratiquant le gel industriel doivent consacrer la totalité de leurs surfaces mises en jachère au gel industriel.

La surface des parcelles mises en jachère est de 0,10 ha minimum d'un seul tenant et la largeur est de 10 m minimum.

Parmi les 10% de SCOP + gel : 7% de gel PAC + 3% de gel environnemental

#### 2. Gel environnemental

Mesure BCAE (Bonnes Conduites Agricoles et Environnementales) n°1 :

Les agriculteurs doivent consacrer une surface dite de **couvert environnemental** située en priorité le long des cours d'eau et vierges de toute intervention chimique. Ces surfaces seront mobilisées durablement pour contribuer au renforcement des bienfaits environnementaux liés aux pratiques agricoles. **La surface minimale en couvert environnemental (BCAE n°1) est de 3% de la SCOP française ; ils sont localisés en**

priorité le long des cours d'eau, sous la forme de bandes de 5 à 10m de large. Ces parcelles doivent avoir une largeur minimale de 5 mètres et une surface minimale de 5 ares. Elles doivent porter un couvert et être entretenues selon les règles spécifiques fixées par l'arrêté préfectoral sur l'entretien minimal des terres ou relatif aux BCAE.

= 250 000 ha mis en place dès la campagne 2005.

Pour les agriculteurs qui n'ont pas de cours d'eau sur leur exploitation, ou ceux qui, en bordant tous leurs cours d'eau, n'atteignent pas 3% de leur SCOP, les couverts environnementaux peuvent être réalisés sans contraintes de forme et d'emplacement. Ces surfaces sont soumises à des règles plus ou moins strictes, notamment concernant les espèces qui peuvent y être semées.

### 3. Gel PAC

4 modalités possibles de gestion:

- Gel vert ou aide au boisement de terres agricoles (pas de paiement compensatoire)
- Gel agronomique
- Gel cynégétique ou JEFS (jachères environnement et faune sauvage)
- Gel industriel ou non alimentaire

**Le gel industriel est le seul type de jachère à être cultivée avec l'objectif de récolter les graines produites.** La dénomination « industriel » ou « non-alimentaire » provient du fait que les graines récoltées sur **ces parcelles ne doivent en aucun cas servir à l'alimentation humaine ou animale**, ni être utilisées comme semences, mais sont destinées à être transformées à des fins industrielles non-alimentaires. Avec la volonté gouvernementale clairement affirmée de développer l'utilisation des biocarburants, les **jachères industrielles**, de colza diester notamment, **vont sans doute voir leurs surfaces augmenter significativement dans les années à venir.** Et les agriculteurs vont sans doute être de plus en plus nombreux à consacrer une grande partie de leur obligation de gel aux jachères industrielles

Les parcelles de gel industriel sont conduites de manière classique par les agriculteurs : une parcelle de colza ou de blé « industriel » reçoit le même itinéraire technique (travail du sol, protection des plantes) qu'une parcelle de colza ou de blé destinée à l'alimentation humaine ou animale : en effet, le rendement et la qualité des grains doivent être optimums pour assurer les transformations industrielles

### 4. Entretien des surfaces en gel

Pour éviter l'infestation par des graines d'adventices néfastes pour l'ensemble des usages actuels ou futurs de la parcelle gelée ou des parcelles environnantes, et pour protéger les sols durant les périodes de pluies, les parcelles gelées doivent porter un couvert végétal, le sol nu étant interdit (sauf cas particulier des périmètres de semences ou de lutte collective).

Il est donc préconisé d'implanter un couvert spécifique, tout particulièrement à l'automne, y compris en cas de reconduction de la jachère (non industrielle) plusieurs années de suite sur la même parcelle. La fertilisation azotée n'est pas autorisée (sauf en cas d'implantation de couvert, dans la limite de 50 unités d'azote par ha) et l'usage des herbicides est limité

#### ➤ Surfaces de prairie permanentes

Parmi le contenu de la conditionnalité des aides PAC, la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles et environnementales (BCAE) préconise entre autres, la préservation



des surfaces de prairies permanentes. A partir d'une baisse de plus de 5% du ratio national de 2005 "surface en pâturages permanents/SAU", des mesures de réimplantation de prairies retournées en 2004, 2005 et 2006 pourraient être imposées.

Baisse de 5% du ratio national = **1,6 Mha de prairies**

En 2005, il n'a pas été constaté de baisse du ratio national. Par conséquent, aucune règle de gestion des prairies permanentes (demande d'autorisation, obligation de réimplantation) ne s'applique pour la campagne 2006.

### ➤ Surface en oléagineux

Accords de Blair House

Le « mémorandum d'accord » que la Communauté approuve le 8 juin 1993 pour mettre en œuvre le compromis de Blair House a pour effet de limiter en Europe :

- les surfaces éligibles au paiement spécifique pour les oléagineux à 4,934 millions d'hectares au plus (cas d'un gel obligatoire de 10 %) pour l'Union européenne à quinze, dont 1,557 million d'hectares pour la France ;
- les cultures sur jachère industrielle par un seuil de transformation de **1 million de tonnes d'équivalent tourteau de soja** sur jachère indemnisée en UE.

Soit, une limite fixée à 5,1 millions d'hectares d'oléoprotéagineux bénéficiant d'un régime d'aide spécifique pour l'Europe, dont 1,7 million d'hectares pour la France.

Avec l'Agenda 2000 — qui couvre la période 2000-2006 — la Commission européenne poursuit l'objectif implicite de libérer la production oléagineuse des contraintes résultant de l'accord de Blair House, en faisant perdre à celui-ci son objet :

- la première étape, ratifiée en 1999 par le Conseil européen de Berlin, a abouti à supprimer tout paiement à l'hectare spécifique aux oléagineux à compter de 2002 ;
- la deuxième, envisagée dès juillet 2002 au titre de la « revue à mi-parcours » de l'Agenda 2000, en cours de discussion au sein du Conseil des ministres européens de l'Agriculture, consistait à généraliser le découplage et à substituer à la jachère industrielle un paiement non spécifique aux cultures énergétiques. La Commission européenne proposait à cet effet de remplacer les dispositions actuelles en matière de jachère industrielle — qui, en ce qui concerne les oléagineux, sont soumises au seuil de transformation de 1 million de tonnes d'équivalent tourteau de soja — par un paiement non spécifique en faveur de toutes les cultures énergétiques ayant vocation à se substituer au dioxyde de carbone. Dans le projet de règlement soumis aux ministres de l'Agriculture, ce nouveau paiement — baptisé « crédit carbone » — était proposé à 45 euros par hectare, dans la limite d'une superficie maximale garantie de **1,5 million d'hectares**

Mais cette stratégie trouve ses limites dans les distorsions de concurrence internes à la politique agricole commune, de même que dans celles liées à l'évolution de la politique agricole américaine. Sa réussite est donc largement conditionnée par les modalités d'application du « découplage » que prévoit la nouvelle réforme, tout autant que par la capacité de l'Union européenne à faire prévaloir ses intérêts au sein de l'organisation mondiale du commerce.

### ➤ Conditions d'accès aux rendements « irrigués »

Vous ne pouvez déclarer « irriguées » des parcelles que si vous respectez la totalité des conditions relatives à l'irrigation. Les cultures susceptibles d'être éligibles aux rendements irrigués sont le maïs, le millet, l'orge de printemps, les protéagineux, l'avoine, le sorgho et le soja.

➤ **Cultures énergétiques**

Une aide de 45 €/ha est accordée aux parcelles ensemencées en matières premières dont la destination est un produit énergétique (biocarburants, chaleur, électricité). Pour toute matière première nouvelle, vous devez prendre contact auprès de l'ONICOL (Office National Interprofessionnel des Oléagineux, Protéagineux, et Cultures Textiles). Les parcelles relevant du régime spécifique au gel des terres, y compris gel industriel et « gel vert », sont exclues du bénéfice de cette aide.

Un « contrat de cultures énergétiques » spécifique doit être conclu avec un premier transformateur ou collecteur délégué agissant pour le compte d'un premier transformateur.

Toutes les cultures, y compris la betterave, sont susceptibles de faire l'objet d'un contrat ou d'une déclaration de cultures énergétiques.

➤ **Exploitations engagées en agriculture biologique**

Les agriculteurs engagés en agriculture biologique peuvent pratiquer le gel volontaire et bénéficier de l'aide couplée aux grandes cultures. Par dérogation à la règle de non-production sur les parcelles gelées volontairement, certaines légumineuses fourragères peuvent être cultivées sur les parcelles en gel volontaire des exploitations entièrement engagées dans un mode de production biologique. Cette production peut être récoltée ou pâturée.

Pour bénéficier du taux de gel volontaire de 20/80ème, les producteurs engagés en agriculture biologique doivent cultiver des légumineuses fourragères sur toutes leurs parcelles en gel

**Annexe 4 - Listes des unités de production de biocarburants agréées bénéficiant du système de défiscalisation en vigueur français, localisation des unités françaises.**

**Liste des unités de biodiesel françaises agréées et leurs agréments 2010**

Zone	Produits	Société	Localisation	Matières premières	Agrément 2010 (t)
Nord	NC	Total	Dunkerque (59)	NC	100 000
	EMHV <sup>1</sup>	Novaol (INEOS)	Verdun (55)	Colza	210 000
	EMHV	Diester Ind	Grand-Couronne 1 (76)	Colza	260 000
	EMHV	Diester Ind	Grand-Couronne 2 (76)	Colza	206 000
	EMHV	Diester Ind	Compiègne 1 (60)	Colza	149 000
	EMHV	Diester Ind/	Compiègne 2 (60)	Colza	68 000
	EMHV	Diester Ind	Coudekerque (59)	Colza	229 000
	EMHV	Diester Ind	Montoir/St-Nazaire (44)	Colza	223 000
	EMHV	Diester Ind	Le Mériot (10)	Colza	236 000
	EMHA <sup>2</sup>	Airas 4 (Saria)	Montoir (44)	graisses animales	30 000
	EMHA	Progilor Bouvart	Charny sur Meuse (55)	graisses animales	35 000
	EMHA	Daudruy Van Cauwenberghe	Dunkerque (59)	graisses animales	91 000
	EMHA	Bionerval SARIA Industries	Lisieux (14)	graisses animales	38 000
	EMHA	SCA pétrole et dérivés	Cornille (35)	graisses animales	55 000
	EMHU <sup>4</sup>	Veolia Environnement (SARP Industrie)	Limay (78)	huiles végétales recyclées	45 000
<b>Sous-total nord</b>					<b>1 975 000</b>
Sud	EMHV	Centre Ouest céréales	Chalandray (86)	Colza, Tournesol	60 000
	EMHV	Diester Ind	Boussens (31)	Colza, Tournesol	38 000
	EMHV	Diester Ind	Bordeaux/Bassens (33)	Colza (20%), Tournesol (80%)	226 000
	EMHV	Diester Ind	Sète 1 (34)	Colza (70%), Tournesol (30%)	214 000
	EMHV	Diester Ind	Sète 2 (34)	Colza (70%), Tournesol (30%)	125 000
	EMHV	Biocar (La Compagnie du Vent)	Fos sur Mer (13)	Colza, Tournesol	100 000
	EEHV <sup>3</sup>	SICA Atlantique et Valagro	La Rochelle (17)	Colza, Tournesol	60 000
<b>Sous-total sud</b>					<b>823 000</b>
<b>TOTAL</b>					<b>2 798 000</b>

<sup>1</sup> EMHV : Ester Méthylique d'Huile Végétale

<sup>2</sup> EMHA : Ester méthylique d'Huile Animale

<sup>3</sup> EEHV : Ester Etylique d'Huile Végétale

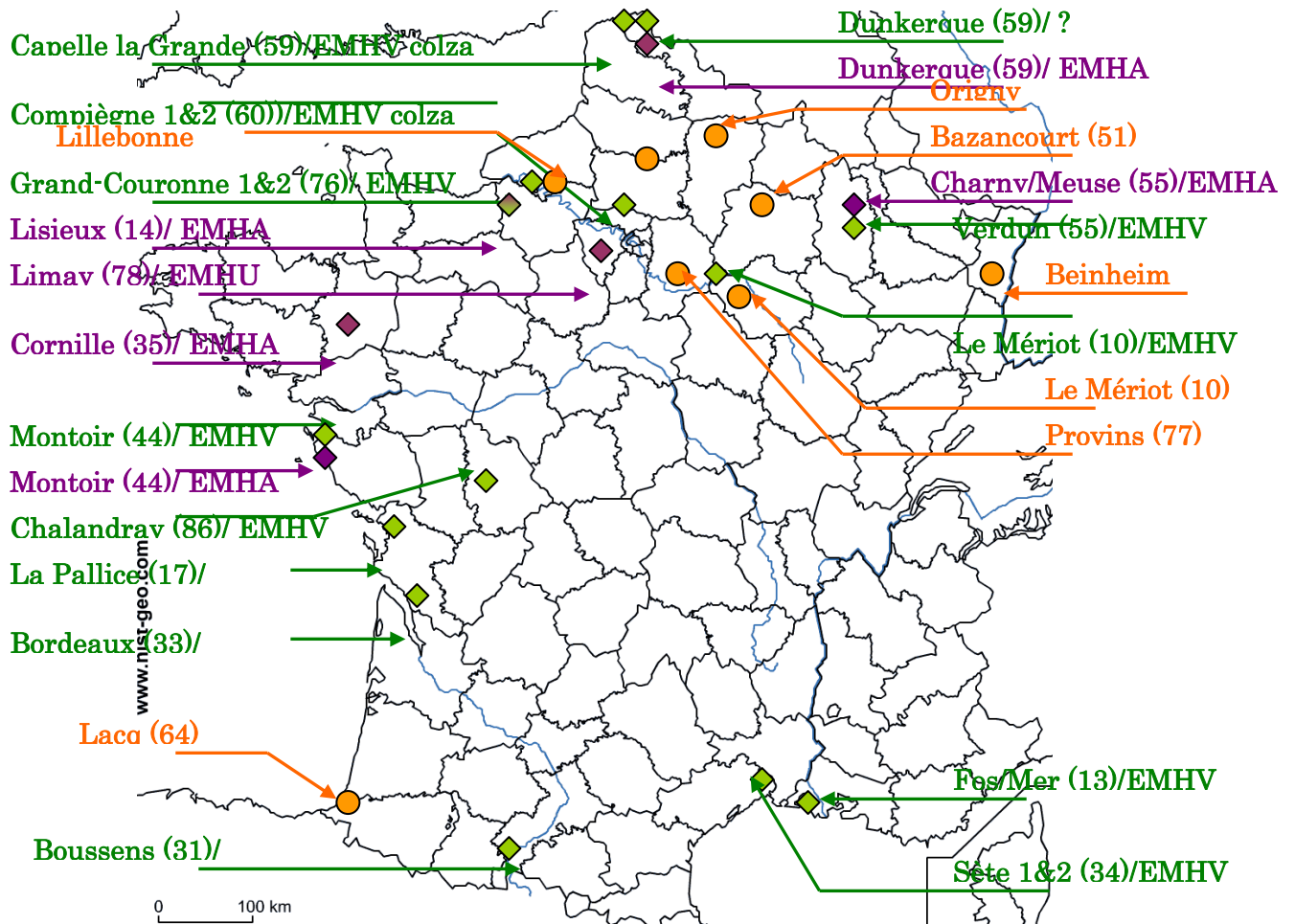
<sup>4</sup> EMHU : Ester méthylique d'Huiles Usagées

NC : non communiqué

### Liste des unités de bioéthanol agréées et leurs agréments 2010

Zone	Produit	Sociétés	Localisation	Matières premières	Agrément 2010 (t)
<b>Nord</b>	Bioéthanol pour ETBE	Nord ETBE	Mardyck (59)	Blé, betterave	37 000
	Bioéthanol pour ETBE	Ouest ETBE	Gonfreville (76)	Blé, betterave	31 000
	Bioéthanol	Cristal Union	Arcis-sur-Aube (10)	Betterave	23 000
	Bioéthanol	St Louis Sucre	Epeville (80)	Betterave	40 000
	Bioéthanol	SVI	Saint-Emilie (80)	Betterave	12 000
	Bioéthanol	SDT	Toury (28)	Betterave	12 000
	Bioéthanol	Téréos	Bucy-le-Long (02)	Betterave	6 000
	Bioéthanol	Téréos	Morains (51)	Betterave	3 000
	Bioéthanol	Téréos	Artenay (45)	Betterave	12 000
	Bioéthanol	Téréos	Lillers (62)	Betterave	18 000
	Bioéthanol	SA Vallée du Loing	Souppes (77)	Betterave	3 000
	Bioéthanol	Téréos (BENP)	Lillebonne (76)	Blé	160 000
	Bioéthanol	Brie Champagne Ethanol	Provins (77)	Blé	5 000
	Bioéthanol	Roquette	Beinheim (67)	Blé	95 000
	Bioéthanol	Amylum Sedalcol SNC	Mesnil St Nicaise (80)	Blé	3 000
	Bioéthanol	Soufflet	Le Mériot (10)	Blé	80 000
	Bioéthanol	Cristal Union	Bazancourt (51)	Blé, betterave	168 000
	Bioéthanol	Cristal Union	Betheniville (51)	Blé, betterave	21 000
Bioéthanol	Téréos	Origny (02)	Blé, betterave	70 000	
<b>Sous-total nord</b>					<b>799 000</b>
<b>Sud</b>	Bioéthanol pour ETBE	Lyondell	Fos sur Mer (13)	Blé, betterave	111 000
	Bioéthanol pour ETBE	Total	Feyzin (69)	Blé, betterave	45 000
	Bioéthanol	Cristal Union	St Gilles du Gard (30)	Alcool vinique	17 000
	Bioéthanol	Abengoa Bioenergy	Bassin de Lacq (64)	Maïs	120 000
<b>Sous-total sud</b>					<b>293 000</b>
<b>TOTAL</b>					<b>1 092 000</b>

Carte des unités d'éthanol et de biodiesel 2030 (bénéficiant d'agrément pour 2010)



- ◆ Unité biodiesel considérée utilisatrice d'oléagineux locaux
- ◆ Unité biodiesel considérée non utilisatrice d'oléagineux locaux (graisses animales, huiles usagées etc.)
- ◆ Unité biodiesel multicharge (oléagineuses et non oléagineuses)
- Unité bioéthanol

Annexe 5 – Calcul des quantités de résidus de cultures mobilisables sur les zones nord et sud de la France

Nord												
		TOTAL	maïs		colza		blé tendre		Orge		betterave	
			%	unité	%	unité	%	unité	%	unité	%	unité
surface	Mha	7,49		0,70		1,42		4,01		1,35		0,41
production	Mt	62,31		7,04		5,66		40,15		9,45		32,51
rendement	t/ha			10,00		4,00		10,00		7,00		80,00
rendement ms	t ms/ha			8,80		3,52		8,80		6,16		20,00
Indice de récolte	%		55%		40%		60%		65%		80%	
rendement ms plante entière	t ms/ha			16,0		8,8		14,7		9,5		25,0
résidus	Mt ms		45%	5,072	60%	7,475	40%	23,553	35%	4,479	20%	2,032
dispo après enfouissement	Mt ms		83%	4,210	83%	6,204	83%	19,549	83%	3,718	83%	1,686
dispo après utilisation bétail	Mt ms		100%	4,210	100%	6,204	36%	7,038	36%	1,338	100%	1,686
taux de collecte pratique	Mt ms		50%	2,105	75%	4,653	50%	3,519	50%	0,669	50%	0,843
rendement biogaz	tep/t ms			0,325		0,15		0,17		0,17		0,2730
<b>production biogaz</b>	<b>Mtep</b>	<b>2,315</b>		<b>0,684</b>		<b>0,699</b>		<b>0,59</b>		<b>0,112</b>		<b>0,230</b>

Sud										
		TOTAL	maïs		colza		blé tendre		blé dur	
			%	unité	%	unité	%	unité	%	unité
surface	Mha	2,148		0,817		0,251		0,817		0,262
production	Mt	18,533		9,809		0,879		6,533		1,312
rendement 2030	t/ha			12,00		3,50		8,00		5,00
rendement ms grains	t ms/ha			10,56		3,08		7,04		4,40
Indice de récolte	%		55%		40%		60%		60%	
rendement ms plante entière	t ms/ha			19,2		7,7		11,7		7,3
résidus	Mt ms		45%	7,062	60%	1,160	40%	3,833	40%	0,770
dispo après enfouissement	Mt ms		83%	5,862	83%	0,963	83%	3,181	83%	0,639
dispo après utilisation bétail	Mt ms		100%	5,862	100%	0,963	36%	1,145	36%	0,230
taux de collecte pratique	Mt ms		75%	4,396	75%	0,722	50%	0,572585	50%	0,114969
rendement biogaz	tep/t ms			0,325		0,150		0,17		0,17
<b>production biogaz</b>	<b>Mtep</b>	<b>1,652</b>		<b>1,429</b>		<b>0,108</b>		<b>0,096</b>		<b>0,019</b>



### Seine-Normandie

### Adour-Garonne

		blé tendre	
		%	unité
surface	Mha		1,802
production	Mt		18,020
rendement	t/ha		10,000
rendement ms	t ms/ha		8,800
Indice de récolte	%	60%	
rendement ms plante entière	t ms/ha		14,667
résidus	Mt ms	40%	10,572
dispo après enfouissement	Mt ms	83%	8,775
dispo après utilisation bétail	Mt ms	36%	3,159
taux de collecte pratique	Mt ms	50%	1,579
rendement biogaz*	tep/t ms		0,168
<b>production biogaz</b>	<b>Mtep</b>		<b>0,265</b>

maïs		blé tendre	
%	unité	%	unité
	0,629		0,427
	7,549		3,417
	12,00		8,00
	10,56		7,04
55%		60%	
	19,2		11,7
45%	5,436	40%	2,004
83%	4,512	83%	1,664
100%	4,512	36%	0,599
75%	3,383664	50%	0,299450
	0,325		0,17
	<b>1,100</b>		<b>0,050</b>

\*Les rendements biogaz sont issus de données ADEME pour la plupart ainsi que d'une étude Solagro pour les fanes de betterave

## Annexe 6- Règlementation sur la mise en place des surfaces en couvert environnemental

BCAE 1: Mise en place d'une surface minimale en couvert environnemental (d'après "Mise en œuvre de la conditionnalité pour le paiement des aides directe au titre de l'année 2006", Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 12 juin 2006)

Les Surfaces en Couvert Environnemental localisées de façon pertinente permettent de protéger les sols des risques érosifs et de limiter les risques de pollutions diffuses dans les sols et les eaux.

Pour mettre en œuvre cette exigence, les exploitants doivent disposer sur leur exploitation d'une surface consacrée à un couvert environnemental, équivalente au minimum à 3 % de la surface aidée en céréales, oléo-protéagineux, lin fibres, chanvre et gel de l'exploitation et implantée en priorité sous forme de bandes enherbées le long des cours d'eau.

### 1.1. Agriculteurs concernés

En 2006, tous les exploitants demandeurs d'aides directes couplées ou découplées sont concernés à l'exception des exploitants répondant au statut de « petit producteur ». Cette notion a disparu du corpus réglementaire communautaire et fait l'objet d'une réintroduction dans la réglementation nationale sous la forme d'un ajout d'un alinéa à l'article D.615-46 rédigé ainsi :

*« Toutefois, les agriculteurs qui déclarent, pour les paiements à la surface pour les grandes cultures, une superficie n'excédant pas celle qui, sur la base du rendement fixé pour leur région en application de l'article D. 615-13, serait nécessaire pour produire 92 tonnes de céréales, ne sont pas soumis à l'obligation figurant à l'alinéa précédant ».*

#### **A noter :**

- Le statut « petit producteur » justifiant l'exemption est vérifié sur la base des surfaces déclarées pour le bénéfice de l'aide couplée aux grandes cultures (surfaces en COP, lin-fibres, chanvre et gel volontaire)
- Cette règle ne subsiste que pour l'application de cette BCAE.

La transparence GAEC se calcule sur la base du nombre de parts « dites parts GAEC » qui a été déterminé pour chaque GAEC lors de la mise en place de la réforme de la PAC en 1992 ou lors de l'examen par le comité départemental des GAEC si le GAEC a été agréé ou modifié après cette date (cf. circulaire DPEI/SPM/C2000-4025 DEPSE/SDEA/C2000-7050 du 3 novembre 2000 et note REF/PAC 2005/08 du 8 juillet 2005)

L'obligation de localiser des surfaces en couvert environnemental s'applique, sans dérogation, aux exploitants engagés en Agriculture Biologique.

### 1.2. Calcul de la surface en couvert environnemental à réaliser

Le pourcentage de 3% s'applique selon la formule suivante :

Surface en Couvert Environnemental (SCE) = 3% de [surface COP codée A + surface Lin fibres codée A + surface Chanvre codée A + surface en gel obligatoire<sup>2</sup> + surface en gel volontaire<sup>3</sup>].

Les surfaces en gel obligatoire correspondent aux parcelles permettant d'activer les DPU Jachère.

Le gel volontaire correspond aux surfaces gelées au-delà de celles permettant d'activer des DPU jachère dans la limite d'un taux de 10% des surfaces percevant l'aide couplée aux grandes cultures pour tous les producteurs et de 20%, sous certaines conditions, pour les agriculteurs biologiques et les agriculteurs pratiquant le gel industriel.

#### **A noter :**

Les terres non mises en production (TNP) qui sont déclarées sous la rubrique « gel » dans la déclaration surfaces 2006 ne sont pas prises en compte dans la détermination du % de SCE.

Lors des contrôles, en raison de la méconnaissance de la répartition des surfaces en gel obligatoire, gel volontaire et TNP, le gel total (y compris les TNP) servira de base au calcul des 3%. Toutefois, les constats effectués par l'ONIC ne seront qualifiés en anomalies qu'après application de l'algorithme de répartition des terres déclarées en gel (cf. note REF PAC / 2006 / 07 du 11 avril 2006)

Les surfaces en céréales fourragères codées « F » n'entrent donc pas dans l'assiette de calcul de la Surface en Couvert Environnemental.

### 1.3. Nature des surfaces en couvert environnemental

Pour l'année civile N, l'exploitant détermine les surfaces qu'il décide de consacrer à la BCAA « surface minimale en couvert environnemental ». Ces surfaces doivent être présentes toute l'année, soit avec un couvert (obligatoire du 1<sup>er</sup> mai au 31 août de l'année en cours), soit en l'attente de recevoir un couvert lorsqu'elles entrent dans le système de rotation des cultures de l'exploitation.

Les Surfaces en Couvert Environnemental sont localisées sur des parcelles en prairie permanente, en prairie temporaire, en gel ou non consacrées à la production. Elles ne font donc l'objet d'aucune déclaration particulière dans la demande d'aides liées à la surface et figurent dans le S2 jaune sous les appellations :

- Prairies permanentes
- Prairies temporaires et Prairies temporaires de plus de 5ans
- Estive, Lande et parcours
- Gel (qui intègre les TNP), Gel faune sauvage ou jachère fleurie
- Hors culture : par exemple, les friches non concernées par une aide mais entrant dans la SCE, haies ne répondant pas aux normes usuelles, surfaces boisées de moins de 5 mètres de large entrant dans la largeur de la SCE ou engagées en MAE.

Ces surfaces doivent aussi respecter les règles de dimension, d'utilisation et d'entretien définies pour les utilisations déclarées.

Les chemins et les digues qui entrent dans le calcul de la largeur de la Surface en Couvert Environnemental (cf. point 1.4 ci-après) mais pas dans celui de la surface à réaliser, ne sont pas à déclarer dans la déclaration de surfaces.

<sup>2</sup> activant des DPU Jachère

<sup>3</sup> rémunéré au titre de l'aide couplée à la surface pour les grandes cultures

### 1.4. Dimensions des surfaces en couvert environnemental

Les surfaces en couvert environnemental ne peuvent être d'une largeur inférieure à 5 mètres ni d'une superficie inférieure à 5 ares. Il s'agit de critères à respecter dans l'absolu (cf. ci-dessous)

En dehors des bordures de cours d'eau, les surfaces en couvert environnemental ne sont soumises à aucune contrainte de forme ou de dimension maximale.

▪ *Dispositions particulières pour les bords de cours d'eau :*

Largeur : Lorsque les surfaces de couverts sont localisées le long des cours d'eau, la largeur maximale pouvant être prise en compte dans le calcul de la surface en couvert ne peut dépasser au total 10 mètres (Art.3 §2 de l'arrêté du 12 janvier 2005). Toutefois, le préfet, en raison de particularités locales, peut fixer une largeur maximale différente de 10 mètres, comprise entre 5 mètres (minimum exigée au titre des BCAA) et 20 mètres (maximum autorisé par l'arrêté du 12 janvier 2005 Art.3 § 4). Cf. modèle d'arrêté en fiche 4

Exemple : Une prairie borde un cours d'eau sur une longueur de 60 m et sur une largeur de 35 mètres. L'arrêté préfectoral ayant fixé la largeur des bandes enherbées à 10 mètres, seuls les 10 premiers mètres de la largeur de la prairie sont pris en compte pour le critère. Cette prairie contribue donc à la réalisation de 6 ares de Surface en Couvert Environnemental.

Les conditions de largeur doivent être respectées dans l'absolu. Une SCE ayant une largeur de 3 mètres en un endroit ne pourra pas être compensée par une largeur de 8 mètres à un autre endroit. La zone où la largeur est de 3 mètres ne sera comptée au titre de la SCE réalisée sur l'exploitation.

Le long des cours d'eau, la largeur des chemins, des digues, des friches, haies et des surfaces boisées inférieures à 5 mètres est prise en compte dans le calcul de la largeur de la Surface en Couvert Environnemental.

Exemple : Un chemin borde sur deux mètres de large un cours d'eau, l'exploitant agricole doit compléter la largeur du chemin avec une surface de couvert environnemental d'une largeur de 3 mètres au minimum pour réaliser la largeur minimale requise de 5 mètres.

Surface : La surface des haies (à condition qu'elles soient définies comme normes usuelles par l'arrêté préfectoral pris en application du décret « surfaces ») et des friches est comptée au titre de la Surface en Couvert Environnemental.

Par contre, la surface des chemins, des digues et des surfaces boisées inférieures à 5 mètres n'est pas comptabilisée.

- *Règles de prise en compte des éléments fixes du paysage dans la Surface de Couvert Environnemental :*

Les surfaces occupées par les éléments fixes du paysage<sup>4</sup> peuvent être considérées comme surface de couvert environnemental si ces éléments fixes répondent aux normes usuelles définies par arrêté du préfet pris en application du décret « surfaces ».

Les surfaces en friches sont considérées comme Surface Couvert Environnemental uniquement le long des cours d'eau.

**A noter :** Les tournières, les bandes de passage d'enrouleur ou de rampes d'irrigation ne sont pas considérées comme des éléments fixes du paysage.

### 1.5. Localisation des surfaces de couverts environnementaux

- *Obligations liées aux bords de cours d'eau*

**Définition du cours d'eau :** Pour 2006, les cours d'eau définis pour cette mesure au niveau national sont ceux correspondants aux traits bleus pleins des cartes les plus récemment éditées au 1/25000<sup>ème</sup> par l'Institut Géographique National (IGN), à l'exception des cours d'eau busés à la suite d'une autorisation administrative et des canaux intégralement bétonnés.

Par ailleurs, dans les zones d'aménagement hydraulique, de polders ou d'irrigation, la DDAF peut proposer, au regard de la densité des canaux de drainage, d'assèchement ou d'irrigation matérialisés en traits bleus pleins sur les cartes au 1/25000<sup>ème</sup> les plus récemment éditées par l'Institut Géographique National, de ne retenir qu'une partie des canaux du réseau, notamment des canaux principaux, des canaux gérés de façon collective ou encore d'autres canaux pertinents pour la mesure au vu des particularités locales.

Dans ce cas, les canaux retenus doivent être précisés par un arrêté du préfet.

**Pour 2007, en sus de ce socle national, une liste complémentaire d'autres cours d'eau jugés pertinents pour la mesure doit être fixée par arrêté du préfet sur proposition de la DDAF.**

<sup>4</sup> haies entretenues, murets, fossés

Ce travail doit être réalisé au plus tard pour le 30 juin 2006. Comme indiqué dans les notes REF/PAC N° 9 et 11 des 4 et 11 juillet 2005, à défaut d'une définition départementale devront être bordés, **pour l'année 2007 (campagne 2006/2007)**, les cours d'eau en traits bleus pleins et en traits bleus pointillés portant un nom sur les cartes IGN au 1/25000<sup>ème</sup> les plus récentes.

La circulaire DGFAR/SDSTAR/C2005-5046 DPEI/SPM/C2005-4058 du 27 septembre 2005 vous a précisé les modalités d'élaboration de la liste complémentaire.

Il est précisé qu'une prolongation en trait bleu pointillé d'un cours d'eau en trait bleu plein est un cours d'eau nommé dans la mesure où il s'agit d'un seul et même cours d'eau et que cela représente une continuité hydrographique.

L'élaboration de la liste départementale **ne peut conduire à retirer** des cours d'eau en traits bleus pleins.

L'obligation de bordure concerne les cultures implantées après le 1<sup>er</sup> juillet 2006. Toutefois, le non-respect de localisation obligatoire des bandes enherbées le long des cours d'eau ne pourra être sanctionné qu'au titre de la conditionnalité 2007.

**Réalisation :** Dans la limite des 3% à réaliser, la localisation prioritaire de la Surface en Couvert Environnemental est obligatoire le long des cours d'eau traversant ou bordant la surface agricole de l'exploitation, à l'exception des parties de cours d'eau bordées par des cultures pérennes (vigne, arboriculture, plantes médicinales et aromatiques pérennes) ou pluriannuelles<sup>5</sup> ou **des friches et** des surfaces boisées d'une largeur supérieure à 5 mètres (bois, forêts, haies de plus de 5 mètres de large).

Sont exemptées également les parties des cours d'eau bordées par un chemin d'une largeur supérieure à 5 mètres.

Si l'exigence de 3% n'est pas atteinte en bordant prioritairement les cours d'eau, la Surface en Couvert Environnemental est complétée par des surfaces localisées de façon pertinente en dehors des bords de cours d'eau.

De même, si le taux de 3% n'est pas atteint et que tous les cours d'eau à border en priorité le sont, **il peut être implanté des bandes enherbées le long d'autres cours d'eau (en traits bleus pointillés par exemple).**

**A noter :** Si le taux de 3% est atteint en réalisant des Surfaces en Couvert Environnemental ailleurs qu'au bord des cours d'eau alors qu'il subsiste des berges à border, le critère de localisation obligatoire le long des cours d'eau sera jugé non respecté



Le long des bords de cours d'eau, dans les cas où il est constaté lors du contrôle l'impossibilité physique de satisfaire à la largeur minimale de 5 mètres ou à la superficie minimale de 5 ares, la DDAF pourra décider de ne pas donner suite au constat de non-conformité si les raisons sont justifiées (ex : parcelle en pointe). L'exploitant doit néanmoins respecter le contenu de la BCAE (3% et localisation obligatoire le long des cours d'eau) dans la limite des dimensions physiques possibles. Dans ce cas uniquement, les surfaces pourront être comptabilisées au titre des 3% de couvert environnemental.

A noter : lorsqu'un cours d'eau bordé par une surface en couvert environnemental traverse un étang représenté en traits bleus pleins sur la carte IGN, la bande enherbée doit continuer à border les rives de l'étang.

Appréciation du bord de cours d'eau : Les surfaces en couvert environnemental doivent être implantées à partir de l'endroit où la berge est accessible par un semoir (la largeur minimale restant dans tous les cas 5 mètres). Si la berge n'est pas directement accessible, le respect de la distance de 5 mètres entre le cours d'eau et les cultures s'appréciera à partir de la limite du lit mineur du cours d'eau ( c'est à dire le chenal d'écoulement normal du cours d'eau hors période de crues) ou de tout autre élément objectif tel que rupture de pente, présence d'une nappe d'eau proche de la surface, talus, ... En cas de constat de non-conformité ou de litige, la DDAF décidera de la suite à donner.

▪ *Préconisations de localisation en dehors des bords de cours d'eau*

En dehors des bords de cours d'eau, il est préconisé de localiser les surfaces consacrées au couvert environnemental selon les localisations pertinentes précisées dans l'annexe 1 de l'arrêté ministériel du 12 janvier 2005:

*cours d'eau intermittents, étangs, zones de rupture de pente, zones d'alimentation des captages d'eau, zones d'infiltration préférentielle, bordure des éléments fixes du paysage (chemins, haies, mares, bosquets, murets, fossés...).*

<sup>5</sup> artichauts, asperges, rhubarbe, framboises, mûres de ronce ou de mûrier et mûres framboises, groseilles à grappes, cassis, groseilles à maquereau, airelles, myrtilles et autres fruits du genre Vaccinium, fraises, pépinières ornementales et fruitières

Ces préconisations peuvent être reprises dans l'arrêté préfectoral relatif aux BCAE. Il ne s'agit bien sûr que de préconisations dont le non-respect ne constitue pas une anomalie et n'entraînera aucune réduction au titre de la conditionnalité.

A noter : De même, si certaines préconisations de localisation sont édictées par d'autres réglementations spécifiques (règlement sanitaire départemental, programme d'actions Nitrates, ... ), elles s'appliquent et il est souhaitable d'y positionner les Surfaces en Couvert Environnemental. Le non-respect de ces réglementations ne peut pas être sanctionné au titre de la conditionnalité.

### 1.6. Couverts environnementaux autorisés

▪ *Définition de la liste des couverts autorisés*

Selon les dispositions de l'article D.615-46 du code rural, *le préfet établit la liste des couverts environnementaux autorisés*. Au regard de cette rédaction, il est obligatoire que chaque département prenne un arrêté préfectoral pour rendre opposable aux tiers les couverts environnementaux autorisés.

Cette liste des couverts est établie sur la base de ceux figurant dans le tableau de l'annexe I de l'arrêté ministériel du 12 janvier 2005 en sélectionnant les plus pertinents au regard des enjeux départementaux. Il est rappelé que le principe proposé dans ce tableau est celui d'une liste positive de couverts environnementaux préconisés établie selon les objectifs environnementaux poursuivis; y sont associées des recommandations de pratiques d'entretien et de localisation.

Elle peut être complétée, le cas échéant, par des couverts non préconisés par l'annexe I si des particularités locales le justifient (application de l'article 2 §4 de l'arrêté du 12 janvier 2005).

Il est indispensable de distinguer avec précision les couverts autorisés en bordure de cours d'eau et les couverts autorisés en dehors des bords de cours d'eau. En effet, seul le respect de la nature des couverts en distinguant bords de cours d'eau et hors bords de cours d'eau est obligatoire.

A noter :

- L'emploi d'un couvert autorisé en dehors des cours d'eau sur une bande enherbée située le long d'un cours d'eau n'est pas recevable. La surface en cause ne sera pas comptabilisée dans les 3% de Surface en Couvert Environnemental.
- Les chaumes et les repousses, même si celles-ci sont autorisées au titre du gel, ne peuvent pas être considérés comme couvert environnemental.

Les couverts environnementaux définis au titre des BCAE peuvent être éligibles ou non au titre du gel PAC (ex : luzerne). Si l'exploitant souhaite utiliser des surfaces déclarées en gel pour réaliser le critère 3% de Surface en Couvert Environnemental, il doit veiller à ce que le couvert environnemental choisi soit aussi éligible au gel.

▪ *Périodes de présence obligatoire des couverts*

Les couverts environnementaux doivent être implantés au plus tard le 1<sup>er</sup> mai. Ils doivent rester en place au moins jusqu'au 31 août.

Toutefois, en cas de circonstances climatiques exceptionnelles justifiées faisant l'objet d'un arrêté préfectoral, la date d'implantation peut être comprise entre le 1<sup>er</sup> et le 15 mai.

**A noter :** Lorsque les couverts environnementaux ont été implantés dans le cadre d'un contrat de Mesures Agro-Environnementales dont le cahier des charges prévoit une date d'implantation antérieure au 1<sup>er</sup> mai et une date de destruction postérieure au 31 août, ces dates s'imposent pour les surfaces engagées dans ces contrats.

### 1.7. Entretien des surfaces de couvert environnemental

▪ *Interdiction de l'emploi des intrants agricoles*

L'utilisation de pesticides, notamment d'herbicides, l'emploi de fertilisants, les apports organiques de type compost, fumier, lisier et boues sont interdits sur ces surfaces à tout moment de l'année.

Les amendements alcalins (calciques et magnésiens) sont autorisés.

En application du troisième alinéa du III de l'article D.615-46 du code rural, lorsque la protection de la faune le justifie, un arrêté du préfet peut, par dérogation à l'interdiction de traitement mentionnée ci dessus, autoriser pour certains couverts des techniques spécifiques de maîtrise des adventices (ex : application localisée de produits phytosanitaires). Ces techniques doivent tenir compte des différents enjeux environnementaux existants autres que la protection de la faune.

Cette dérogation ne peut pas s'appliquer sur les surfaces localisées le long des cours d'eau, excepté dans le cas d'arrêtés préfectoraux pris en application de l'article L.251-8 du code rural (lutte obligatoire contre les organismes réglementés) qui préciseront, en tant que de besoin, les modalités d'application des produits à mettre en oeuvre.

▪ *Utilisation des surfaces en couverts environnementaux*

Au titre de l'article 2 de l'arrêté du 12 janvier 2005, l'utilisation des parcelles consacrées aux couverts environnementaux pour l'entreposage de matériel agricole ou d'irrigation, le stockage des produits agricoles ou des sous produits ou des déchets (fumier) est interdite.

Les parcelles déclarées en gel doivent respecter également les règles d'utilisation définies par la circulaire DPEI/SPM/SDCPV/C2006-4038 du 9 mai 2006 relative aux « déclarations de surface et paiements à la surface », le principe étant que la parcelle en gel doit rester libre de toute occupation à usage agricole.

Le pâturage est autorisé toute l'année y compris le long des cours d'eau, sauf si la Surface en Couvert Environnemental est déclarée en gel.

S'agissant de l'irrigation, est toléré, pendant la période d'irrigation, un usage préservant et respectant le couvert environnemental et ceci sans préjudice des règles d'utilisation définies par la circulaire DPEI/SPM/SDCPV C 2006-4038 du 9 mai 2006.

En cas de travaux de curage et d'entretien des cours d'eau exécutés en application des articles L 215-14 à L 215-19 du code de l'environnement y compris lorsqu'ils sont réalisés par des collectivités locales dans le cadre d'un programme de travaux déclarés d'utilité publique, le dépôt des matières de curage des cours d'eau est toléré. De même, le dépôt d'embâcles retirés des cours d'eau dans l'attente de leur évacuation est toléré. Il convient que l'exécution de ces travaux reste compatible avec les règles d'entretien des terres.

▪ *Compatibilité des règles d'entretien des couverts environnementaux et des règles d'entretien du gel*

Gel classique : Au titre de l'arrêté du 26 mars 2004 (JO du 1<sup>er</sup> avril 2004) relatif au report de la date de broyage et de fauchage de la jachère de tous terrains à usage agricole, une période d'interdiction de broyage ou de fauchage pour l'entretien des parcelles soumises au gel dans le cadre de la PAC de 40 jours consécutifs compris entre le 1<sup>er</sup> mai et le 15 juillet doit être fixée par arrêté préfectoral.

L'alinéa 3 de l'article 1<sup>er</sup> de l'arrêté sus-visé prévoit une exception pour les surfaces situées le long des cours d'eau qui permet de faucher et de broyer les couverts toute l'année. De ce fait, les surfaces en gel utilisées en Surface en Couvert Environnemental le long des cours d'eau peuvent tout en respectant l'interdiction d'emploi de pesticides, être entretenues par fauche et donc répondre aux critères d'entretien d'éligibilité au gel PAC.

Les manquements à cette obligation relevés lors des contrôles sur place par l'ONIC constituent une anomalie au titre du « non-respect des règles d'entretien des terres gelées définies par les arrêtés préfectoraux ». Si ce manquement est constaté par l'intermédiaire d'un procès-verbal dressé par un organisme habilité tel l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, il s'agit d'un contrôle induit qui doit être traité selon les principes exposés au paragraphe 6.7 (page 23) de la circulaire « Contrôles sur place et réductions relatifs à la conditionnalité des aides 2006 »

Gel « environnement et faune sauvage » :

**Rappel:** Sous ce vocable sont incluses les jachères communément appelées « jachère faune sauvage » et « jachère fleurie ».

Les parcelles sous contrat gel « environnement et faune sauvage » doivent respecter à la fois les règles du contrat notamment des périodes d'interdiction de fauche et de broyage plus longues que les 40 jours prévus par l'arrêté du 26 mars 2004 et les exigences d'entretien du gel PAC. L'application de pesticides et herbicides en application localisée généralement indiquée dans les cahiers des charges de ces types de jachère peut être nécessaire pour respecter l'obligation de fauche tardive du contrat tout en entretenant les parcelles conformément aux exigences du gel PAC (pas de montée à graine de plantes envahissantes par exemple).

Pour être prises en compte comme Surface de Couvert Environnemental, les parcelles sous contrat gel « environnement et faune sauvage » doivent respecter l'interdiction de fertilisation et de traitements phytosanitaires liée à la BCAE « Surface Couvert Environnemental ».

Sauf si les cahiers des charges de ces types de jachère prévoient une interdiction totale de l'emploi de pesticides sur ces surfaces, leur localisation en bordure de cours d'eau au titre des Surfaces en Couvert Environnemental n'est pas réalisable.

La dérogation à l'interdiction d'emploi de pesticides prise en application du troisième alinéa du III de l'article D.615-46 du code rural et tenant compte des enjeux de protection de la faune peut s'appliquer aux Surfaces de Couvert Environnemental déclarées dans le S2 jaune en tant que « jachère faune



## Annexe 7 – Fiches culture présentant les bilans hydriques calculés pour chaque culture

Les profils de bilans hydriques ont été établis pour chacune des cultures des scénarios. Les productions de biomasse estimées servent au contrôle de la cohérence des résultats.

La Figure A présente un exemple du profil de bilan hydrique. On y note :

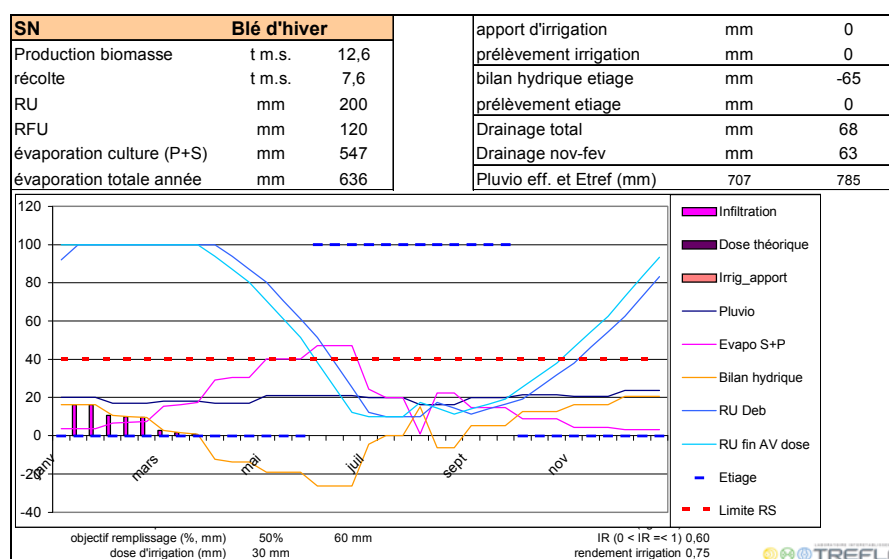
- la teneur en eau du sol, au début et à la fin de la décade (courbes en bleu foncé et en bleu clair). L'échelle est normalisée entre 0 et 100%.
- l'évapotranspiration (courbe en fuschia)
- le bilan hydrique du sol (courbe en ocre jaune), qui devient négatif (déficit hydrique) dès que l'évapotranspiration dépasse les précipitations
- les valeurs d'infiltration du drainage par décade, lorsque le sol saturé reçoit des apports météoriques supérieurs à l'évapotranspiration (barres fuschia)
- les repères indiquant la réserve de survie (rouge pointillé)
- le repère indiquant la période d'étiage retenue pour l'étude (bleu pointillé).

Les principaux paramètres de la culture type utilisés pour le calcul sont présentés sur la figure :

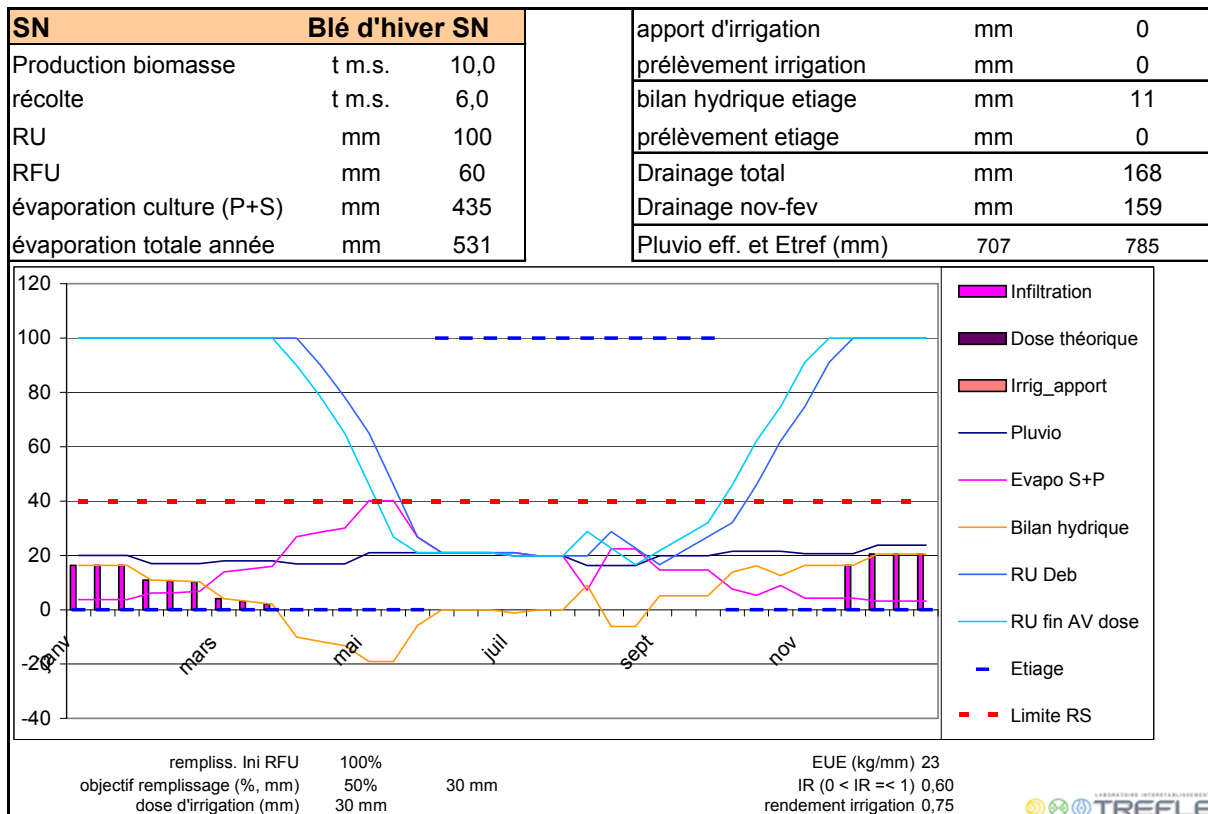
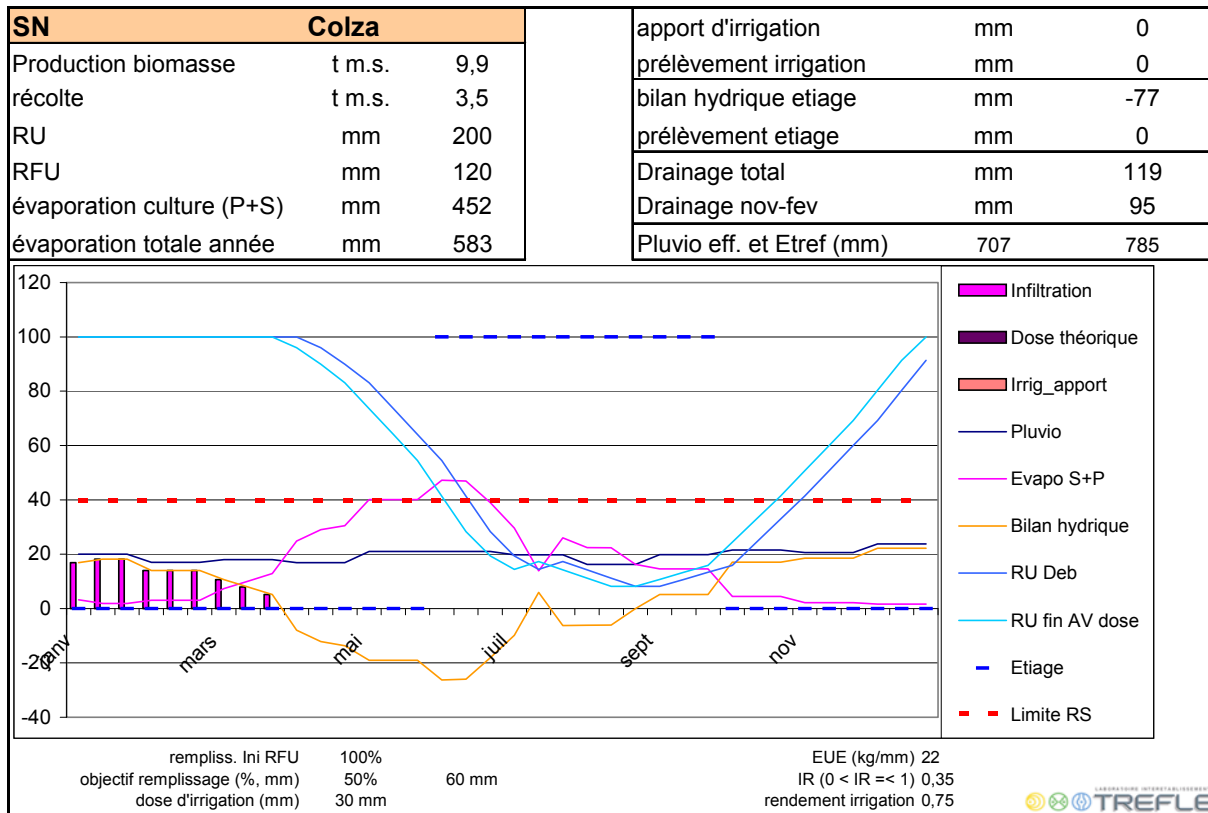
- réserve utile du sol (RU), et réserve facilement utilisable (RFU)
- efficacité d'utilisation de l'eau moyenne (EUE)
- indice de récolte de la culture
- rendement du système d'irrigation

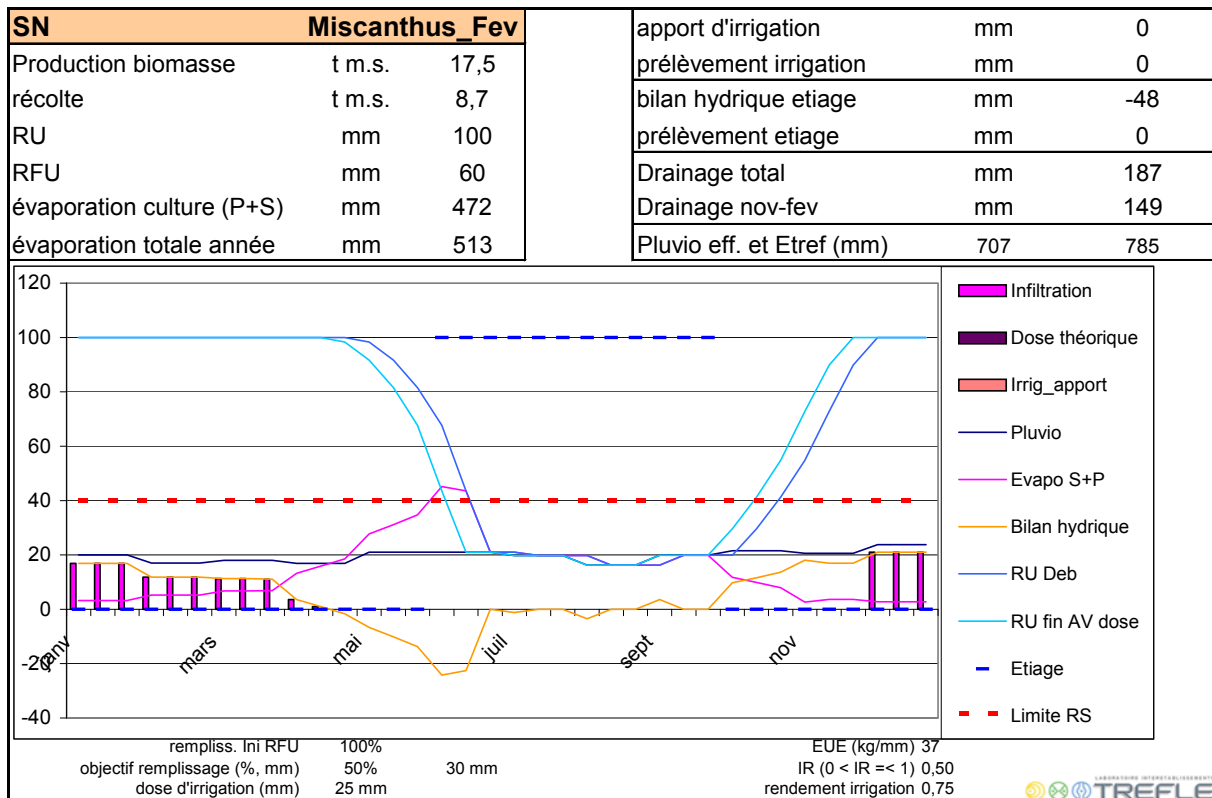
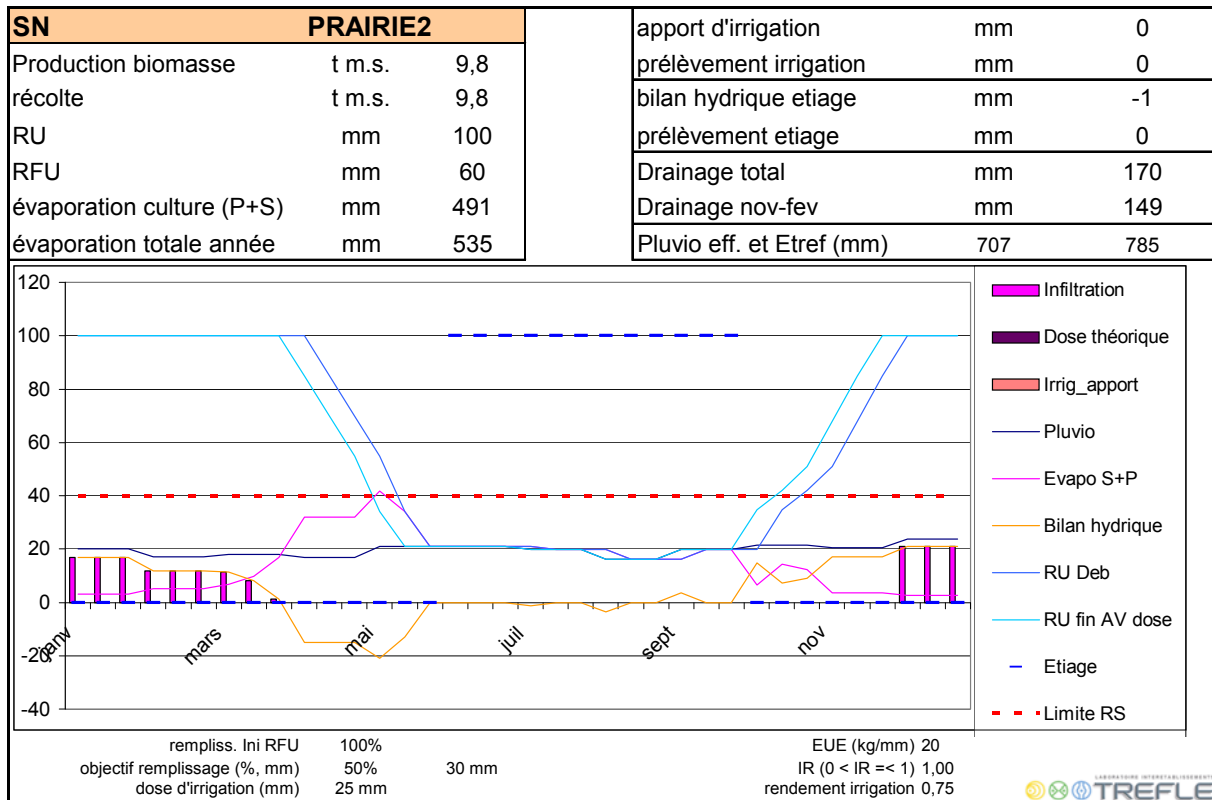
*N.B. : Il est à rappeler que pour les cultures énergétiques, les coefficients culturaux servant à l'évaluation des besoins en eau sont pris, lorsqu'ils ne sont pas documentés, par analogie avec d'autres cultures existantes et par les informations disponibles sur la culture (dates de la croissance végétale, productivités atteintes, etc.). Dans le cadre de programmes nationaux de recherche (expérimentations REGIX), des travaux sont en cours sur la détermination des coefficients  $k_c$  des cultures énergétiques. Les résultats ne sont pas disponibles au moment de la sortie du présent rapport.*

**Figure A - Exemple de profil de bilan hydrique obtenu pour le blé d'hiver en Seine Normandie**

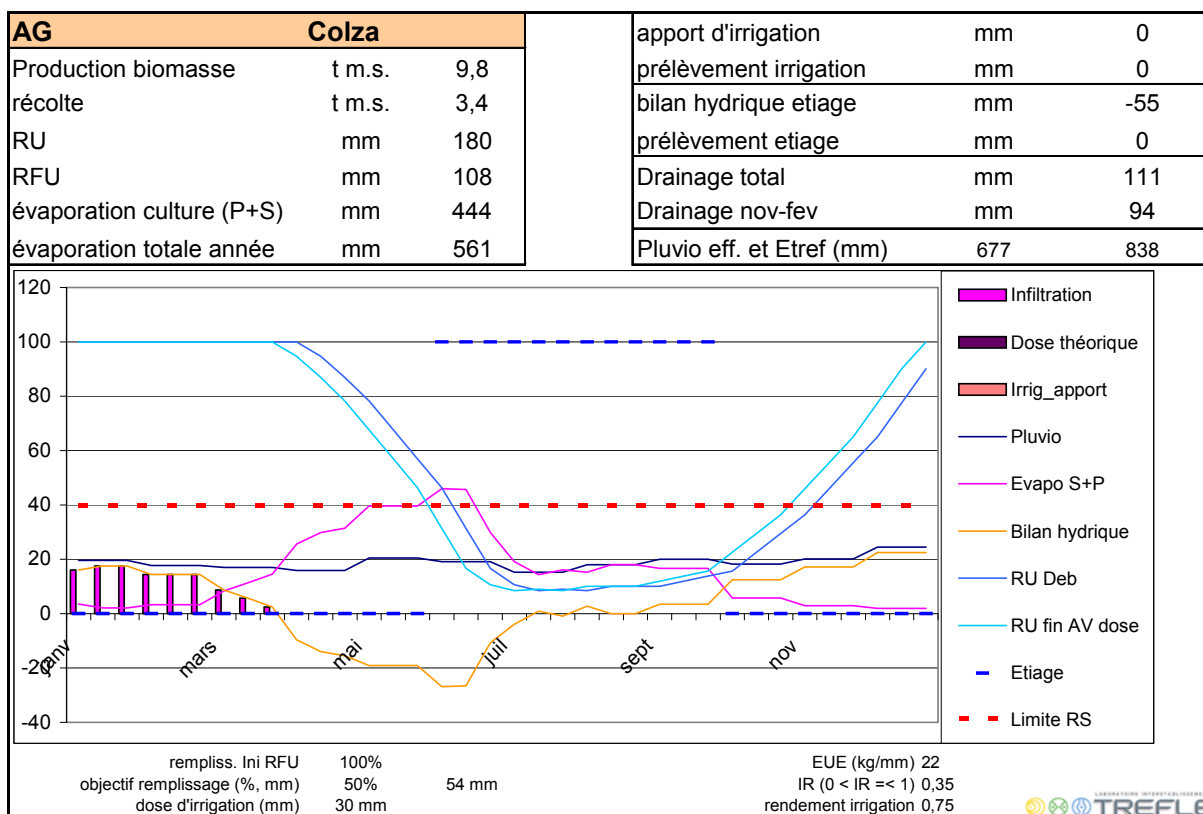
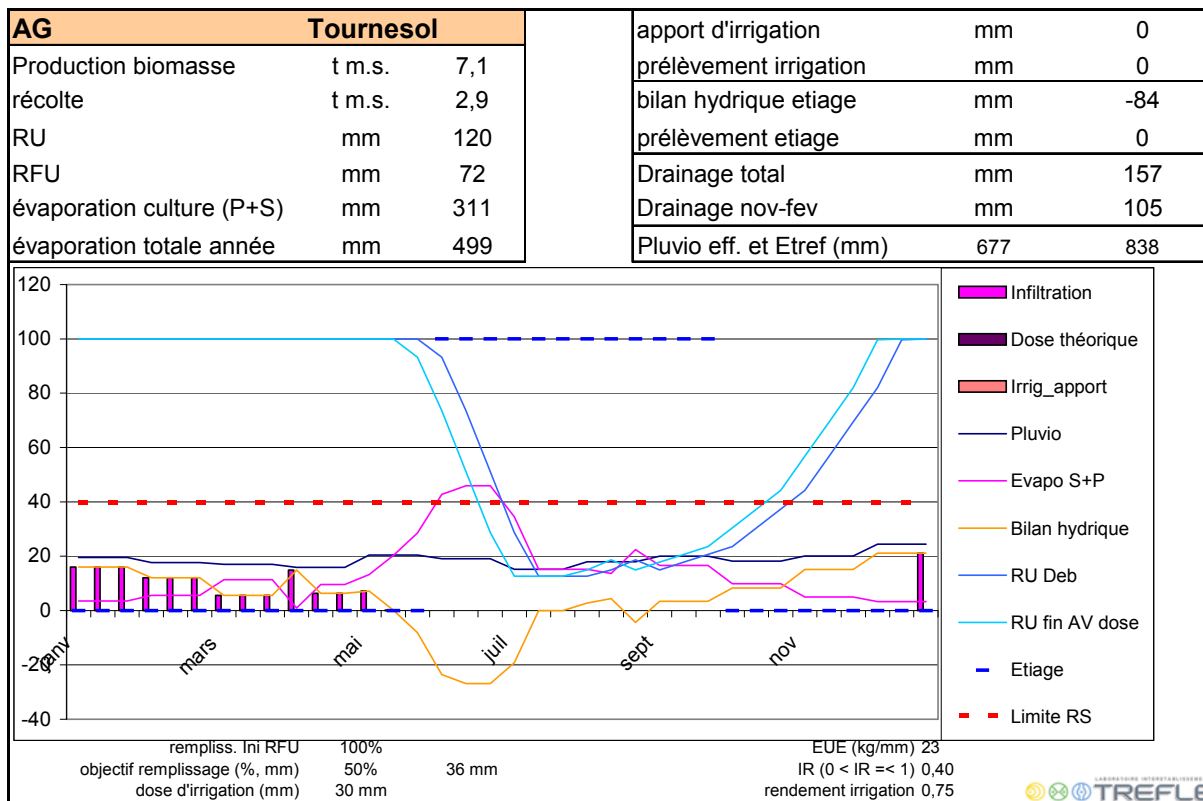


### Exemples de fiches culture – Bassin Seine Normandie

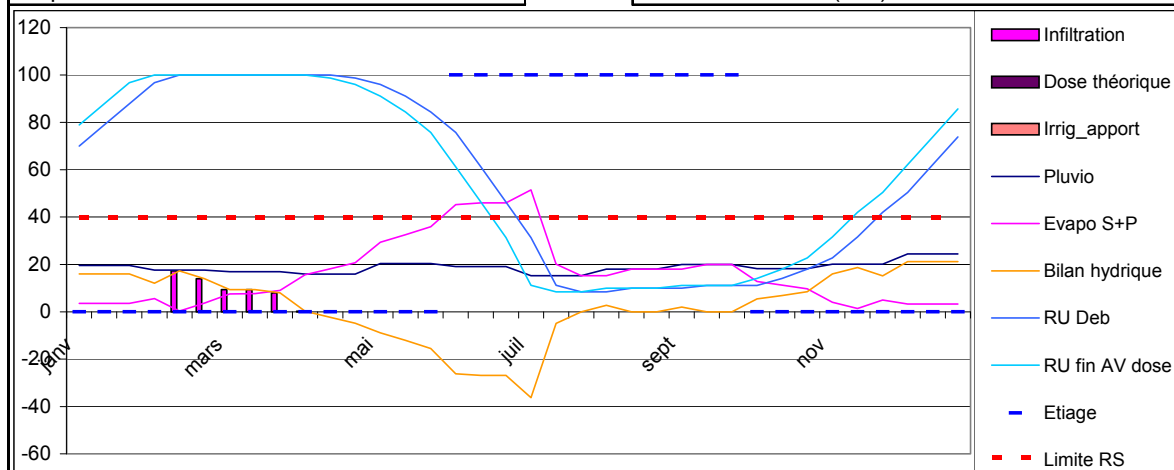




### Exemples de fiches culture – Bassin Adour Garonne



AG			Switchgrass_Fev		
Production biomasse	t m.s.	21,0	apport d'irrigation	mm	0
récolte	t m.s.	14,7	prélèvement irrigation	mm	0
RU	mm	180	bilan hydrique etiage	mm	-116
RFU	mm	108	prélèvement etiage	mm	0
évaporation culture (P+S)	mm	553	Drainage total	mm	58
évaporation totale année	mm	584	Drainage nov-fev	mm	31
			Pluvio eff. et Etréf (mm)	677	838

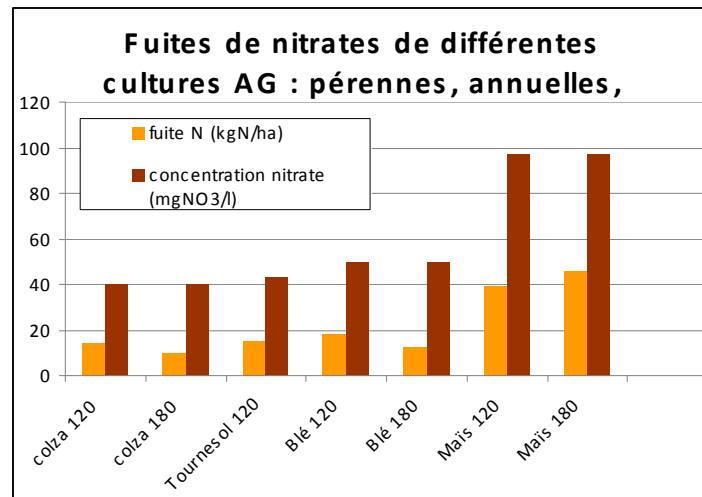


rempliss. Ini RFU	70%	EUE (kg/mm)	38
objectif remplissage (% , mm)	50%	IR (0 < IR =< 1)	0,70
dose d'irrigation (mm)	25 mm	rendement irrigation	0,75
	54 mm		

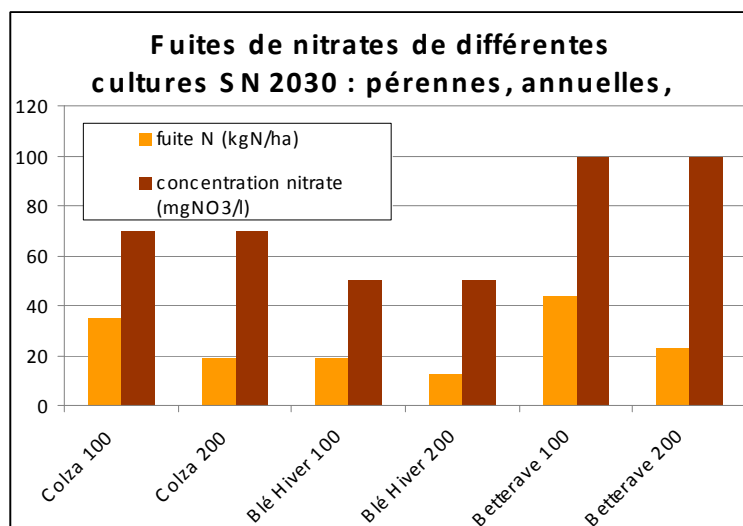
## Annexe 8 – Fuites d'azote retenues pour les évaluations des scénarios

- Valeurs des fuites d'azote retenues scénario par scénario
- Exemples de résultats de simulations STICS pour deux zones d'Adour Garonne : Côteaux de Gascogne, Béarn-Chalosse

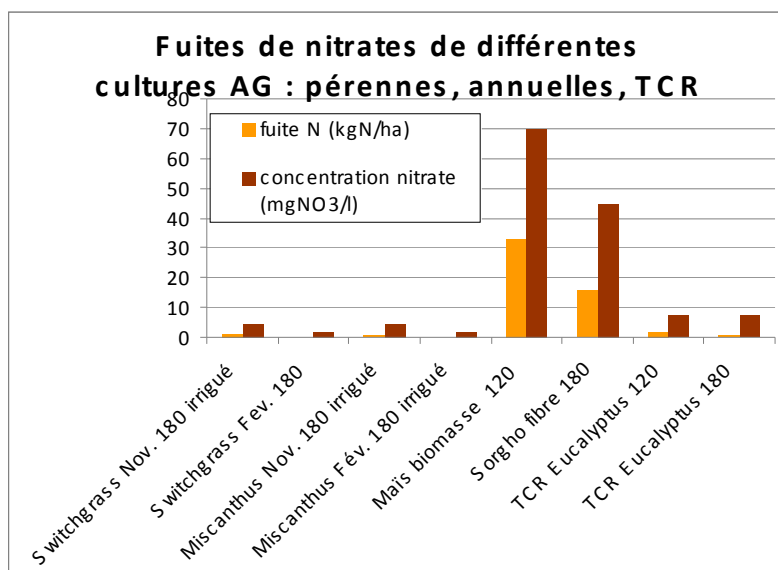
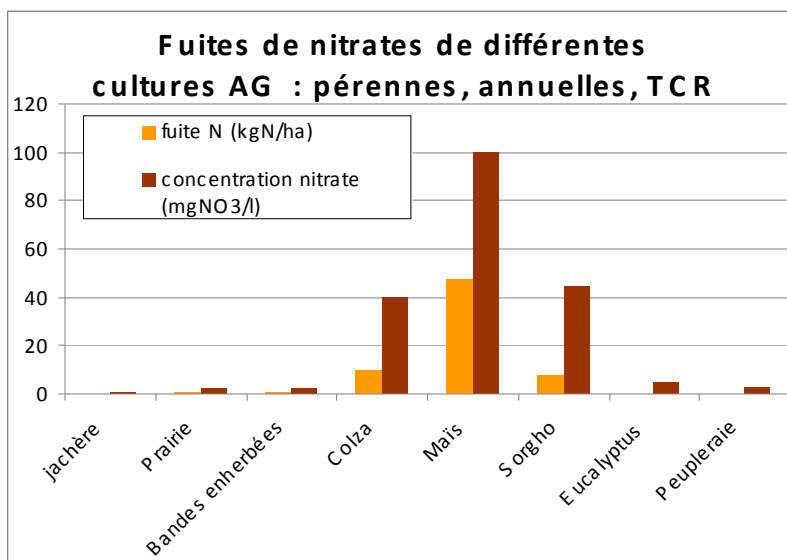
Les valeurs de fuites sont établies à partir du drainage simulé par les bilans hydriques de cultures type, croisé avec une valeur de concentration moyenne en nitrates dans le flux de drainage. La fuite obtenue est validée et éventuellement calée pour se situer dans une plage de valeurs vraisemblable. **De façon générale, les fuites retenues sont dans des valeurs basses, de façon à ne pas surestimer les flux d'azote.** Le modèle fonctionnant par différence entre les cultures initiales et les cultures finales a pour effet d'amoinrir les erreurs attribuables au calage des valeurs de fuite. Le calcul des concentrations moyennes en nitrates dans les scénarios est sensible aux valeurs de concentrations retenues, mais l'écart 2030 – 2006 étant quant à lui nettement moins sensible, les possibles erreurs se compensant partiellement.



Les valeurs retenues pour les scénarios AG-S1A et AG-S1B sont assez classiques. La valeur retenue pour le colza, plutôt dans une fourchette basse, s'approche de celle obtenue par les simulations STICS réalisées par Eric Justes. Les fuites les plus importantes sont obtenues pour le maïs.

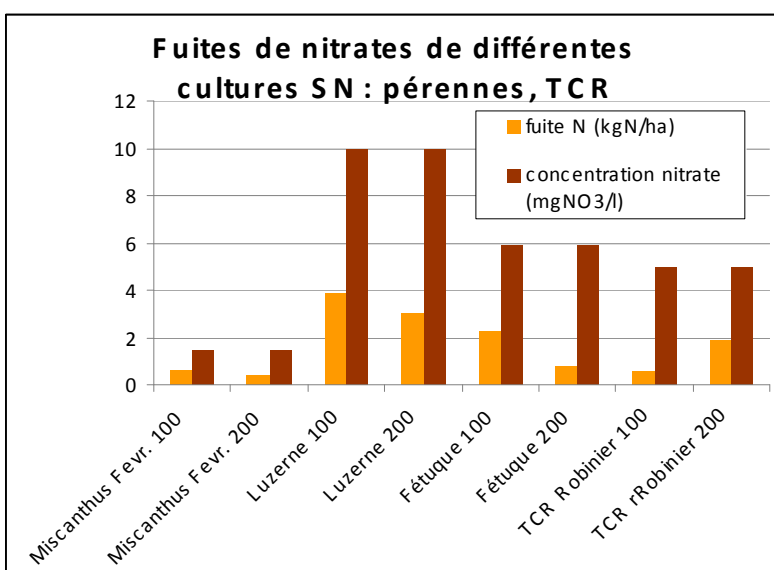
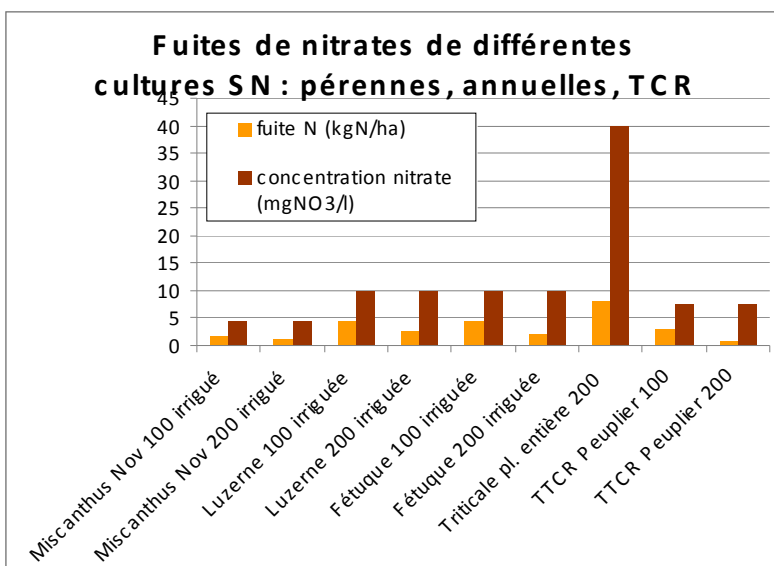
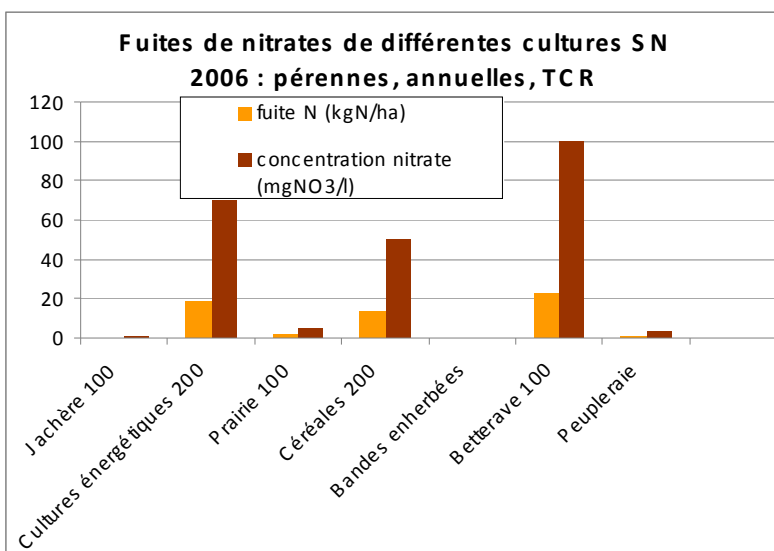


Les valeurs retenues pour les scénarios SN-S1A et SN-S1B sont assez classiques. La valeur retenue pour le colza reprend en valeur « basse » les données indicatives de Sebilo et al. (2000). Les fuites les plus importantes sont obtenues pour la betterave et le colza sur sol peu profond. Pour le blé d’hiver, la fuite retenue est une valeur relativement basse compte tenu du drainage et de la concentration moyenne.



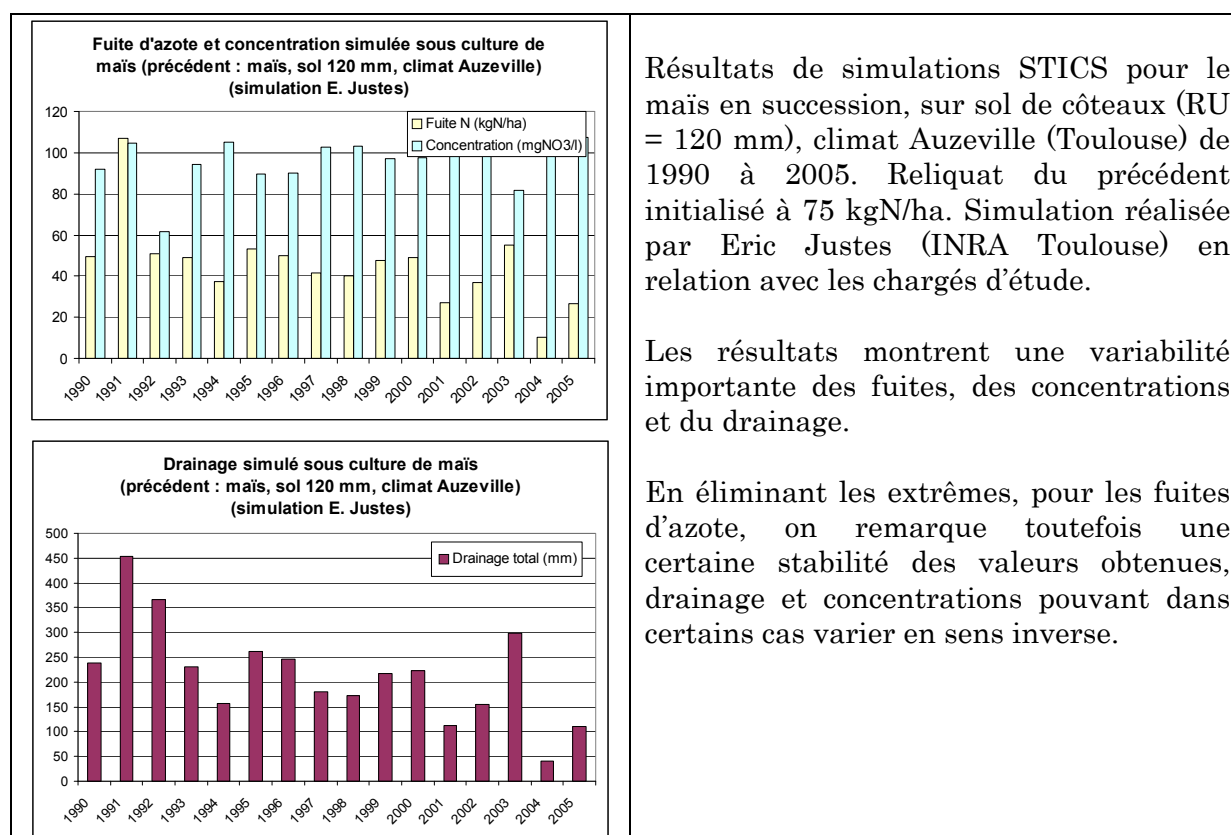
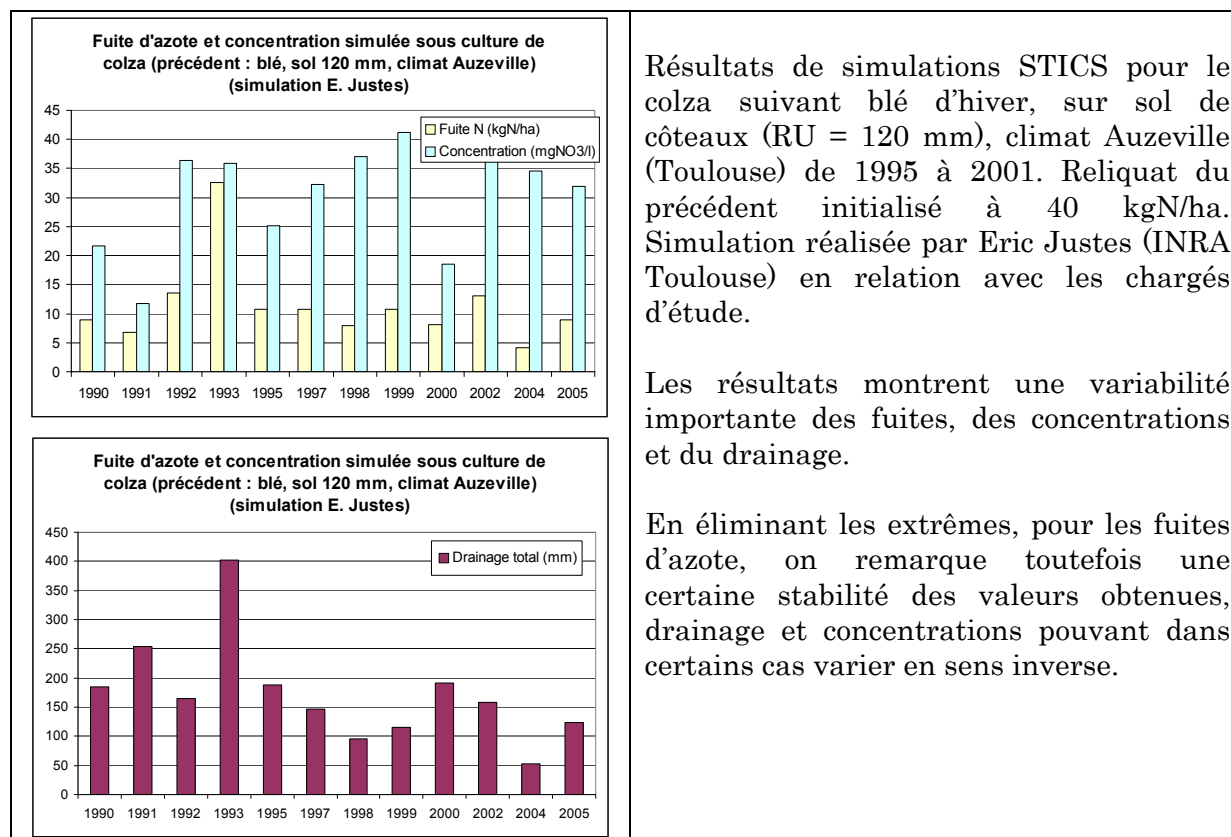
Les valeurs retenues pour les scénarios AG-S2 et AG-S3 sont assez classiques. Les valeurs des cultures alimentaires sont quasi-identiques à celles des scénarios S1. Pour les cultures de deuxième génération, deux cas de figure se présentent : les valeurs pour les cultures pérennes sont estimées d’après concentrations moyennes et drainage simulé sans un très fort risque d’erreur : en effet, concentration et fuites sont assez faibles pour ces cultures ; les valeurs pour les cultures annuelles peuvent être plus délicates à caler faute de données disponibles (ex : sorgho fibre). Une adaptation des valeurs de cultures conventionnelles est prise en fonction des caractéristiques connues ou présumées de ces cultures.

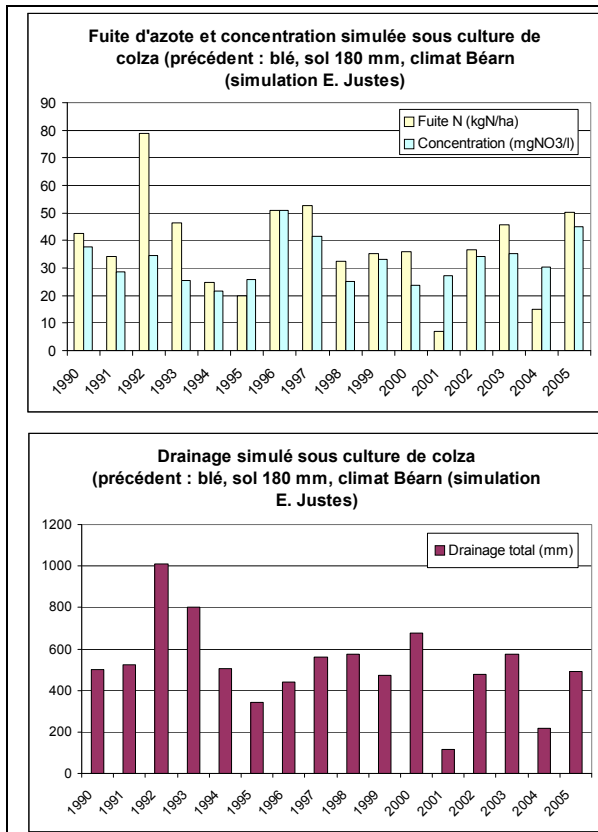




Les valeurs retenues pour les scénarios SN-S2 et SN-S3 sont elles aussi assez classiques pour les annuelles. Les valeurs des cultures alimentaires sont à peu près identiques à celles des scénarios S1. Pour les cultures de deuxième génération, deux cas de figure se présentent : les valeurs pour les cultures pérennes sont estimées d'après concentrations moyennes et drainage simulé sans un très fort risque d'erreur : en effet, concentration et fuites sont assez faibles pour ces cultures ; les valeurs pour les cultures annuelles peuvent être plus délicates à caler faute de données disponibles (ex : triticales plante entière). Une adaptation des valeurs de cultures conventionnelles est prise en fonction des caractéristiques connues ou présumées de ces cultures.

## Exemples de résultats de simulations STICS pour deux zones d'Adour Garonne : Côteaux de Gascogne, Béarn-Chalosse

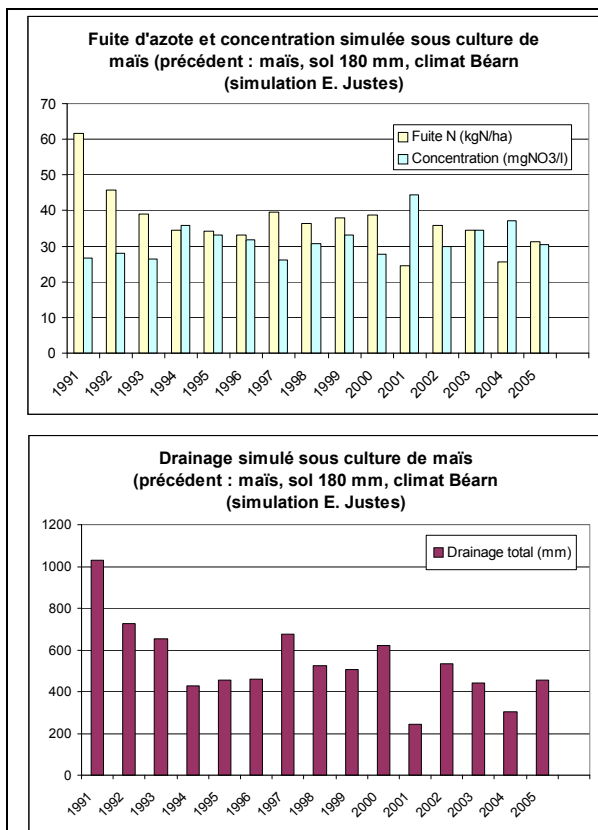




Résultats de simulations STICS pour le colza suivant blé d'hiver, sur la zone Béarn (RU = 180 mm), climat Béarn de 1990 à 2005. Reliquat du précédent initialisé à 40 kgN/ha. Simulation réalisée par Eric Justes (INRA Toulouse) en relation avec les chargés d'étude.

Les résultats montrent une variabilité importante des fuites, des concentrations et du drainage.

En éliminant les extrêmes, pour les fuites d'azote, on remarque toutefois une certaine stabilité des valeurs obtenues, drainage et concentrations pouvant dans certains cas varier en sens inverse.



Résultats de simulations STICS pour le maïs en succession, sur la zone Béarn (RU = 180 mm), climat Béarn de 1991 à 2005. Reliquat du précédent initialisé à 75 kgN/ha. Simulation réalisée par Eric Justes (INRA Toulouse) en relation avec les chargés d'étude.

Les résultats montrent une variabilité importante des fuites, des concentrations et du drainage.

En éliminant les extrêmes, pour les fuites d'azote, on remarque toutefois une certaine stabilité des valeurs obtenues, drainage et concentrations pouvant dans certains cas varier en sens inverse.

## Annexe 9 - Détermination des rotations type des scénarios tendanciels pour la mise en oeuvre des bilans azote

### ➤ Sur le bassin Seine-Normandie

- Représentation graphique du bassin et localisation des rotations identifiées:

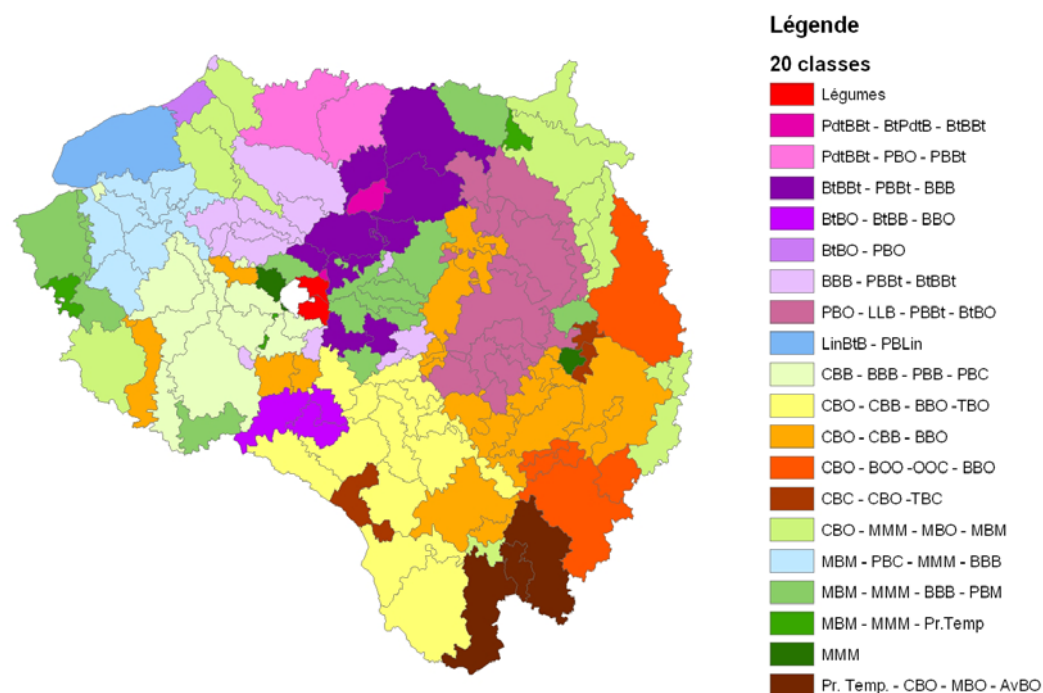
Figure A – les régions et départements du bassin Seine-Normandie



Source: *Référentiel cartographique administratif du bassin Seine Normandie*

Le PIREN-Seine a réalisé un travail de typologie du bassin de la Seine (bassin Seine-Normandie sans le secteur bocages normands (~Basse-Normandie)) mettant en évidence les principales rotations triennales retrouvées dans les Petites Régions Agricoles du bassin (figure B).

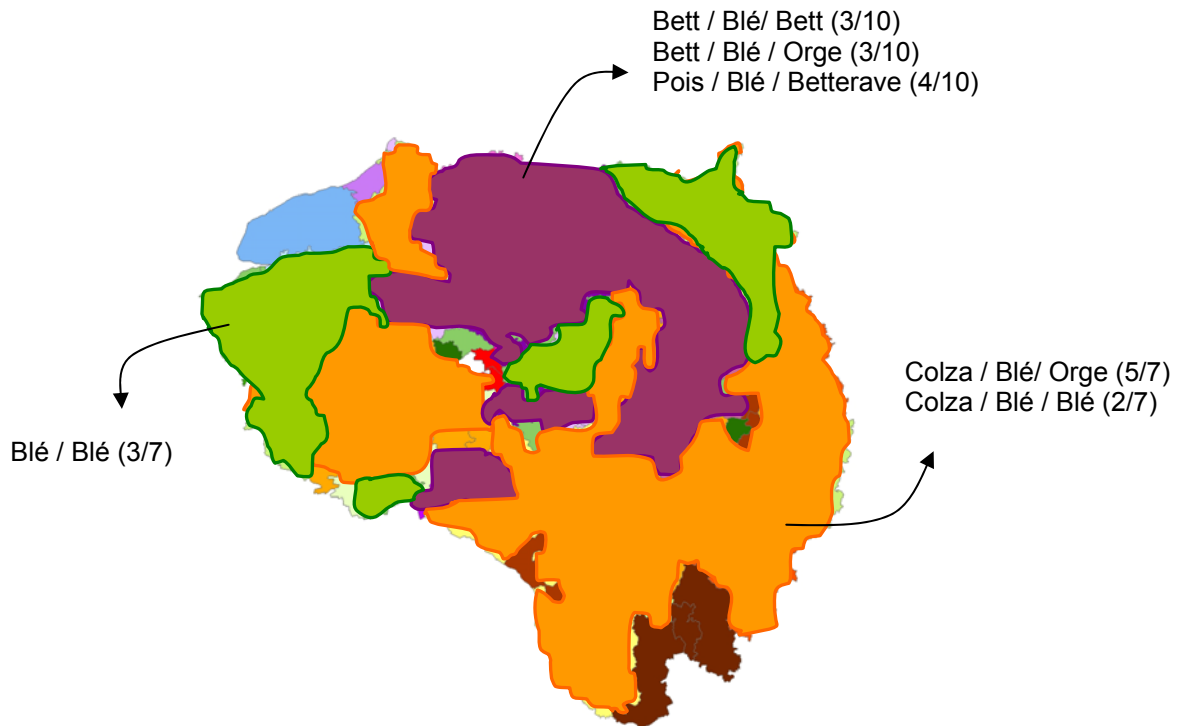
Figure B - Typologie des PRA du bassin de la Seine en fonction des principaux triplets de cultures observés entre 1992 et 2003 (d'après PIREN-Seine)



*Abréviations : Le = Légumes, M = Maïs, B = Blé, O = Orge, T = Tournesol, L = Luzerne (prairies artificielles), J= Jachère, Bt = Betterave, C = Colza, Pdt = Pomme de terre, P = Pois, Pr.Temp = Prairie temporaire, Fe = Fève, Lin = lin textile*

- Représentation simplifiée des rotations du bassin de Seine à partir des rotations triennales les plus représentatives intégrant les cultures biocarburants, et leur fréquence d'apparition

**Figure C – Détermination des rotations types du bassin de Seine par regroupement de PRA issues de la figure B**



Remarque: Sur ce bassin de Seine les rotations intégrant le maïs correspondent pour la plupart à des systèmes de cultures à destination de l'élevage (maïs pour l'ensilage, blé pour l'alimentation animale etc.) et ne seront donc pas retenus parmi les rotations types incluant des cultures biocarburants.

- Détermination à dire d'expert des rotations types du secteur bocages normands :

Les trois cultures (blé tendre d'hiver, colza d'hiver et betterave sucrière) sont présentes en Basse-Normandie. Le blé est de loin la plus cultivée.

Les rotations triennales concernées les plus représentées sont:

- Blé / Maïs ensilage / Maïs ensilage
- Colza / Blé / Orge
- Betterave / Lin / Blé

D'après les observations qualitatives d'un agent de secteur Bocage Normand de l'Agence de Bassin Seine-Normandie, la première rotation concerne les zones d'élevage ; les deux autres plutôt les secteurs céréaliers et seront donc retenues en priorité.

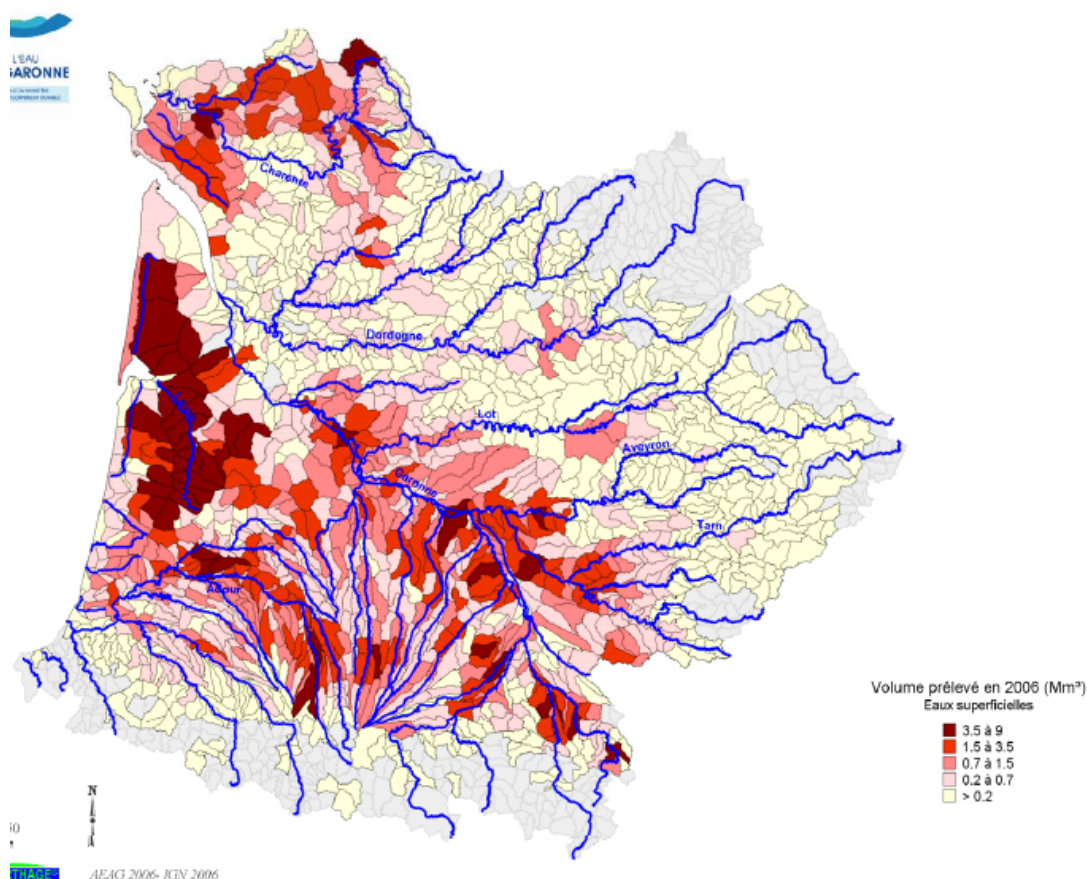
- Pour l'ensemble du bassin Seine-Normandie on retient les rotations type suivantes :

Cultures annuelles "moitié nord" des scénarios biocarburants	Rotations type prises en compte pour la réalisation des bilans N
Colza	- Colza / Blé / Orge - Colza / Blé / Blé
Betterave sucrière	- Pois / Blé / Betterave - Betterave / Blé / Betterave - Betterave / Blé / Orge - Betterave / Lin / Blé
Blé tendre	- les 6 rotations précédentes - Blé / Blé

⇒ 7 rotations types distinctes sont définies comme représentatives des pratiques sur les cultures dédiées du bassin. **Celles-ci permettront ainsi d'alimenter la détermination des valeurs de fuites d'azote à retenir pour chacun des cultures type du bassin.**

➤ Sur le bassin Adour-Garonne

**Figure D – Volumes prélevés par zones hydrographiques (2006)**



Dans les régions Midi-Pyrénées en surtout Aquitaine, aux zones présentant les plus forts prélèvements correspondent les productions de cultures irriguées comme le maïs en monoculture, le maraîchage (région bordelaise, vallée de la Garonne, ...), le blé dur, le soja, .... Il s'agit pour l'essentiel du sud Gironde et des Landes, de la vallée de la Garonne, du Gers et de la Haute Garonne.



Lorsqu'il est cultivé en sec (zones de coteaux), le maïs est le plus souvent suivi par un blé tendre. Le tournesol est caractéristiques des zones non irrigables (zones de coteaux) et se retrouve en succession avec le blé et éventuellement précédé d'un sorgho.

Dans la région Poitou-Charentes les cultures biocarburants se résument au colza et au tournesol et sont cultivés en sec. Le colza est en tête de rotation devant le blé et l'orge et également devant un blé, un tournesol et un blé. Dans une moindre mesure dans le sud de la région on peut retrouver un système en sec faisant succéder le blé et le maïs avec un tournesol en tête de rotation.

Sur un total de 7 rotations types identifiées (tableau A), quatre sont finalement retenues pour la modélisation des fuites d'azote :

**Tableau A – Rotations associées à chacune des cultures annuelles biocarburant 2030**

<b>Cultures annuelles "sud" des scénarios biocarburants</b>	<b>Rotations type prises en compte pour la réalisation des bilans N</b>
Colza	Colza / Blé / Orge Colza / Blé / Tournesol / Blé
Tournesol	Tournesol / Blé / Blé Colza / Blé / Tournesol / Blé Non retenue: Sorgho / Tournesol / Blé
Maïs	Maïs/ Maïs/ Maïs Non retenue: Maïs / Blé dur Non retenue: Maïs / légumes
Blé tendre	Colza / Blé / Orge Colza / Blé / Tournesol / Blé Tournesol / Blé / Blé Non retenue: Sorgho / Tournesol / Blé

**La réalisation des bilans N sur le bassin Adour-Garonne est à effectuer sur un ensemble de 4 rotations distinctes.**

*Remerciements à E. Justes (INRA Toulouse), P. Debaeke (INRA Toulouse), Claude Jacquin (Arvalis) et Jean-Luc Fort (chambre d'agriculture Poitou-Charentes) pour leur expertise sur les rotations type du bassin Adour-Garonne; et à Cécile Lefebvre (Agence de l'eau Seine-Normandie) pour ses précisions sur les rotations du secteur Bocages Normands*

## Annexe 10 - IFT moyens par culture régionaux et nationaux

Tableau des IFT moyens des grandes cultures

	BETTERAVE		BLE TENDRE		COLZA		TOURNESOL		MAIS GRAIN	
	H	HH	H	HH	H	HH	H	HH	H	HH
Alsace	**	**	1,10	1,58	**	**	**	**	1,59	0,64
Aquitaine	**	**	1,02	1,10	**	**	1,53	0,79	1,46	0,89
Auvergne	**	**	1,31	1,27	**	**	**	**	1,51	0,67
Basse Normandie	**	**	1,25	2,92	**	**	**	**	*	*
Bourgogne	**	**	1,50	2,86	2,01	5,07	**	**	1,62	0,65
Bretagne	**	**	1,27	2,21	**	**	**	**	1,35	0,23
Centre	**	**	1,40	2,39	1,65	3,99	1,67	0,38	1,59	0,60
Champagne Ardenne	1,80	2,60	1,51	3,38	1,81	4,37	**	**	1,35	0,32
Franche Comté	**	**	1,47	2,52	1,13	4,46	**	**	1,28	0,63
Haute Normandie	**	**	1,55	3,27	1,39	4,46	**	**	*	*
Ile de France	2,23	2,20	1,44	3,35	1,46	4,55	**	**	1,32	1,13
Languedoc Roussillon	**	**	**	**	**	**	1,44	0,16	**	**
Lorraine	**	**	1,51	1,99	2,16	4,15	**	**	*	*
Midi Pyrénées	**	**	1,04	1,27	**	**	1,41	0,68	1,41	0,85
Nord Pas de Calais	1,91	1,59	1,51	3,90	**	**	**	**	1,48	0,08
PACA	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Pays de la Loire	**	**	1,22	2,07	**	**	1,56	0,35	1,59	0,37
Picardie	2,22	2,05	1,63	3,53	1,52	4,37	**	**	1,35	0,51
Poitou Charentes	**	**	1,15	2,15	1,83	3,96	1,68	0,37	1,68	0,78
Rhône Alpes	**	**	1,02	1,45	**	**	**	**	1,59	0,59
France entière	2,06	2,13	1,38	2,64	1,75	4,31	1,56	0,50	1,50	0,65

Source : d'après Enquête "Pratiques Culturelles 2006" - Traitement DGPAAT, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche

Catégories de produit :

H : Herbicides ; HH : Hors Herbicides

Tableau des IFT moyens des cultures lignocellulosiques

Miscanthus		Sorgho fibre		Canne de Provence	Maïs biomasse	Switchgrass		Triticale H	Triticale HH	TCR
Scénario 2	Scénario 3	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 2	Scénario 2	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 2	Scénario 2	Scénario 2
0,433	0,033	1,500	0,5	0,20	1,5	0,17	0,067	1	1	0,133

Source : calculs d'après dire d'expert sur les pratiques d'épandages type expérimentées sur ces cultures (INRA, Arvalis)

**Annexe 11 - Substances dont le rang SIRIS normalisé est supérieur à 50% qui n'ont pas été détectées dans les eaux de surface (Le Gall A.C., 2007)**

Substances	Région	Rang ESU normalisé	Nombre de fois où les SA ont été recherchées
acetochlore	Drôme	60.48	84
aldicarbe	Ain	66.94	104
carbofuran	Ardèche	51.61	76
	Auvergne	69.76	395
	Drôme	75.81	84
	Haute Savoie	51.6	24
	Isère	51.61	76
	Loire	51.61	48
chlormequat	Gers	60.48	58
chlorsulfuron	Ain	51.61	104
	Auvergne	63.71	312
	Gers	51.61	58
	Haute Savoie	51.6	24
	Rhône	51.61	116
	Savoie	51.61	35
chlortoluron	Rhône	55.65	116
cymoxanil	Rhône	50.81	116
dicamba	Ain	77.42	104
	Gers	77.42	58
	Isère	54.84	76
dicamba (sel de sodium)	Gers	66.94	58
dichlorprop	Alsace	57.54	382
dimethachlore	Ain	77.42	104
	Auvergne	51.61	83
dimethomorphe	Ain	66.94	104
diquat dibromure	Gers	53.23	58
flutriafol	Auvergne	54.84	395
fomesafen	Ain	51.61	104
	Auvergne	75.81	26
	Gers	51.61	58
fosetyl al	Gers	66.13	58
glufosinate ammonium	Auvergne	51.61	83
	Gers	56.45	58
	Rhône	66.94	116
hexazinone	Auvergne	63.71	395
	Gers	51.61	58
imidaclopride	Gers	68.55	58
linuron	Loire	55.65	48
mecoprop p	Ain	56.45	104
mepiquat chlorure	Gers	53.23	58
métamitron	Alsace	58.73	479
methabenzthiazuron	Auvergne	60.08	395

Substances dont le rang SIRIS normalisé est supérieur à 50% qui n'ont pas été détectées dans les eaux de surface (Le Gall A.C., 2007) (suite)

Substances	Région	Rang ESU normalisé	Nombre de fois où les SA ont été recherchées
methomyl	Auvergne	51.61	391
	Gers	77.42	58
metribuzine	Ain	51.61	104
	Auvergne	63.71	395
	Gers	51.61	58
	Haute Savoie	51.6	24
	Rhône	51.61	116
	Savoie	51.61	35
metsulfuron methyle	Gers	59.68	58
paraquat dichlorure	Gers	53.23	58
piclorame sel	Gers	51.61	58
propachlore	Ain	66.94	104
	Alsace	50.79	479
	Auvergne	51.61	234
	Gers	56.45	58
	Isère	56.45	76
sulcotrione	Alsace	61.11	479
sulfosulfuron	Auvergne	51.61	83
tebuconazole	Ain	58.87	104
tebutame	Auvergne	51.61	395
thifensulfuron methyle	Ain	56.45	104
	Auvergne	51.61	343
	Gers	77.42	58
triadimenol	Auvergne	54.84	395
trifluraline	Gers	54.84	58

## Annexe 12 - Pratiques d'épandage de produits phytosanitaires retenues par cultures

### Bassin Seine-Normandie

Culture	Validité géographique	Sources	Type de phyto	Produit commercial	Substance	Période de traitement	% surface traitée	Dose appliquée moyenne (kg/ha/an)
<b>Blé</b>	<b>Bourgogne</b>	Agreste + SRPV					<b>233000</b>	
			fongicide		epoxyconazole chlorothalonil cyprodinil prochloraze cyproconazole Pyraclostrobin tébuconazole		57% 38% 24% 36% 34% 33% 28%	0,080 0,519 0,407 0,383 0,068 0,067 0,140
			herbicide		isoproturon diflufénicanil iodosulfuron mésosulfuron Metsulfuron méthyle		24% 24% 44% 42% 27%	0,929 0,050 0,004 0,008 0,003
			régulateur de croissance		chlormequat-chlorure		36%	0,879
<b>Colza</b>	<b>Bourgogne</b>	Agreste + SRPV					<b>158400</b>	
			herbicide		Trifluraline Métazachlore, Clomazone		82% 51% 43%	1,128 0,679 0,097
			fongicide		Metconazole Procymidone Carbendazime napropamide		50% 45% 23% 42%	0,049 0,297 0,211 0,859
			insecticides		Tau-fluvalinate alphametrine cypermétrine		48% 30% 30%	0,047 0,015 0,046
			molluscicide		metaldéhyde		33%	0,252
<b>Maïs</b>	<b>Bourgogne</b>	SRPV					<b>38360</b>	
			herbicide		s metalochlore acetochlore pendimethaline Mesotrione Sulcotrione glyphosate	pré levée  post levée interculture	33% 33% 33% 50% 50% 50%	1,920 1,800 2,000 0,150 0,450 1,080
			insecticide	Callisto Mikado Roundup Decis Karaté Xpress Karaté Zéon	Deltaméthrine Lambda cyhalothrine Lambda cyhalothrine		33% 33% 33%	0,013 0,020 0,020

### Bassin Seine-Normandie (suite)

Culture	Validité géographique	Sources	Type de phyto	Produit commercial	Substance	Période de traitement	% surface traitée	Dose appliquée moyenne (kg/ha/an)
<b>Miscanthus S2</b>	Bassin	INRA Mons	herbicides	Trophée (ou Prowl)	Acétochlore	année1 en prélevée	100%	0,122
				Bofix (3l/ha) en association avec Allié (15g/ha)	Clopyralid		100%	0,006
					Fluroxypyr (ester 1-methylheptyl)	année 1 en post levée et	100%	0,012
					2,4-mcpa (sel de potassium)	année 2 en rattrapage	100%	0,060
					Metsulfuron methyle		100%	0,002
Roundup (3l/ha)	Glyphosate (sel d'isopropylamine)	tous les 5 ans	100%	0,216				
<b>Miscanthus S3</b>	Bassin	INRA Mons	Utilisation d'une herse étrille et/ou bineuse			année 1		
			herbicide	Roundup (3l/ha)	Glyphosate (sel d'isopropylamine)	année 2 en rattrapage	50%	0,072
<b>Triticale</b>	Bassin	INRA Mons	herbicides	Archipel (0,2 kg/ha) en association avec First (0,5 kg/ha)	Iodosulfuron-methyl-sodium		100%	0,006
					Mesosulfuron-methyl		100%	0,006
					Bromoxynil (ester octanoïque)		100%	0,250
					Diflufénicanil		100%	0,080
			loxynil (ester octanoïque)		100%	0,150		
fongicide	Opus (0,75 l/ha)	Epoxiconazole		100%	0,094			
<b>TCR Peuplier</b>	Bassin	FCBA	herbicides	Gardenet Paysage	Oxyfluorène	de pré levée hiver 0 et	100%	0,063
					Propyzamide	hiver 1	100%	0,167

### Bassin Adour-Garonne

Culture	Validité géographique	Sources	Type de phyto	Produit commercial	Substance	Période de traitement	% surface traitée	Dose appliquée moyenne (kg/ha/an)
<b>Maïs</b>	Poitou-Charente	Agreste	Herbicide		Nicosulfuron	avril, mai	54%	0,024
					Mesotrione		52%	0,060
					Acétochlore		33%	1,660
					Dicamba (sel de diméthylamine)		23%	0,217
					Bromoxynil phenol		21%	0,127
					Prosulfuron		18%	0,005
					Glyphosate (sel d'isopropylamine)		18%	1,108
					Aclonifen		15%	0,362
					Isoxaflutole		15%	0,054
					Insecticide			
			Carbofuran	début juin et/ou fin avril	24%	0,475		
Lambda cyhalothrine		17%	0,015					

Bassin Adour-Garonne (suite)

Culture	Validité géographique	Sources	Type de phyto	Produit commercial	Substance	Période de traitement	% surface traitée	Dose appliquée moyenne (kg/ha/an)
Blé	Poitou-Charente	Agreste	Herbicide		Iodosulfuron-methyl-sodium	mar avril, voire octobre-novembre	41%	0,005
				Mesosulfuron-methyl	34%		0,008	
				Diflufénicanil	31%		0,070	
				Isoproturon	24%		1,091	
				loxynil (ester octanoïque)	20%		0,086	
				Bromoxynil (ester octanoïque)	17%		0,104	
				Metsulfuron methyle	14%		0,004	
				loxynil	13%		0,198	
				Fenoxaprop-p-éthyl	12%		0,050	
				Fluroxypyr (ester 1-methylheptyl)	11%		0,088	
				Fongicide			Epoxiconazole	71%
			Prochloraze		31%	0,382		
			Pyraclostroline		28%	0,087		
			Cyproconazole		27%	0,065		
			Fenpropimorphe		25%	0,209		
			Chlorothalonil		23%	0,593		
			Kresoxim-méthyl		18%	0,085		
			Cyprodinyl		14%	0,377		
			Insecticide		Cyperméthrine	17%	0,025	
Régulateur de croissance	Chlorméquat	12%		0,801				
Coïza	Poitou-Charente	Agreste	Herbicide		Trifluraline	mi aout - début septembre	64%	1,127
				Napropamide	48%		0,730	
				Clomazone	40%		0,098	
				Diméthachlore	36%		0,652	
				Métazachlore	29%		0,793	
				Quinmérac	23%		0,187	
				Cycloxydime	15%		0,115	
				Isoxaben	13%		0,066	
				Fongicide			Carbendazime	58%
					Flusilazole	47%	0,201	
					Metconazole	25%	0,061	
			Insecticide		Lambda cyhalothrine	41%	0,010	
					Cyperméthrine	33%	0,044	
					Alphaméthrine	28%	0,016	
				Deltaméthrine	25%	0,008		
			Anti-limace		Métaldéhyde	22%	0,228	
			Régulateur de croissance		Chlorméquat	13%	0,302	
					Pacloubutrazol	13%	0,038	
			Tournesol	Poitou-Charente	Agreste	herbicide		Trifluraline
Flurochloridone	51%	0,568						
Aclonifen	43%	1,458						
Glyphosate (sel d'isopropylamine)	25%	1,001						
Flurtamone	15%	0,310						
Pendiméthaline	15%	0,784						
insecticide		Carbofuran				13%	0,445	
anti-limace		Métaldéhyde				27%	0,190	



Bassin Adour-Garonne (suite et fin)

Culture	Validité géographique	Sources	Type de phyto	Produit commercial	Substance	Période de traitement	% surface traitée	Dose appliquée moyenne (kg/ha/an)
Maïs biomasse	Bassin	Arvalis (Baziège)						
			herbicides	Trophée Callisto et Milagro en association	Acétochlore Mesotrione Nicosulfuron	tous les ans en rattrapage	100% 50% 50%	1,835 0,15 0,06
Sorgho fibre S2	Bassin	Arvalis (Baziège)						
			herbicides	Ramrod Isard et Prowl en association	Propachlore (6 L/ha) Dimethenamid-p Pendiméthaline	tous les ans en rattrapage	100% 50% 50%	2,88 0,72 1,00
Sorgho fibre S3	Bassin	Arvalis (Baziège)						
			herbicides	Isard et Prowl en association	Dimethenamid-p Pendiméthaline	en rattrapage	50% 50%	0,72 1,00
Switchgrass S2	Bassin	Arvalis (Baziège)						
			herbicides	Callisto Roundup	Mesotrione Glyphosate (sel d'isopropylamine)	année 1 et rattrapage en année 2 année 2	100% 100%	0,015 0,072
Switchgrass S3	Bassin	Arvalis (Baziège)						
				Broyage mécanique		année 1		
			herbicide	Roundup	Glyphosate (sel d'isopropylamine)	Fin année 1 début année 2	50%	0,072
Miscanthus S3	Bassin	INRA Mons						
				Utilisation d'une herse étrille et/ou bineuse		année 1		
			herbicide	Roundup (3l/ha)	Glyphosate (sel d'isopropylamine)	année 2 en rattrapage	50%	0,072
Canne de Provence	Bassin	Arvalis (Baziège)						
			herbicides	Trophée Roundup	Acétochlore Glyphosate (sel d'isopropylamine) Clopyralid	année 1 année 2	100% 100% 50%	0,1223 0,0720 0,0107
				Allié et Bofix en association	Fluroxypyr (ester 1-méthylheptyl) 2,4-mcpa (sel de potassium) Metsulfuron méthyle	en rattrapage années 1 et 2	50% 50% 50%	0,0213 0,1067 0,0004
TCR Eucalyptus	Bassin	Arvalis (Baziège)						
			herbicide	Gardenet Paysage	Oxyfluorène Propyzamide	de pré levée hiver 0 et hiver 1	0,469 1,2495	0,0625 0,1666

### Annexe 13 - Classements SIRIS des eaux de surface et souterraines pour chacun des scénarios

#### Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 1A Seine-Normandie en 2006

Substance	Activité biologique	Données complètes	Classe 4	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Rang	Rang normal centré	Culture concernée	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA		
			Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7								Dose (kg/ha)	Surface normalisée
trifluraline	Herbicide	Oui	8000	0.221	221	TS	1.128	0.387	48	63.16%	colza	0.008	b	0.0024	C
metazachlore	Herbicide	Oui	60	715	23	inst	0.679	0.240	45.5	59.87%	colza	1.6	e	0.036	D
clomazone	Herbicide	Oui	300	1100	24	stable	0.097	0.200	38.5	50.66%	colza	2.9	e	0.043	D
metconazole	Fongicide	Oui	1260	30.4	283	TS	0.049	0.236	37.5	49.34%	colza	1	e	0.002	C
iodosulfuron	Herbicide	Oui	50	25000	8	TS	0.004	0.095	37.5	49.34%	blé	0.07	c	0.03	D
isoproturon	Herbicide	Oui	124	70.2	22	TS	0.929	0.052	36.5	48.03%	blé	0.13	c	0.006	C
napropamide	Herbicide	Oui	700	7.4	70	TS	0.859	0.198	33.5	44.08%	colza	16.6	e	0.0026	C
cyproconazole	Fongicide	Oui	364	140	60	TS	0.068	0.073	31.5	41.45%	blé	0.077	c	0.01	D
tebuconazole	Fongicide	Oui	1054	36	365	TS	0.14	0.060	28	36.84%	blé	0.11	d	0.03	D
prochloraze	Fongicide	Oui	500	34	120	stable	0.383	0.077	27	35.53%	blé	0.026	c	0.01	D
chlorothalonil	Fongicide	Oui	1380	0.67	30	stable	0.519	0.082	26	34.21%	blé	0.018	c	0.03	D
cyprodinyl	Fongicide	Oui	1745	13	25	TS	0.407	0.052	24	31.58%	blé	0.1	d	0.03	D
metsulfuron methyle	Herbicide	Oui	23	2.79	52	stable	0.003	0.058	22.5	29.61%	blé	0.01	c	0.22	E
procymidone	Fongicide	Oui	1905	4	50	inst	0.297	0.212	22	28.95%	colza	1.8	e	0.025	D
diflufenican	Herbicide	Oui	1990	0.05	150	TS	0.05	0.052	21	27.63%	blé	10	e	0.25	E
carbendazime	Fongicide	Oui	230	8	22	TS	0.211	0.108	20	26.32%	colza	0.019	c	0.03	D
tau fluvalinate	Insecticide	Oui	110000	0.00103	14	inst	0.047	0.226	18	23.68%	colza	0.0009	a	0.01	D
epoxiconazole	Fongicide	Oui	1200	7	117	stable	0.08	0.123	17.5	23.03%	blé	0.005	b	0.005	C
alphamethrine	Insecticide	Oui	16344	0.00397	91	stable	0.015	0.141	17.5	23.03%	colza	0.0003	a	0.015	D
cypermethrine	Insecticide	Oui	160000	0.199	30	stable	0.046	0.141	17.5	23.03%	colza	0.0003	a	0.05	D
mesosulfuron methyl	Herbicide		92	483	73						0.00062	a		1	
metaldehyde	Molluscide		240	200	10		0.252	0.156			73	e		0.025	D
pyraclostrobine	Fongicide		32	1.9		stable	0.067	0.071						0.03	D



Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface



Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface



Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface



Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux de surface





Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 1A Seine-Normandie en 2030

Substance	Activité biologique	Données complètes	Classe 4	Classe 2	Classe 3		Classe 1		Rang	Rang normal centré	culture concernée	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
			Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose (kg/ha)	Surface normalisée							
trifluraline	Herbicide	Oui	8000	0.221	221	TS	1.128	0.387	48	63.16%	colza	0.008	b	0.0024	C
metazachlore	Herbicide	Oui	60	715	23	inst	0.679	0.240	45.5	59.87%	colza	1.6	e	0.036	D
napropamide	Herbicide	Oui	700	7.4	70	TS	0.859	0.200	38.5	50.66%	colza	16.6	e	0.0026	C
clomazone	Herbicide	Oui	300	1100	24	stable	0.097	0.236	37.5	49.34%	colza	2.9	e	0.043	D
metconazole	Fongicide	Oui	1260	30.4	283	TS	0.049	0.095	37.5	49.34%	colza	1	e	0.002	C
iodosulfuron	Herbicide	Oui	50	25000	8	TS	0.004	0.052	36.5	48.03%	blé	0.07	c	0.03	D
isoproturon	Herbicide	Oui	124	70.2	22	TS	0.929	0.198	33.5	44.08%	blé	0.013	c	0.006	C
cyproconazole	Fongicide	Oui	364	140	60	TS	0.068	0.073	31.5	41.45%	blé	0.077	c	0.01	D
tebuconazole	Fongicide	Oui	1054	36	365	TS	0.14	0.060	28	36.84%	blé	0.11	d	0.03	D
prochloraze	Fongicide	Oui	500	34	120	stable	0.383	0.077	27	35.53%	blé	0.026	c	0.01	D
chlorothalonil	Fongicide	Oui	1380	0.67	30	stable	0.519	0.082	26	34.21%	blé	0.018	c	0.03	D
cyperméthrine	Insecticide	Oui	160000	0.199	30	stable	0.046	0.052	24	31.58%	colza	0.0003	a	0.05	D
alphaméthrine	Insecticide	Oui	16344	0.00397	91	stable	0.015	0.058	22.5	29.61%	colza	0.0003	a	0.015	D
cyprodinyl	Fongicide	Oui	1745	13	25	TS	0.407	0.212	22	28.95%	blé	0.1	d	0.03	D
metsulfuron méthyle	Herbicide	Oui	23	2.79	52	stable	0.003	0.052	21	27.63%	blé	0.01	c	0.22	E
procymidone	Fongicide	Oui	1905	4	50	inst	0.297	0.108	20	26.32%	colza	1.8	e	0.025	D
diflufenican	Herbicide	Oui	1990	0.05	150	TS	0.05	0.226	18	23.68%	blé	10	e	0.25	E
carbendazime	Fongicide	Oui	230	8	22	TS	0.211	0.123	17.5	23.03%	colza	0.019	c	0.03	D
tau fluvalinate	Insecticide	Oui	110000	0.00103	14	inst	0.047	0.141	17.5	23.03%	blé	0.0009	a	0.01	D
epoxiconazole	Fongicide	Oui	1200	7	117	stable	0.08	0.141	17.5	23.03%	blé	0.005	b	0.005	C
mesosulfuron méthyl	Herbicide		92	483	73							0.00062	a	1	
metaldehyde	Molluscide		240	200	10		0.252	0.156				73	e	0.025	D
pyraclostrobine	Fongicide		32	1.9		stable	0.067	0.071						0.03	D

- Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
- Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
- Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
- Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux de surface





Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 1A Seine-Normandie en 2006

Substance	Activité biologique	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	culture concernée	CL50 min. ( mg/l )	Classe CL50	DJA ( mg/kg/j )	Classe DJA
		Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose ( kg/ha )	Surface normalisée							
trifluraline	Herbicide	8000	0.221	221	TS	1.128	0.387	42	56.00%	Colza	0.008	b	0.0024	C
iodosulfuron	Herbicide	50	25000	8	TS	0.004	0.095	38	50.67%	Blé	0.07	c	0.03	D
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.049	0.236	35.5	47.33%	Colza	1	e	0.002	C
prochloraze	Fongicide	500	34	120	stable	0.383	0.077	33	44.00%	Blé	0.026	c	0.01	D
cyproconazole	Fongicide	364	140	60	TS	0.068	0.073	33	44.00%	Blé	0.077	c	0.01	D
metsulfuron methyle	Herbicide	23	2.79	52	stable	0.003	0.058	32	42.67%	Blé	0.01	c	0.22	E
metazachlore	Herbicide	60	715	23	inst	0.679	0.240	32	42.67%	Colza	1.6	e	0.036	D
isoproturon	Herbicide	124	70.2	22	TS	0.929	0.052	31	41.33%	Blé	0.013	c	0.006	C
tebuconazole	Fongicide	1054	36	365	TS	0.14	0.060	30	40.00%	Blé	0.11	d	0.03	D
diflufenican	Herbicide	1990	0.05	150	TS	0.05	0.052	27	36.00%	Blé	10	e	0.25	E
clomazone	Herbicide	300	1100	24	stable	0.097	0.200	26	34.67%	Colza	2.9	e	0.043	D
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.859	0.198	25.5	34.00%	Colza	16.6	e	0.0026	C
carbendazime	Fongicide	230	8	22	TS	0.211	0.108	23.5	31.33%	Colza	0.019	c	0.03	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0.67	30	stable	0.519	0.082	19	25.33%	Blé	0.018	c	0.03	D
cyprodinyl	Fongicide	1745	13	25	TS	0.407	0.052	17	22.67%	Blé	0.1	d	0.03	D
cypermethrine	Insecticide	160000	0.199	30	stable	0.046	0.141	15	20.00%	Colza	0.0003	a	0.05	D
alphamethrine	Insecticide	16344	0.00397	91	stable	0.015	0.141	15	20.00%	Colza	0.0003	a	0.015	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7	117	stable	0.08	0.123	15	20.00%	Blé	0.005	b	0.005	C
procymidone	Fongicide	1905	4	50	inst	0.297	0.212	12.5	16.67%	Colza	1.8	e	0.025	D
tau fluvalinate	Insecticide	110000	0.00103	14	inst	0.047	0.226	6	8.00%	Colza	0.0009	a	0.01	D
mesosulfuron methyl	Herbicide	92	483	73						Blé	0.00062	a	1	
metaldehyde	Molluscide	240	200	10		0.252	0.156				73	e	0.025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1.9		stable	0.067	0.071						0.03	D

-  Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux souterraines





Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 1A Seine-Normandie en 2030

Substance	Activité biologique	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	culture concernée	CL50 min. ( mg/l )	Classe CL50	DJA ( mg/kg/j )	Classe DJA
		Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose (kg/ha)	Surface normalisée							
trifluraline	Herbicide	8000	0.221	221	TS	1.128	0.588	42	56.00%	Colza	0.008	b	0.0024	C
iodosulfuron	Herbicide	50	25000	8	TS	0.004	0.100	38	50.67%	Blé	0.07	c	0.03	D
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.049	0.359	35.5	47.33%	Colza	1	e	0.002	C
prochloraze	Fongicide	500	34	120	stable	0.383	0.082	33	44.00%	Blé	0.026	c	0.01	D
cyproconazole	Fongicide	364	140	60	TS	0.068	0.077	33	44.00%	Blé	0.077	c	0.01	D
metsulfuron methyle	Herbicide	23	2.79	52	stable	0.003	0.061	32	42.67%	Blé	0.01	c	0.22	E
metazachlore	Herbicide	60	715	23	inst	0.679	0.366	32	42.67%	Colza	1.6	e	0.036	D
isoproturon	Herbicide	124	70.2	22	TS	0.929	0.054	31	41.33%	Blé	0.013	c	0.006	C
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.859	0.301	30	40.00%	Colza	16.6	e	0.0026	C
tebuconazole	Fongicide	1054	36	365	TS	0.14	0.064	30	40.00%	Blé	0.11	d	0.03	D
diflufenican	Herbicide	1990	0.05	150	TS	0.05	0.054	27	36.00%	Blé	10	e	0.25	E
clomazone	Herbicide	300	1100	24	stable	0.097	0.309	26	34.67%	Colza	2.9	e	0.043	D
carbendazime	Fongicide	230	8	22	TS	0.211	0.165	23.5	31.33%	Colza	0.019	c	0.03	D
cypermethrine	Insecticide	160000	0.199	30	stable	0.046	0.215	19	25.33%	Blé	0.0003	a	0.05	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0.67	30	stable	0.519	0.086	19	25.33%	Blé	0.018	c	0.03	D
alphamethrine	Insecticide	16344	0.00397	91	stable	0.015	0.215	19	25.33%	Colza	0.0003	a	0.015	D
cyprodinyl	Fongicide	1745	13	25	TS	0.407	0.054	17	22.67%	Blé	0.1	d	0.03	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7	117	stable	0.08	0.129	15	20.00%	Blé	0.005	b	0.005	C
procymidone	Fongicide	1905	4	50	inst	0.297	0.323	12.5	16.67%	Colza	1.8	e	0.025	D
tau fluvalinate	Insecticide	110000	0.00103	14	inst	0.047	0.344	6	8.00%	Colza	0.0009	a	0.01	D
mesosulfuron methyl	Herbicide	92	483	73						Blé	0.00062	a	1	
metaldehyde	Molluscide	240	200	10		0.252	0.237				73	e	0.025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1.9		stable	0.067	0.075						0.03	D

-  Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux souterraines

Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 1B Seine-Normandie en 2006

Substance	Activité biologique	Classe 4	Classe 2	Classe 3		Classe 1		Rang	Rang nominal centré	CL50 min. ( mg/l )	Classe CL50	DJA ( mg/kg/j )	Classe DJA
		Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
trifluraline	Herbicide	8000	0.2	221	TS	1.128	0.389	48	63.16%	0.008	b	0.0024	C
metazachlore	Herbicide	60	715.0	23	inst	0.679	0.242	45.5	59.87%	1.6	e	0.036	D
clomazone	Herbicide	300	1100.0	24	stable	0.097	0.204	38.5	50.66%	2.9	e	0.043	D
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.049	0.237	37.5	49.34%	1	e	0.002	C
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.859	0.199	33.5	44.08%	16.6	e	0.0026	C
isoproturon	Herbicide	124	70.2	22	TS	0.929	0.003	27	35.53%	0.013	c	0.006	C
iodosulfuron	Herbicide	50	25000.0	8	TS	0.004	0.006	27	35.53%	0.07	c	0.03	D
procymidone	Fongicide	1905	4.0	50	inst	0.297	0.213	22	28.95%	1.8	e	0.025	D
cyproconazole	Fongicide	364	140.0	60	TS	0.068	0.005	21.5	28.29%	0.077	c	0.01	D
carbendazime	Fongicide	230	8.0	22	TS	0.211	0.109	20	26.32%	0.019	c	0.03	D
tebuconazole	Fongicide	1054	36.0	365	TS	0.14	0.004	18.5	24.34%	0.11	d	0.03	D
tau fluvalinate	Insecticide	110000	0.0	14	inst	0.047	0.228	18	23.68%	0.0009	a	0.01	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0.7	30	stable	0.519	0.005	17.5	23.03%	0.018	c	0.03	D
prochloraze	Fongicide	500	34.0	120	stable	0.383	0.005	17.5	23.03%	0.026	c	0.01	D
cyperméthrine	Insecticide	160000	0.2	30	stable	0.046	0.142	17.5	23.03%	0.0003	a	0.05	D
alphaméthrine	Insecticide	16344	0.0	91	stable	0.015	0.142	17.5	23.03%	0.0003	a	0.015	D
cyprodinyl	Fongicide	1745	13.0	25	TS	0.407	0.003	15	19.74%	0.1	d	0.03	D
metsulfuron méthyle	Herbicide	23	2.8	52	stable	0.003	0.004	13	17.11%	0.01	c	0.22	E
diflufenican	Herbicide	1990	0.1	150	TS	0.05	0.003	12	15.79%	10	e	0.25	E
epoxiconazole	Fongicide	1200	7.0	117	stable	0.08	0.008	9	11.84%	0.005	b	0.005	C
mesosulfuron méthyl	Herbicide	92	483.0	73						0.00062	a	1	
metaldehyde	Molluscide	240	200.0	10		0.252	0.157			73	e	0.025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1.9		stable	0.067	0.005					0.03	D

-  Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
-  Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
-  Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
-  Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux de surface

Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 1B Seine-Normandie en 2030

Substance	Activité biologique	Classe 4	Classe 2	Classe 3		Classe 1		Rang	Rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
trifluraline	Herbicide	8000	0.221	221	TS	1.128	0.546	48	63.16%	0.008	b	0.0024	C
metazachlore	Herbicide	60	715	23	inst	0.679	0.340	45.5	59.87%	1.6	e	0.036	D
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.859	0.280	43	56.58%	16.6	e	0.0026	C
clomazone	Herbicide	300	1100	24	stable	0.097	0.286	38.5	50.66%	2.9	e	0.043	D
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.049	0.333	37.5	49.34%	1	e	0.002	C
iodosulfuron	Herbicide	50	25000	8	TS	0.004	0.067	37.5	49.34%	0.07	c	0.03	D
cyproconazole	Fongicide	364	140	60	TS	0.068	0.051	31.5	41.45%	0.077	c	0.01	D
tebuconazole	Fongicide	1054	36	365	TS	0.14	0.042	28	36.84%	0.11	d	0.03	D
prochloraze	Fongicide	500	34	120	stable	0.383	0.054	27	35.53%	0.026	c	0.01	D
isoproturon	Herbicide	124	70.2	22	TS	0.929	0.036	27	35.53%	0.013	c	0.006	C
chlorothalonil	Fongicide	1380	0.67	30	stable	0.519	0.057	26	34.21%	0.018	c	0.03	D
metsulfuron methyl	Herbicide	23	2.79	52	stable	0.003	0.041	22.5	29.61%	0.01	c	0.22	E
procymidone	Fongicide	1905	4	50	inst	0.297	0.300	22	28.95%	1.8	e	0.025	D
carbendazime	Fongicide	230	8	22	TS	0.211	0.153	20	26.32%	0.019	c	0.03	D
tau fluvalinate	Insecticide	110000	0.00103	14	inst	0.047	0.320	18	23.68%	0.0009	a	0.01	D
cypermethrine	Insecticide	160000	0.199	30	stable	0.046	0.200	17.5	23.03%	0.0003	a	0.05	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7	117	stable	0.08	0.086	17.5	23.03%	0.005	b	0.005	C
alphamethrine	Insecticide	16344	0.00397	91	stable	0.015	0.200	17.5	23.03%	0.0003	a	0.015	D
cyprodinyl	Fongicide	1745	13	25	TS	0.407	0.036	15	19.74%	0.1	d	0.03	D
diflufenican	Herbicide	1990	0.05	150	TS	0.05	0.036	12	15.79%	10	e	0.25	E
mesosulfuron methyl	Herbicide	92	483	73						0.00062	a	1	
metaldehyde	Molluscide	240	200	10		0.252	0.220			73	e	0.025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1.9		stable	0.067	0.050					0.03	D

- Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
- Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
- Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
- Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux de surface







Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 1B Seine-Normandie en 2006

Substance	Activité biologique	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	CL50 min. ( mg/l )	Classe CL50	DJA ( mg/kg/j )	Classe DJA
		Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
trifluraline	Herbicide	8000	0,2	221	TS	1,128	0,389	42	56.00%	0,008	b	0,0024	C
metconazole	Fongicide	1260	30,4	283	TS	0,049	0,237	35,5	47.33%	1	e	0,002	C
metazachlore	Herbicide	60	715,0	23	inst	0,679	0,242	32	42.67%	1,6	e	0,036	D
iodosulfuron	Herbicide	50	25000,0	8	TS	0,004	0,006	32	42.67%	0,07	c	0,03	D
prochloraze	Fongicide	500	34,0	120	stable	0,383	0,005	27,5	36.67%	0,026	c	0,01	D
cyproconazole	Fongicide	364	140,0	60	TS	0,068	0,005	27,5	36.67%	0,077	c	0,01	D
mesosulfuron methyl	Herbicide	23	2,8	52	stable	0,003	0,004	27	36.00%	0,01	c	0,22	E
isoproturon	Herbicide	124	70,2	22	TS	0,929	0,003	26	34.67%	0,013	c	0,006	C
clomazone	Herbicide	300	1100,0	24	stable	0,097	0,204	26	34.67%	2,9	e	0,043	D
napropamide	Herbicide	700	7,4	70	TS	0,859	0,199	25,5	34.00%	16,6	e	0,0026	C
tebuconazole	Fongicide	1054	36,0	365	TS	0,14	0,004	24,5	32.67%	0,11	d	0,03	D
carbendazime	Fongicide	230	8,0	22	TS	0,211	0,109	23,5	31.33%	0,019	c	0,03	D
diflufenican	Herbicide	1990	0,1	150	TS	0,05	0,003	22	29.33%	10	e	0,25	E
alphamethrine	Insecticide	16344	0,0	91	stable	0,015	0,142	15	20.00%	0,0003	a	0,015	D
cypermethrine	Insecticide	160000	0,2	30	stable	0,046	0,142	15	20.00%	0,0003	a	0,05	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0,7	30	stable	0,519	0,005	15	20.00%	0,018	c	0,03	D
procymidone	Fongicide	1905	4,0	50	inst	0,297	0,213	12,5	16.67%	1,8	e	0,025	D
cyprodinyl	Fongicide	1745	13,0	25	TS	0,407	0,003	12,5	16.67%	0,1	d	0,03	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7,0	117	stable	0,08	0,008	11	14.67%	0,005	b	0,005	C
tau fluvalinate	Insecticide	110000	0,0	14	inst	0,047	0,228	6	8.00%	0,0009	a	0,01	D
mesosulfuron methyl	Herbicide	92	483,0	73						0,00062	a	1	
metaldehyde	Molluscide	240	200,0	10		0,252	0,157			73	e	0,025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1,9		stable	0,067	0,005					0,03	D

- Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
- Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
- Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
- Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux souterraines





Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 1B Seine-Normandie en 2030

Substance	Activité biologique	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
trifluraline	Herbicide	8000	0,2	221	TS	1,128	0,546	42	56.00%	0,008	b	0,0024	C
iodosulfuron	Herbicide	50	25000,0	8	TS	0,004	0,067	38	50.67%	0,07	c	0,03	D
metconazole	Fongicide	1260	30,4	283	TS	0,049	0,333	35,5	47.33%	1	e	0,002	C
prochloraze	Fongicide	500	34,0	120	stable	0,383	0,054	33	44.00%	0,026	c	0,01	D
cyproconazole	Fongicide	364	140,0	60	TS	0,068	0,051	33	44.00%	0,077	c	0,01	D
metasulfuron-méthyle	Herbicide	23	2,8	52	stable	0,003	0,041	32	42.67%	0,01	c	0,22	E
metazachlore	Herbicide	60	715,0	23	inst	0,679	0,340	32	42.67%	1,6	e	0,036	D
tebuconazole	Fongicide	1054	36,0	365	TS	0,14	0,042	30	40.00%	0,11	d	0,03	D
napropamide	Herbicide	700	7,4	70	TS	0,859	0,280	30	40.00%	16,6	e	0,0026	C
isoproturon	Herbicide	124	70,2	22	TS	0,929	0,036	26	34.67%	0,013	c	0,006	C
clomazone	Herbicide	300	1100,0	24	stable	0,097	0,286	26	34.67%	2,9	e	0,043	D
carbendazime	Fongicide	230	8,0	22	TS	0,211	0,153	23,5	31.33%	0,019	c	0,03	D
diflufenican	Herbicide	1990	0,1	150	TS	0,05	0,036	22	29.33%	10	e	0,25	E
chlorothalonil	Fongicide	1380	0,7	30	stable	0,519	0,057	19	25.33%	0,018	c	0,03	D
alphamethrine	Insecticide	16344	0,0	91	stable	0,015	0,200	15	20.00%	0,0003	a	0,015	D
cypermethrine	Insecticide	160000	0,2	30	stable	0,046	0,200	15	20.00%	0,0003	a	0,05	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7,0	117	stable	0,08	0,086	15	20.00%	0,005	b	0,005	C
cyprodinyl	Fongicide	1745	13,0	25	TS	0,407	0,036	12,5	16.67%	0,1	d	0,03	D
procymidone	Fongicide	1905	4,0	50	inst	0,297	0,300	12,5	16.67%	1,8	e	0,025	D
tau fluvalinate	Insecticide	110000	0,0	14	inst	0,047	0,320	6	8.00%	0,0009	a	0,01	D
mesosulfuron-méthyle	Herbicide	92	483,0	73						0,00062	a	1	
metaldehyde	Molluscide	240	200,0	10		0,252	0,220			73	e	0,025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1,9		stable	0,067	0,050					0,03	D

-  Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux souterraines

Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 2 Seine-Normandie en 2006

Substance	Activité biologique	Classe 4	Classe 2	Classe 3		Classe 1		Rang	Rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
trifluraline	Herbicide	8000	0.2	221	TS	1.128	0.208	48	63.16%	0.008	b	0.0024	C
iodosulfuron	Herbicide	50	25000.0	8	TS	0.004	0.143	37.5	49.34%	0.07	c	0.03	D
isoproturon	Herbicide	124	70.2	22	TS	0.929	0.071	36.5	48.03%	0.013	c	0.006	C
metazachlore	Herbicide	60	715.0	23	inst	0.679	0.129	36	47.37%	1.6	e	0.036	D
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.859	0.107	33.5	44.08%	16.6	e	0.0026	C
cyproconazole	Fongicide	364	140.0	60	TS	0.068	0.101	31.5	41.45%	0.077	c	0.01	D
clomazone	Herbicide	300	1100.0	24	stable	0.097	0.109	29	38.16%	2.9	e	0.043	D
tebuconazole	Fongicide	1054	36.0	365	TS	0.140	0.083	28	36.84%	0.11	d	0.03	D
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.049	0.127	28	36.84%	1	e	0.002	C
prochloraze	Fongicide	500	34.0	120	stable	0.383	0.106	27	35.53%	0.026	c	0.01	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0.7	30	stable	0.519	0.112	26	34.21%	0.018	c	0.03	D
cyprodinyl	Fongicide	1745	13.0	25	TS	0.407	0.071	24	31.58%	0.1	d	0.03	D
metsulfuron methyle	Herbicide	23	2.8	52	stable	0.003	0.080	22.5	29.61%	0.01	c	0.22	E
diffufenican	Herbicide	1990	0.1	150	TS	0.055	0.084	21	27.63%	10	e	0.25	E
carbendazime	Fongicide	230	8.0	22	TS	0.211	0.058	20	26.32%	0.019	c	0.03	D
alphamethrine	Insecticide	16344	0.0	91	stable	0.015	0.076	17.5	23.03%	0.0003	a	0.015	D
cypermethrine	Insecticide	160000	0.2	30	stable	0.046	0.076	17.5	23.03%	0.0003	a	0.05	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7.0	117	stable	0.081	0.182	17.5	23.03%	0.005	b	0.005	C
procymidone	Fongicide	1905	4.0	50	inst	0.297	0.114	14	18.42%	1.8	e	0.025	D
tau fluvalinate	Insecticide	110000	0.0	14	inst	0.047	0.122	10.5	13.82%	0.0009	a	0.01	D
bromoxynil (octanoate)	Herbicide		0.2			0.250	0.013			0.029	c		
ioxynil octanoate	Herbicide		0.0	6.7		0.150	0.013			0.011	c	0.05	D
mesosulfuron methyl	Herbicide	92	483.0	73						0.00062	a	1	
metaldehyde	Molluscide	240	200.0	10		0.025	0.084			73	e	0.025	D
prothioconazole	Fongicide		300.0			0.140	0.013			1.1	e	0.05	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1.9		stable	0.067	0.098					0.03	D

-  Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
-  Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
-  Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
-  Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux de surface

Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 2 Seine-Normandie en 2030

Substance	Activité biologique	Classe 4	Classe 2	Classe 3		Classe 1		Rang	Rang normal centré	CL50 min. ( mg/l )	Classe CL50	DJA ( mg/kg/j )	Classe DJA
		Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
iodosulfuron	Herbicide	50	25000,0	8	TS	0,006	0,317	48	63.16%	0,07	c	0,03	D
metasulfuron methyle	Herbicide	23	2,8	52	stable	0,0015	0,225	32	42.11%	0,01	c	0,22	E
diflufenican	Herbicide	1990	0,1	150	TS	0,08	0,317	30	39.47%	10	e	0,25	E
2,4 mcpa (sel de diméthylamine)		20	866000,0	25	TS	0,06	0,023	27	35.53%	50	e	0,05	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7,0	117	stable	0,09375	0,317	26	34.21%	0,005	b	0,005	C
metolachlor (ester de méthylbutyl)	Herbicide	34	0,1	10	inst	0,012	0,225	22	28.95%	0,72	d	0,8	E
propyzamide	Herbicide	800	9,0	60	stable	0,167	0,116	20	26.32%	5,5	e	0,01	D
acetochlore	Herbicide	202	223,0	16	stable	0,122	0,000	19,5	25.66%	0,0013	b	0,02	D
oxyfluorfen	Herbicide	100000	0,5	35	stable	0,063	0,116	17,5	23.03%	0,2	d	0,004	C
bromoxynil (octanoate)	Herbicide		0,2			0,25	0,317			0,029	c		
clopyralid	Herbicide	7	10000,0	12,5		0,006	0,225			7,3	e	0,15	E
ioxynil octanoate	Herbicide		0,0	6,7		0,15	0,317			0,011	c	0,05	D
mesosulfuron methyl	Herbicide	92	483,0	73						0,00062	a	1	



Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface



Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface







Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface



Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux de surface

Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 2 Seine-Normandie en 2006

Substance	Activité biologique	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	CL50 min. ( mg/l )	Classe CL50	DJA ( mg/kg/j )	Classe DJA
		Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
trifluraline	Herbicide	8000	0.2	221	TS	1.128	0.208	42	56.00%	0.008	b	0.0024	C
iodosulfuron	Herbicide	50	25000.0	8	TS	0.004	0.143	38	50.67%	0.07	c	0.03	D
cyproconazole	Fongicide	364	140.0	60	TS	0.068	0.101	33	44.00%	0.077	c	0.01	D
prochloraze	Fongicide	500	34.0	120	stable	0.383	0.106	33	44.00%	0.026	c	0.01	D
metasulfuron methyle	Herbicide	23	2.8	52	stable	0.003	0.080	32	42.67%	0.01	c	0.22	E
isoproturon	Herbicide	124	70.2	22	TS	0.929	0.071	31	41.33%	0.013	c	0.006	C
tebuconazole	Fongicide	1054	36.0	365	TS	0.140	0.083	30	40.00%	0.11	d	0.03	D
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.049	0.127	30	40.00%	1	e	0.002	C
diflufenican	Herbicide	1990	0.1	150	TS	0.055	0.084	27	36.00%	10	e	0.25	E
metazachlore	Herbicide	60	715.0	23	inst	0.679	0.129	27	36.00%	1.6	e	0.036	D
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.859	0.107	25.5	34.00%	16.6	e	0.0026	C
carbendazime	Fongicide	230	8.0	22	TS	0.211	0.058	23.5	31.33%	0.019	c	0.03	D
clomazone	Herbicide	300	1100.0	24	stable	0.097	0.109	21	28.00%	2.9	e	0.043	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0.7	30	stable	0.519	0.112	19	25.33%	0.018	c	0.03	D
cyprodinyl	Fongicide	1745	13.0	25	TS	0.407	0.071	17	22.67%	0.1	d	0.03	D
cypermethrine	Insecticide	160000	0.2	30	stable	0.046	0.076	15	20.00%	0.0003	a	0.05	D
alphamethrine	Insecticide	16344	0.0	91	stable	0.015	0.076	15	20.00%	0.0003	a	0.015	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7.0	117	stable	0.081	0.182	15	20.00%	0.005	b	0.005	C
procymidone	Fongicide	1905	4.0	50	inst	0.297	0.114	9	12.00%	1.8	e	0.025	D
tau fluvalinate	Insecticide	110000	0.0	14	inst	0.047	0.122	3	4.00%	0.0009	a	0.01	D
bromoxynil (octanoate)	Herbicide		0.2			0.250	0.013			0.029	c		
ioxynil octanoate	Herbicide		0.0	6.7		0.150	0.013			0.011	c	0.05	D
mesosulfuron methyl	Herbicide	92	483.0	73						0.00062	a	1	
metaldehyde	Molluscide	240	200.0	10		0.025	0.084			73	e	0.025	D
prothioconazole	Fongicide		300.0			0.140	0.013			1.1	e	0.05	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1.9		stable	0.067	0.098					0.03	D

-  Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux souterraines

### Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 2 Seine-Normandie en 2030

Substance	Activité biologique	Données complètes	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	CL50 min. ( mg/l )	Classe CL50	DJA ( mg/kg/j )	Classe DJA
			Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
iodosulfuron	Herbicide	Oui	50	25000,0	8	TS	0,006	0,317	44	58.67%	0,07	c	0,03	D
metsulfuron methyle	Herbicide	Oui	23	2,8	52	stable	0,0015	0,225	37	49.33%	0,01	c	0,22	E
el de dimethylamine)		Oui	20	866000,0	25	TS	0,06	0,023	32	42.67%	50	e	0,05	D
diflufenican	Herbicide	Oui	1990	0,1	150	TS	0,08	0,317	32	42.67%	10	e	0,25	E
ester 1 methylheptyl)	Herbicide	Oui	34	0,1	10	inst	0,012	0,225	22	29.33%	0,72	d	0,8	E
epoxiconazole	Fongicide	Oui	1200	7,0	117	stable	0,09375	0,317	19	25.33%	0,005	b	0,005	C
acetochlore	Herbicide	Oui	202	223,0	16	stable	0,122	0,000	16	21.33%	0,0013	b	0,02	D
propyzamide	Herbicide	Oui	800	9,0	60	stable	0,167	0,116	15	20.00%	5,5	e	0,01	D
oxyfluorfe	Herbicide	Oui	100000	0,5	35	stable	0,063	0,116	15	20.00%	0,2	d	0,004	C
omoxynil (octanoate)	Herbicide			0,2			0,25	0,317			0,029	c		
clopyralid	Herbicide		7	10000,0	12,5		0,006	0,225			7,3	e	0,15	E
ioxynil octanoate	Herbicide			0,0	6,7		0,15	0,317			0,011	c	0,05	D
mesosulfuron methyl	Herbicide		92	483,0	73						0,00062	a	1	

- Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
- Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
- Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
- Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux souterraines

Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 3 Seine-Normandie en 2006





Substance	Activité biologique	Données complètes	Classe 4	Classe 2	Classe 3		Classe 1		Rang	Rang normal centré	CL50 min. ( mg/l )	Classe CL50	DJA ( mg/kg/j )	Classe DJA
			Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
trifluraline	Herbicide	Oui	8000	0.221	221	TS	1.128	0.230	48	63.16%	0.008	b	0.0024	C
glyphosate	Herbicide	Oui	18269	10500	25	TS	1.08	0.007	40	52.63%	1.2	e	0.3	E
s metolachlore	Herbicide	Oui	220	480	20.3	stable	1.92	0.005	38.5	50.66%	0.008	b	0.1	E
acetochlore	Herbicide	Oui	202	223	16	stable	1.8	0.005	38.5	50.66%	0.0013	b	0.02	D
metazachlore	Herbicide	Oui	60	715	23	inst	0.679	0.143	36	47.37%	1.6	e	0.036	D
napropamide	Herbicide	Oui	700	7.4	70	TS	0.859	0.118	33.5	44.08%	16.6	e	0.0026	C
pendimethaline	Herbicide	Oui	14100	0.33	90	TS	2	0.005	30	39.47%	0.0067	b	0.05	D
clomazone	Herbicide	Oui	300	1100	24	stable	0.097	0.121	29	38.16%	2.9	e	0.043	D
metconazole	Fongicide	Oui	1260	30.4	283	TS	0.049	0.140	28	36.84%	1	e	0.002	C
iodosulfuron	Herbicide	Oui	50	25000	8	TS	0.004	0.004	27	35.53%	0.07	c	0.03	D
isoproturon	Herbicide	Oui	124	70.2	22	TS	0.929	0.002	27	35.53%	0.013	c	0.006	C
cyproconazole	Fongicide	Oui	364	140	60	TS	0.068	0.003	21.5	28.29%	0.077	c	0.01	D
carbendazime	Fongicide	Oui	230	8	22	TS	0.211	0.065	20	26.32%	0.019	c	0.03	D
mesotrione	Herbicide	Oui	209	15000	5	TS	0.15	0.007	19.5	25.66%	4.5	e	0.005	C
tebuconazole	Fongicide	Oui	1054	36	365	TS	0.14	0.002	18.5	24.34%	0.11	d	0.03	D
alphamethrine	Insecticide	Oui	16344	0.00397	91	stable	0.015	0.084	17.5	23.03%	0.0003	a	0.015	D
prochloraze	Fongicide	Oui	500	34	120	stable	0.383	0.003	17.5	23.03%	0.026	c	0.01	D
chlorothalonil	Fongicide	Oui	1380	0.67	30	stable	0.519	0.003	17.5	23.03%	0.018	c	0.03	D
cypermethrine	Insecticide	Oui	160000	0.199	30	stable	0.046	0.084	17.5	23.03%	0.0003	a	0.05	D
sulcotrione	Herbicide	Oui	90	165	4	TS	0.45	0.007	15.5	20.39%	3.5	e	0.00005	A
cyprodinyl	Fongicide	Oui	1745	13	25	TS	0.407	0.002	15	19.74%	0.1	d	0.03	D
procymidone	Fongicide	Oui	1905	4	50	inst	0.297	0.126	14	18.42%	1.8	e	0.025	D
etsulfuron methyle	Herbicide	Oui	23	2.79	52	stable	0.003	0.002	13	17.11%	0.01	c	0.22	E
diflufenican	Herbicide	Oui	1990	0.05	150	TS	0.05	0.002	12	15.79%	10	e	0.25	E
tau fluvalinate	Insecticide	Oui	110000	0.00103	14	inst	0.047	0.135	10.5	13.82%	0.0009	a	0.01	D
deltamethrine	Insecticide	Oui	460000	0.002	32	stable	0.013	0.007	9	11.84%	0.0004	a	0.01	D
mbda cyhalothrine	Insecticide	Oui	180000	0.005	30	stable	0.02	0.007	9	11.84%	0.0002	a	0.05	D
epoxiconazole	Fongicide	Oui	1200	7	117	stable	0.08	0.005	9	11.84%	0.005	b	0.005	C
esosulfuron methyl	Herbicide		92	483	73						0.00062	a	1	
metaldehyde	Molluscide		240	200	10		0.0252	0.093			73	e	0.025	D
pyraclostrobine	Fongicide		32	1.9		stable	0.067	0.003					0.03	D

- Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
- Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
- Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
- Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux de surface







Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 3 Seine-Normandie en 2030

Substance	Activité biologique	Données complètes	Classe 4		Classe 2		Classe 3		Classe 1		Rang	Rang normal centré	CL50 min. ( mg/l )	Classe CL50	DJA ( mg/kg/j )	Classe DJA
			Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée								
glyphosate	Herbicide	Oui	18269	10500	25	TS	0,072	0,168	30,5	40.13%	1,2	e	0,3	E		

-  Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
-  Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
-  Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux de surface
-  Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux de surface





Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 3 Seine-Normandie en 2006

Substance	Activité biologique	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	CL50 min. ( mg/l )	Classe CL50	DJA ( mg/kg/j )	Classe DJA
		Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
trifluraline	Herbicide	8000	0.2	221	TS	1.128	0.208	42	56.00%	0.008	b	0.0024	C
iodosulfuron	Herbicide	50	25000.0	8	TS	0.004	0.143	38	50.67%	0.07	c	0.03	D
cyproconazole	Fongicide	364	140.0	60	TS	0.068	0.101	33	44.00%	0.077	c	0.01	D
prochloraze	Fongicide	500	34.0	120	stable	0.383	0.106	33	44.00%	0.026	c	0.01	D
metasulfuron methyle	Herbicide	23	2.8	52	stable	0.003	0.080	32	42.67%	0.01	c	0.22	E
isoproturon	Herbicide	124	70.2	22	TS	0.929	0.071	31	41.33%	0.013	c	0.006	C
tebuconazole	Fongicide	1054	36.0	365	TS	0.140	0.083	30	40.00%	0.11	d	0.03	D
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.049	0.127	30	40.00%	1	e	0.002	C
diflufenican	Herbicide	1990	0.1	150	TS	0.055	0.084	27	36.00%	10	e	0.25	E
metazachlore	Herbicide	60	715.0	23	inst	0.679	0.129	27	36.00%	1.6	e	0.036	D
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.859	0.107	25.5	34.00%	16.6	e	0.0026	C
carbendazime	Fongicide	230	8.0	22	TS	0.211	0.058	23.5	31.33%	0.019	c	0.03	D
clomazone	Herbicide	300	1100.0	24	stable	0.097	0.109	21	28.00%	2.9	e	0.043	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0.7	30	stable	0.519	0.112	19	25.33%	0.018	c	0.03	D
cyprodinyl	Fongicide	1745	13.0	25	TS	0.407	0.071	17	22.67%	0.1	d	0.03	D
cypermethrine	Insecticide	160000	0.2	30	stable	0.046	0.076	15	20.00%	0.0003	a	0.05	D
alphamethrine	Insecticide	16344	0.0	91	stable	0.015	0.076	15	20.00%	0.0003	a	0.015	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7.0	117	stable	0.081	0.182	15	20.00%	0.005	b	0.005	C
procymidone	Fongicide	1905	4.0	50	inst	0.297	0.114	9	12.00%	1.8	e	0.025	D
tau fluvalinate	Insecticide	110000	0.0	14	inst	0.047	0.122	3	4.00%	0.0009	a	0.01	D
bromoxynil (octanoate)	Herbicide		0.2			0.250	0.013			0.029	c		
ioxynil octanoate	Herbicide		0.0	6.7		0.150	0.013			0.011	c	0.05	D
mesosulfuron methyl	Herbicide	92	483.0	73						0.00062	a	1	
metaldehyde	Molluscide	240	200.0	10		0.025	0.084			73	e	0.025	D
prothioconazole	Fongicide		300.0			0.140	0.013			1.1	e	0.05	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1.9		stable	0.067	0.098					0.03	D

-  Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux souterraines

Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 3 Seine-Normandie en 2030

Substance	Activité biologique	Données complètes	Classe 1		Classe 4		Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	CL50 min. ( mg/l )	Classe CL50	DJA ( mg/kg/j )	Classe DJA
			Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée								
glyphosate	Herbicide	Oui	18269	10500	25	TS	0,072	0,168	19	25.33%	1,2	e	0,3	E		

-  Valeur traduisant des conditions défavorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Valeur traduisant des conditions intermédiaires vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Valeur traduisant des conditions favorables vis à vis du seuil de tolérance admis par SIRIS pour les eaux souterraines
-  Modalité supplémentaire pour les classes d'écotoxicité traduisant des conditions entre intermédiaires et défavorables pour les eaux souterraines

### Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 1A Adour-Garonne en 2006

Substance	Activité biologique	Classe 4	Classe 2	Classe 3		Classe 1		Rang	Rang nominal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
dimethachlore	Herbicide	81	2300.0	16	TS	0.652	0.089	48	63.16%	0.053	c	0.11	E
glyphosate	Herbicide	18269	10500.0	25	TS	1.002	0.017	40	52.63%	1.2	e	0.3	E
trifluraline	Herbicide	8000	0.2	221	TS	1.112	0.195	39	51.32%	0.008	b	0.0024	C
quinmerac	Herbicide	600	223.0	65	TS	0.187	0.057	39	51.32%	5	e	0.08	D
acetochlore	Herbicide	202	223.0	16	stable	1.68	0.000	38.5	50.66%	0.0013	b	0.02	D
iodosulfuron	Herbicide	50	25000.0	8	TS	0.005	0.053	37.5	49.34%	0.07	c	0.03	D
isoproturon	Herbicide	124	70.2	22	TS	1.091	0.031	36.5	48.03%	0.013	c	0.006	C
metazachlore	Herbicide	80	715.0	23	inst	0.793	0.072	36	47.37%	1.6	e	0.036	D
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.73	0.119	33.5	44.08%	16.6	e	0.0026	C
prosulfuron	Herbicide	17	4000.0	30	TS	0.005	0.000	32	42.11%	0.011	c	0.02	D
carbofuran	Insecticide, Nematocide	22	320.0	50	TS	0.445	0.009	32	42.11%	0.015	c	0.002	C
aciflufen	Herbicide	5400	2.0	118	TS	1.455	0.029	30	39.47%	0.0067	b	0.02	D
clomazone	Herbicide	300	1100.0	24	stable	0.098	0.099	29	38.16%	2.9	e	0.043	D
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.061	0.062	28	36.84%	1	e	0.002	C
flusilazole	Fongicide	1660	54.0	95	TS	0.201	0.117	28	36.84%	1.2	e	0.002	C
prochloraz	Fongicide	500	34.0	120	stable	0.382	0.040	27	35.53%	0.026	c	0.01	D
flurochloridone	Herbicide	811	28.0	56	stable	0.568	0.034	27	35.53%	0.0064	b	0.05	D
dicamba (sel de sodium)	Herbicide	2	360000.0	14	stable	0.217	0.000	22	28.95%	107	e	0.02	D
cyproconazole	Fongicide	364	140.0	60	TS	0.065	0.035	21.5	28.29%	0.077	c	0.01	D
flurtamone	Herbicide	320	10.6	55	TS	0.31	0.010	21.5	28.29%	0.02	c	0.03	D
pendimethaline	Herbicide	14100	0.3	90	TS	0.784	0.010	21	27.63%	0.0067	b	0.05	D
diflufenican	Herbicide	1990	0.1	150	TS	0.07	0.040	21	27.63%	10	e	0.25	E
carbendazime	Fongicide	230	8.0	22	TS	0.182	0.144	20	26.32%	0.019	c	0.03	D
mesotrione	Herbicide	209	15000.0	5	TS	0.06	0.000	19.5	25.66%	4.5	e	0.005	C
epoxiconazole	Fongicide	1200	7.0	117	stable	0.095	0.092	17.5	23.03%	0.005	b	0.005	C
cyperméthrine	Insecticide	160000	0.2	30	stable	0.04	0.104	17.5	23.03%	0.0003	a	0.05	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0.7	30	stable	0.593	0.030	17.5	23.03%	0.018	c	0.03	D
deltaméthrine	Insecticide	460000	0.0	32	stable	0.008	0.062	17.5	23.03%	0.0004	a	0.01	D
alphaméthrine	Insecticide	16344	0.0	91	stable	0.016	0.069	17.5	23.03%	0.0003	a	0.015	D
lambda cyhalothrine	Insecticide	180000	0.0	30	stable	0.01	0.102	17.5	23.03%	0.0002	a	0.05	D
nicosulfuron	Herbicide	25	59.0	14	stable	0.024	0.000	15.5	20.39%	65.7	e	0.4	E
cyprodinyl	Fongicide	1745	13.0	25	TS	0.377	0.018	15	19.74%	0.1	d	0.03	D
ioxynil	Herbicide	263	50.0	7	TS	0.198	0.017	13.5	17.76%	0.043	c	0.005	C
cycloxydime	Herbicide	525	40.0	0.5	TS	0.115	0.037	13.5	17.76%	32	e	0.07	D
metasulfuron methyle	Herbicide	23	2.8	52	stable	0.004	0.018	13	17.11%	0.01	c	0.22	E
fenpropimorphe	Fongicide	2772	4.3	67	TS	0.209	0.032	12	15.79%	2.21	e	0.003	C
isoxaben	Herbicide	608	0.8	105	stable	0.066	0.032	11	14.47%	1	e	0.05	D
azoxystrobine	Fongicide	423	6.7	18	TS	0.125	0.016	11	14.47%	0.13	d	0.1	E
bromoxynil phenol	Herbicide	282	90.0	5.6	stable	0.127	0.000	9.5	12.50%	0.033	c	0.01	D
picoxystrobine	Fongicide	898	3.1	19.8	stable	0.136	0.017	7.5	9.87%	0.018	c	0.043	D
fenoxaprop p ethyl	Herbicide	9490	1.3	9	stable	0.05	0.016	6	7.89%	0.46	d	0.01	D
kypyr (ester 1 methylheptyl)	Herbicide	34	0.1	10	inst	0.088	0.014	5	6.58%	0.72	d	0.8	E
kresoxim methyl	Fongicide	307	2.0	1	stable	0.085	0.023	4	5.26%	0.024	c	0.4	E
isoxaflutole	Herbicide	123	6.2	1	inst	0.054	0.000	0.5	0.66%	0.33	d	0.02	D
bromoxynil (octanoate)	Herbicide		0.2			0.104	0.022			0.029	c		
ioxynil octanoate	Herbicide		0.0	6.7		0.086	0.026			0.011	c	0.05	D
mesosulfuron methyl	Herbicide	92	483.0	73						0.00062	a	1	
metaldéhyde	Molluscicide	240	200.0	10		0.22	0.073			73	e	0.025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1.9		stable	0.087	0.036					0.03	D

Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 1A Adour-Garonne en 2030

Substance	Activité biologique	Classe 4	Classe 2	Classe 3		Classe 1		Rang	Rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
glyphosate	Herbicide	18269	10500	25	TS	1,108	0,051	49,5	65.13%	1,2	e	0,3	E
trifluraline	Herbicide	8000	0,221	221	TS	1,127	0,319	48	63.16%	0,008	b	0,0024	C
dimethachlore	Herbicide	61	2300	16	TS	0,652	0,179	48	63.16%	0,053	c	0,11	E
acetochlore	Herbicide	202	223	16	stable	1,66	0,094	48	63.16%	0,0013	b	0,02	D
isoproturon	Herbicide	124	70,2	22	TS	1,091	0,052	46	60.53%	0,013	c	0,006	C
carbofuran	Insecticide, Nématocide	22	320	50	TS	0,475	0,068	43	56.58%	0,015	c	0,002	C
prosulfuron	Herbicide	17	4000	30	TS	0,005	0,051	43	56.58%	0,011	c	0,02	D
napropamide	Herbicide	700	7,4	70	TS	0,73	0,239	43	56.58%	16,6	e	0,0026	C
quinmerac	Herbicide	600	223	65	TS	0,187	0,115	39	51.32%	5	e	0,08	D
flusilazole	Fongicide	1660	54	95	TS	0,201	0,234	37,5	49.34%	1,2	e	0,002	C
iodosulfuron	Herbicide	50	25000	8	TS	0,005	0,089	37,5	49.34%	0,07	c	0,03	D
metazachlore	Herbicide	60	715	23	inst	0,793	0,145	36	47.37%	1,6	e	0,036	D
da (sel de sodium)	Herbicide	2	360000	14	stable	0,217	0,065	32	42.11%	107	e	0,02	D
cyproconazole	Fongicide	364	140	60	TS	0,065	0,059	31,5	41.45%	0,077	c	0,01	D
carbendazime	Fongicide	230	8	22	TS	0,182	0,289	29	38.16%	0,019	c	0,03	D
mesotrione	Herbicide	209	15000	5	TS	0,06	0,148	29	38.16%	4,5	e	0,005	C
clomazone	Herbicide	300	1100	24	stable	0,098	0,199	29	38.16%	2,9	e	0,043	D
metconazole	Fongicide	1260	30,4	283	TS	0,061	0,125	28	36.84%	1	e	0,002	C
prochloraze	Fongicide	500	34	120	stable	0,382	0,067	27	35.53%	0,026	c	0,01	D
cypermethrine	Insecticide	160000	0,199	30	stable	0,041	0,201	26	34.21%	0,0003	a	0,05	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0,67	30	stable	0,593	0,050	26	34.21%	0,018	c	0,03	D
mbda cyhalothrine	Insecticide	180000	0,005	30	stable	0,011	0,253	26	34.21%	0,0002	a	0,05	D
nicosulfuron	Herbicide	25	59	14	stable	0,024	0,154	25	32.89%	65,7	e	0,4	E
cycloxydime	Herbicide	525	40	0,5	TS	0,115	0,075	22,5	29.61%	32	e	0,07	D
fenpropimorphe	Fongicide	2772	4,3	67	TS	0,209	0,054	21	27.63%	2,21	e	0,003	C
diflufenican	Herbicide	1990	0,05	150	TS	0,07	0,067	21	27.63%	10	e	0,25	E
aclonifen	Herbicide	5400	1,95	118	TS	0,362	0,043	21	27.63%	0,0067	b	0,02	D
isoxaben	Herbicide	608	0,8	105	stable	0,066	0,065	20	26.32%	1	e	0,05	D
bromoxynil phenol	Herbicide	282	90	5,6	stable	0,127	0,060	18	23.68%	0,033	c	0,01	D
alphamethrine	Insecticide	16344	0,00397	91	stable	0,016	0,140	17,5	23.03%	0,0003	a	0,015	D
deltamethrine	Insecticide	460000	0,002	32	stable	0,008	0,125	17,5	23.03%	0,0004	a	0,01	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7	117	stable	0,095	0,154	17,5	23.03%	0,005	b	0,005	C
cyprodinyl	Fongicide	1745	13	25	TS	0,377	0,030	15	19.74%	0,1	d	0,03	D
ioxynil	Herbicide	263	50	7	TS	0,198	0,028	13,5	17.76%	0,043	c	0,005	C
etsulfuron methyle	Herbicide	23	2,79	52	stable	0,004	0,030	13	17.11%	0,01	c	0,22	E
azoxystrobine	Fongicide	423	6,7	18	TS	0,125	0,026	11	14.47%	0,13	d	0,1	E
isoxaflutole	Herbicide	123	6,2	1	inst	0,054	0,043	8	10.53%	0,33	d	0,02	D
picoxystrobine	Fongicide	898	3,1	19,8	stable	0,136	0,028	7,5	9.87%	0,018	c	0,043	D
fenoxaprop p ethyl	Herbicide	9490	1,3	9	stable	0,05	0,026	6	7.89%	0,46	d	0,01	D
ter 1 methylheptyl)	Herbicide	34	0,109	10	inst	0,088	0,024	5	6.58%	0,72	d	0,8	E
kresoxim methyl	Fongicide	307	2	1	stable	0,085	0,039	4	5.26%	0,024	c	0,4	E
ioxynil (octanoate)	Herbicide		0,17			0,104	0,037			0,029	c		
ioxynil octanoate	Herbicide		0,03	6,7		0,086	0,043			0,011	c	0,05	D
psosulfuron methyl	Herbicide	92	483	73						0,00062	a	1	
metaldéhyde	Molluscide	240	200	10		0,228	0,110			73	e	0,025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1,9		stable	0,087	0,061					0,03	D

Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 1A Adour-Garonne en 2006

Substance	Activité biologique	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
dimethachlore	Herbicide	81	2300	16	TS	0,652	0,089	44	58.67%	0,053	c	0,11	E
prosulfuron	Herbicide	17	4000	30	TS	0,005	0,000	39,5	52.67%	0,011	c	0,02	D
carbofuran	Insecticide - Nématocide	22	320	50	TS	0,445	0,009	39,5	52.67%	0,015	c	0,002	C
iodosulfuron	Herbicide	50	25000	8	TS	0,005	0,053	38	50.67%	0,07	c	0,03	D
trifluraline	Herbicide	8000	0,221	221	TS	1,112	0,195	37	49.33%	0,008	b	0,0024	C
prochlorazé	Fongicide	500	34	120	stable	0,382	0,040	33	44.00%	0,026	c	0,01	D
isoproturon	Herbicide	124	70,2	22	TS	1,091	0,031	31	41.33%	0,013	c	0,006	C
metconazole	Fongicide	1260	30,4	283	TS	0,061	0,062	30	40.00%	1	e	0,002	C
cyproconazole	Fongicide	364	140	60	TS	0,065	0,035	27,5	36.67%	0,077	c	0,01	D
flurtamone	Herbicide	320	10,6	55	TS	0,31	0,010	27,5	36.67%	0,02	c	0,03	D
diflufenican	Herbicide	1990	0,05	150	TS	0,07	0,040	27	36.00%	10	e	0,25	E
metazachlore	Herbicide	60	715	23	inst	0,793	0,072	27	36.00%	1,6	e	0,036	D
metsulfuron méthyle	Herbicide	23	2,79	52	stable	0,004	0,018	27	36.00%	0,01	c	0,22	E
acetochlore	Herbicide	202	223	16	stable	1,66	0,000	26	34.67%	0,0013	b	0,02	D
quinmerac	Herbicide	600	223	65	TS	0,187	0,057	26	34.67%	5	e	0,08	D
aclonifen	Herbicide	5400	1,95	118	TS	1,455	0,029	25,5	34.00%	0,0067	b	0,02	D
napropamide	Herbicide	700	7,4	70	TS	0,73	0,119	25,5	34.00%	16,6	e	0,0026	C
camba (sel de sodium)	Herbicide	2	360000	14	stable	0,217	0,000	24,5	32.67%	107	e	0,02	D
glyphosate	Herbicide	18269	10500	25	TS	1,002	0,017	24	32.00%	1,2	e	0,3	E
carbendazime	Fongicide	230	8	22	TS	0,182	0,144	23,5	31.33%	0,019	c	0,03	D
flusilazole	Fongicide	1660	54	95	TS	0,201	0,117	23,5	31.33%	1,2	e	0,002	C
mesotrione	Herbicide	209	15000	5	TS	0,06	0,000	23	30.67%	4,5	e	0,005	C
nicosulfuron	Herbicide	25	59	14	stable	0,024	0,000	22,5	30.00%	65,7	e	0,4	E
pendimethaline	Herbicide	14100	0,33	90	TS	0,784	0,010	21	28.00%	0,0067	b	0,05	D
ioxynil	Herbicide	263	50	7	TS	0,198	0,017	21	28.00%	0,043	c	0,005	C
clomazone	Herbicide	300	1100	24	stable	0,098	0,099	21	28.00%	2,9	e	0,043	D
azoxystrobine	Fongicide	423	6,7	18	TS	0,125	0,016	19	25.33%	0,13	d	0,1	E
flurochloridone	Herbicide	811	28	56	stable	0,568	0,034	17	22.67%	0,0064	b	0,05	D
fenpropimorphe	Fongicide	2772	4,3	67	TS	0,209	0,032	16,5	22.00%	2,21	e	0,003	C
lambda cyhalothrine	Insecticide	180000	0,005	30	stable	0,01	0,102	15	20.00%	0,0002	a	0,05	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7	117	stable	0,095	0,092	15	20.00%	0,005	b	0,005	C
alphaméthrine	Insecticide	16344	0,00397	91	stable	0,016	0,069	15	20.00%	0,0003	a	0,015	D
deltaméthrine	Insecticide	460000	0,002	32	stable	0,008	0,062	15	20.00%	0,0004	a	0,01	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0,67	30	stable	0,593	0,030	15	20.00%	0,018	c	0,03	D
cyperméthrine	Insecticide	160000	0,199	30	stable	0,04	0,104	15	20.00%	0,0003	a	0,05	D
bromoxynil phenol	Herbicide	282	90	5,6	stable	0,127	0,000	14,5	19.33%	0,033	c	0,01	D
r (ester 1 méthylheptyl)	Herbicide	34	0,109	10	inst	0,088	0,014	14	18.67%	0,72	d	0,8	E
kresoxim méthyl	Fongicide	307	2	1	stable	0,085	0,023	13	17.33%	0,024	c	0,4	E
cyprodinyl	Fongicide	1745	13	25	TS	0,377	0,018	12,5	16.67%	0,1	d	0,03	D
cycloxydime	Herbicide	525	40	0,5	TS	0,115	0,037	12,5	16.67%	32	e	0,07	D
isoxaben	Herbicide	608	0,8	105	stable	0,066	0,032	11	14.67%	1	e	0,05	D
isoxaflutole	Herbicide	123	6,2	1	inst	0,054	0,000	7	9.33%	0,33	d	0,02	D
picoxystrobine	Fongicide	898	3,1	19,8	stable	0,136	0,017	5,5	7.33%	0,018	c	0,043	D
fenoxaprop p ethyl	Herbicide	9490	1,3	9	stable	0,05	0,016	5,5	7.33%	0,46	d	0,01	D
bromoxynil (octanoate)	Herbicide		0,17			0,104	0,022			0,029	c		
ioxynil octanoate	Herbicide		0,03	6,7		0,086	0,026			0,011	c	0,05	D
mesosulfuron méthyl	Herbicide	92	483	73						0,00062	a	1	
metaldehyde	Molluscide	240	200	10		0,22	0,073			73	e	0,025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1,9		stable	0,087	0,036					0,03	D

Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 1A Adour-Garonne en 2030

Substance	Activité biologique	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	CL50 min. ( mg/l )	Classe CL50	DJA ( mg/kg/j )	Classe DJA
		Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
prosulfuron	Herbicide	17	4000	30	TS	0,005	0,051	46	61.33%	0,011	c	0,02	D
carbofuran	Insecticide - Nématocide	22	320	50	TS	0,475	0,068	46	61.33%	0,015	c	0,002	C
diméthachlore	Herbicide	61	2300	16	TS	0,652	0,179	44	58.67%	0,053	c	0,11	E
trifluraline	Herbicide	8000	0,221	221	TS	1,127	0,319	42	56.00%	0,008	b	0,0024	C
iodosulfuron	Herbicide	50	25000	8	TS	0,005	0,089	38	50.67%	0,07	c	0,03	D
isoproturon	Herbicide	124	70,2	22	TS	1,091	0,052	36	48.00%	0,013	c	0,006	C
prochlorazé	Fongicide	500	34	120	stable	0,382	0,067	33	44.00%	0,026	c	0,01	D
cyproconazole	Fongicide	364	140	60	TS	0,065	0,059	33	44.00%	0,077	c	0,01	D
acetochlore	Herbicide	202	223	16	stable	1,66	0,094	31	41.33%	0,0013	b	0,02	D
da (sel de sodium)	Herbicide	2	360000	14	stable	0,217	0,065	30	40.00%	107	e	0,02	D
napropamide	Herbicide	700	7,4	70	TS	0,73	0,239	30	40.00%	16,6	e	0,0026	C
metconazole	Fongicide	1260	30,4	283	TS	0,061	0,125	30	40.00%	1	e	0,002	C
glyphosate	Herbicide	18269	10500	25	TS	1,103	0,051	29	38.67%	1,2	e	0,3	E
mesotrione	Herbicide	209	15000	5	TS	0,06	0,148	28,5	38.00%	4,5	e	0,005	C
flusilazole	Fongicide	1660	54	95	TS	0,201	0,234	28,5	38.00%	1,2	e	0,002	C
carbendazime	Fongicide	230	8	22	TS	0,182	0,289	28	37.33%	0,019	c	0,03	D
nicosulfuron	Herbicide	25	59	14	stable	0,024	0,154	27,5	36.67%	65,7	e	0,4	E
diflufenican	Herbicide	1990	0,05	150	TS	0,07	0,067	27	36.00%	10	e	0,25	E
etsulfuron méthyle	Herbicide	23	2,79	52	stable	0,004	0,030	27	36.00%	0,01	c	0,22	E
metazachlore	Herbicide	60	715	23	inst	0,793	0,145	27	36.00%	1,6	e	0,036	D
quinmerac	Herbicide	600	223	65	TS	0,187	0,115	26	34.67%	5	e	0,08	D
clomazone	Herbicide	300	1100	24	stable	0,098	0,199	21	28.00%	2,9	e	0,043	D
aclonifen	Herbicide	5400	1,95	118	TS	0,362	0,043	21	28.00%	0,0067	b	0,02	D
ioxynil	Herbicide	263	50	7	TS	0,198	0,028	21	28.00%	0,043	c	0,005	C
fenpropimorphe	Fongicide	2772	4,3	67	TS	0,209	0,054	21	28.00%	2,21	e	0,003	C
mbda cyhalothrine	Insecticide	180000	0,005	30	stable	0,011	0,253	19	25.33%	0,0002	a	0,05	D
azoxystrobine	Fongicide	423	6,7	18	TS	0,125	0,026	19	25.33%	0,13	d	0,1	E
bromoxynil phenol	Herbicide	282	90	5,6	stable	0,127	0,060	19	25.33%	0,033	c	0,01	D
cyperméthrine	Insecticide	160000	0,199	30	stable	0,041	0,201	19	25.33%	0,0003	a	0,05	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0,67	30	stable	0,593	0,050	19	25.33%	0,018	c	0,03	D
cycloxydime	Herbicide	525	40	0,5	TS	0,115	0,075	17	22.67%	32	e	0,07	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7	117	stable	0,095	0,154	15	20.00%	0,005	b	0,005	C
alphaméthrine	Insecticide	16344	0,00397	91	stable	0,016	0,140	15	20.00%	0,0003	a	0,015	D
deltaméthrine	Insecticide	460000	0,002	32	stable	0,008	0,125	15	20.00%	0,0004	a	0,01	D
isoxaben	Herbicide	608	0,8	105	stable	0,066	0,065	15	20.00%	1	e	0,05	D
ter 1 méthylheptyl)	Herbicide	34	0,109	10	inst	0,088	0,024	14	18.67%	0,72	d	0,8	E
kresoxim méthyl	Fongicide	307	2	1	stable	0,085	0,039	13	17.33%	0,024	c	0,4	E
cyprodinyl	Fongicide	1745	13	25	TS	0,377	0,030	12,5	16.67%	0,1	d	0,03	D
isoxaflutole	Herbicide	123	6,2	1	inst	0,054	0,043	10,5	14.00%	0,33	d	0,02	D
picoxystrobine	Fongicide	898	3,1	19,8	stable	0,136	0,028	5,5	7.33%	0,018	c	0,043	D
fenoxaprop p ethyl	Herbicide	9490	1,3	9	stable	0,05	0,026	5,5	7.33%	0,46	d	0,01	D
ioxynil (octanoate)	Herbicide		0,17			0,104	0,037			0,029	c		
ioxynil octanoate	Herbicide		0,03	6,7		0,086	0,043			0,011	c	0,05	D
psosulfuron méthyl	Herbicide	92	483	73						0,00062	a	1	
metaldehyde	Molluscide	240	200	10		0,228	0,109643617			73	e	0,025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1,9		stable	0,087	0,060841409					0,03	D



Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 1B Adour-Garonne en 2006

Substance	Activité biologique	Classe 4	Classe 2	Classe 3		Classe 1		Rang	Rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
dimethachlore	Herbicide	61	2300.0	16	TS	0,652	0,109	48	63.16%	0,053	c	0,11	E
trifluraline	Herbicide	8000	0,2	221	TS	1,112	0,237	48	63.16%	0,008	b	0,0024	C
glyphosate	Herbicide	18269	10500.0	25	TS	1,002	0,021	40	52.63%	1,2	e	0,3	E
quinmerac	Herbicide	600	223.0	65	TS	0,187	0,069	39	51.32%	5	e	0,08	D
acetochlore	Herbicide	202	223.0	16	stable	1,66	0,000	38,5	50.66%	0,0013	b	0,02	D
iodosulfuron	Herbicide	50	25000.0	8	TS	0,005	0,065	37,5	49.34%	0,07	c	0,03	D
isoproturon	Herbicide	124	70.2	22	TS	1,091	0,038	36,5	48.03%	0,013	c	0,006	C
flurochloridone	Herbicide	811	28.0	56	stable	0,568	0,042	36,5	48.03%	0,0064	b	0,05	D
metazachlore	Herbicide	60	715.0	23	inst	0,793	0,087	36	47.37%	1,6	e	0,036	D
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0,73	0,145	33,5	44.08%	16,6	e	0,0026	C
prosulfuron	Herbicide	17	4000.0	30	TS	0,005	0,000	32	42.11%	0,011	c	0,02	D
carbofuran	Insecticide - Nematocide	22	320.0	50	TS	0,445	0,011	32	42.11%	0,015	c	0,002	C
cyproconazole	Fongicide	364	140.0	60	TS	0,065	0,043	31,5	41.45%	0,077	c	0,01	D
aclonifen	Herbicide	5400	2.0	118	TS	1,455	0,035	30	39.47%	0,0067	b	0,02	D
clomazone	Herbicide	300	1100.0	24	stable	0,098	0,121	29	38.16%	2,9	e	0,043	D
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0,061	0,075	28	36.84%	1	e	0,002	C
flusilazole	Fongicide	1660	54.0	95	TS	0,201	0,142	28	36.84%	1,2	e	0,002	C
prochloraze	Fongicide	500	34.0	120	stable	0,382	0,049	27	35.53%	0,026	c	0,01	D
cycloxydime	Herbicide	525	40.0	0,5	TS	0,115	0,045	22,5	29.61%	32	e	0,07	D
dicamba (sel de sodium)	Herbicide	2	360000.0	14	stable	0,217	0,000	22	28.95%	107	e	0,02	D
flurtamone	Herbicide	320	10.6	55	TS	0,31	0,012	21,5	28.29%	0,02	c	0,03	D
diflufenican	Herbicide	1990	0,1	150	TS	0,07	0,049	21	27.63%	10	e	0,25	E
pendimethaline	Herbicide	14100	0,3	90	TS	0,784	0,012	21	27.63%	0,0067	b	0,05	D
carbendazime	Fongicide	230	8.0	22	TS	0,182	0,175	20	26.32%	0,019	c	0,03	D
mesotrione	Herbicide	209	15000.0	5	TS	0,06	0,000	19,5	25.66%	4,5	e	0,005	C
deltamethrine	Insecticide	460000	0.0	32	stable	0,008	0,075	17,5	23.03%	0,0004	a	0,01	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7.0	117	stable	0,095	0,112	17,5	23.03%	0,005	b	0,005	C
chlorothalonil	Fongicide	1380	0,7	30	stable	0,593	0,036	17,5	23.03%	0,018	c	0,03	D
lambda cyhalothrine	Insecticide	180000	0.0	30	stable	0,01	0,124	17,5	23.03%	0,0002	a	0,05	D
alphamethrine	Insecticide	16344	0.0	91	stable	0,016	0,084	17,5	23.03%	0,0003	a	0,015	D
cypermethrine	Insecticide	160000	0.2	30	stable	0,04	0,126	17,5	23.03%	0,0003	a	0,05	D
nicosulfuron	Herbicide	25	59.0	14	stable	0,024	0,000	15,5	20.39%	65,7	e	0,4	E
cyprodinyl	Fongicide	1745	13.0	25	TS	0,377	0,022	15	19.74%	0,1	d	0,03	D
ioxynil	Herbicide	263	50.0	7	TS	0,198	0,020	13,5	17.76%	0,043	c	0,005	C
metsulfuron methyle	Herbicide	23	2.8	52	stable	0,004	0,022	13	17.11%	0,01	c	0,22	E
fenpropimorphe	Fongicide	2772	4.3	67	TS	0,209	0,039	12	15.79%	2,21	e	0,003	C
azoxystrobine	Fongicide	423	6.7	18	TS	0,125	0,019	11	14.47%	0,13	d	0,1	E
isoxaben	Herbicide	608	0,8	105	stable	0,066	0,039	11	14.47%	1	e	0,05	D
bromoxynil phenol	Herbicide	282	90.0	5,6	stable	0,127	0,000	9,5	12.50%	0,033	c	0,01	D
picoxystrobine	Fongicide	898	3.1	19,8	stable	0,136	0,020	7,5	9.87%	0,018	c	0,043	D
fenoxaprop p ethyl	Herbicide	9490	1.3	9	stable	0,05	0,019	6	7.89%	0,46	d	0,01	D
uroxypyr (ester 1 methylheptyl)	Herbicide	34	0,1	10	inst	0,088	0,017	5	6.58%	0,72	d	0,8	E
kresoxim methyl	Fongicide	307	2.0	1	stable	0,085	0,028	4	5.26%	0,024	c	0,4	E
isoxaflutole	Herbicide	123	6.2	1	inst	0,054	0,000	0,5	0.66%	0,33	d	0,02	D
bromoxynil (octanoate)	Herbicide		0,2			0,104	0,027			0,029	c		
ioxynil octanoate	Herbicide		0.0	6,7		0,086	0,031			0,011	c	0,05	D
mesosulfuron methyl	Herbicide	92	483.0	73						0,0062	a	1	
metaldehyde	Molluscide	240	200.0	10		0,22	0,088			73	e	0,025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1.9		stable	0,087	0,044					0,03	

Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 1B Adour-Garonne en 2030

Substance	Activité biologique	Classe 4	Classe 2	Classe 3		Classe 1		Rang	Rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
glyphosate	Herbicide	18269	10500	25	TS	1.014	0.116	49.5	65.13%	1.2	e	0.3	E
diméthachlore	Herbicide	61	2300	16	TS	0.652	0.185	48	63.16%	0.053	c	0.11	E
trifluraline	Herbicide	8000	0.221	221	TS	1.095	0.550	48	63.16%	0.008	b	0.0024	C
flurochloridone	Herbicide	811	28	56	stable	0.568	0.209	46	60.53%	0.0064	b	0.05	D
carbofuran	Insecticide, Nématocide	22	320	50	TS	0.453	0.072	43	56.58%	0.015	c	0.002	C
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.73	0.247	43	56.58%	16.6	e	0.0026	C
quinmerac	Herbicide	600	223	65	TS	0.187	0.118	39	51.32%	5	e	0.08	D
aclonifen	Herbicide	5400	1.95	118	TS	1.391	0.188	39	51.32%	0.0067	b	0.02	D
clomazone	Herbicide	300	1100	24	stable	0.098	0.205	38.5	50.66%	2.9	e	0.043	D
acetochlore	Herbicide	202	223	16	stable	1.66	0.025	38.5	50.66%	0.0013	b	0.02	D
flusilazole	Fongicide	1660	54	95	TS	0.201	0.241	37.5	49.34%	1.2	e	0.002	C
metazachlore	Herbicide	60	715	23	inst	0.793	0.149	36	47.37%	1.6	e	0.036	D
prosulfuron	Herbicide	17	4000	30	TS	0.005	0.014	32	42.11%	0.011	c	0.02	D
flurtamone	Herbicide	320	10.6	55	TS	0.31	0.061	31.5	41.45%	0.02	c	0.03	D
pendiméthaline	Herbicide	14100	0.33	90	TS	0.784	0.061	30	39.47%	0.0067	b	0.05	D
carbendazime	Fongicide	230	8	22	TS	0.182	0.298	29	38.16%	0.019	c	0.03	D
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.061	0.128	28	36.84%	1	e	0.002	C
lambda cyhalothrine	Insecticide	180000	0.005	30	stable	0.01	0.224	26	34.21%	0.0002	a	0.05	D
nicosulfuron	Herbicide	25	59	14	stable	0.024	0.041	25	32.89%	65.7	e	0.4	E
cycloxydime	Herbicide	525	40	0.5	TS	0.115	0.077	22.5	29.61%	32	e	0.07	D
dicamba (sel de sodium)	Herbicide	2	360000	14	stable	0.217	0.018	22	28.95%	107	e	0.02	D
isoxaben	Herbicide	608	0.8	105	stable	0.066	0.067	20	26.32%	1	e	0.05	D
mesotrione	Herbicide	209	15000	5	TS	0.06	0.040	19.5	25.66%	4.5	e	0.005	C
alphaméthrine	Insecticide	16344	0.00397	91	stable	0.016	0.144	17.5	23.03%	0.0003	a	0.015	D
cyperméthrine	Insecticide	160000	0.199	30	stable	0.044	0.169	17.5	23.03%	0.0003	a	0.05	D
deltaméthrine	Insecticide	460000	0.002	32	stable	0.008	0.128	17.5	23.03%	0.0004	a	0.01	D
bromoxynil phenol	Herbicide	282	90	5.6	stable	0.127	0.016	9.5	12.50%	0.033	c	0.01	D
isoxaflutole	Herbicide	123	6.2	1	inst	0.054	0.012	0.5	0.66%	0.33	d	0.02	D
metaldehyde	Molluscide	240	200	10		0.209	0.224			73	e	0.025	D

### Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 1B Adour-Garonne en 2006

Substance	Activité biologique	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
dimethachlore	Herbicide	61	2300	16	TS	0.652	0.109	44	58.67%	0.053	c	0.11	E
trifluraline	Herbicide	8000	0.221	221	TS	1.112	0.237	42	56.00%	0.008	b	0.0024	C
prosulfuron	Herbicide	17	4000	30	TS	0.005	0.000	39.5	52.67%	0.011	c	0.02	D
carbofuran	Insecticide / Nématoïde	22	320	50	TS	0.445	0.011	39.5	52.67%	0.015	c	0.002	C
iodosulfuron	Herbicide	50	25000	8	TS	0.005	0.065	38	50.67%	0.07	c	0.03	D
prochloraze	Fongicide	500	34	120	stable	0.382	0.049	33	44.00%	0.026	c	0.01	D
cyproconazole	Fongicide	364	140	60	TS	0.065	0.043	33	44.00%	0.077	c	0.01	D
isoproturon	Herbicide	124	70.2	22	TS	1.091	0.038	31	41.33%	0.013	c	0.006	C
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.061	0.075	30	40.00%	1	e	0.002	C
flurtamone	Herbicide	320	10.6	55	TS	0.31	0.012	27.5	36.67%	0.02	c	0.03	D
metsulfuron methyle	Herbicide	23	2.79	52	stable	0.004	0.022	27	36.00%	0.01	c	0.22	E
diflufenican	Herbicide	1990	0.05	150	TS	0.07	0.049	27	36.00%	10	e	0.25	E
metazachlore	Herbicide	60	715	23	inst	0.793	0.087	27	36.00%	1.6	e	0.036	D
acetochlore	Herbicide	202	223	16	stable	1.66	0.000	26	34.67%	0.0013	b	0.02	D
quinmerac	Herbicide	600	223	65	TS	0.187	0.069	26	34.67%	5	e	0.08	D
aclonifen	Herbicide	5400	1.95	118	TS	1.455	0.035	25.5	34.00%	0.0067	b	0.02	D
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.73	0.145	25.5	34.00%	16.6	e	0.0026	C
dicamba (sel de sodium)	Herbicide	2	360000	14	stable	0.217	0.000	24.5	32.67%	107	e	0.02	D
glyphosate	Herbicide	18269	10500	25	TS	1.002	0.021	24	32.00%	1.2	e	0.3	E
flusilazole	Fongicide	1660	54	95	TS	0.201	0.142	23.5	31.33%	1.2	e	0.002	C
carbendazime	Fongicide	230	8	22	TS	0.182	0.175	23.5	31.33%	0.019	c	0.03	D
mesotrione	Herbicide	209	15000	5	TS	0.06	0.000	23	30.67%	4.5	e	0.005	C
nicosulfuron	Herbicide	25	59	14	stable	0.024	0.000	22.5	30.00%	65.7	e	0.4	E
flurochloridone	Herbicide	811	28	56	stable	0.568	0.042	21.5	28.67%	0.0064	b	0.05	D
ioxynil	Herbicide	263	50	7	TS	0.198	0.020	21	28.00%	0.043	c	0.005	C
pendimethaline	Herbicide	14100	0.33	90	TS	0.784	0.012	21	28.00%	0.0067	b	0.05	D
clomazone	Herbicide	300	1100	24	stable	0.098	0.121	21	28.00%	2.9	e	0.043	D
azoxystrobine	Fongicide	423	6.7	18	TS	0.125	0.019	19	25.33%	0.13	d	0.1	E
cycloxydime	Herbicide	525	40	0.5	TS	0.115	0.045	17	22.67%	32	e	0.07	D
fenpropimorphe	Fongicide	2772	4.3	67	TS	0.209	0.039	16.5	22.00%	2.21	e	0.003	C
alphamethrine	Insecticide	16344	0.00397	91	stable	0.016	0.084	15	20.00%	0.0003	a	0.015	D
deltamethrine	Insecticide	460000	0.002	32	stable	0.008	0.075	15	20.00%	0.0004	a	0.01	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7	117	stable	0.095	0.112	15	20.00%	0.005	b	0.005	C
lambda cyhalothrine	Insecticide	180000	0.005	30	stable	0.01	0.124	15	20.00%	0.0002	a	0.05	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0.67	30	stable	0.593	0.036	15	20.00%	0.018	c	0.03	D
cypermethrine	Insecticide	160000	0.199	30	stable	0.04	0.126	15	20.00%	0.0003	a	0.05	D
bromoxynil phenol	Herbicide	282	90	5.6	stable	0.127	0.000	14.5	19.33%	0.033	c	0.01	D
pypr (ester 1 methylheptyl)	Herbicide	34	0.109	10	inst	0.088	0.017	14	18.67%	0.72	d	0.8	E
kresoxim methyl	Fongicide	307	2	1	stable	0.085	0.028	13	17.33%	0.024	c	0.4	E
cyprodinyl	Fongicide	1745	13	25	TS	0.377	0.022	12.5	16.67%	0.1	d	0.03	D
isoxaben	Herbicide	608	0.8	105	stable	0.066	0.039	11	14.67%	1	e	0.05	D
isoxaflutole	Herbicide	123	6.2	1	inst	0.054	0.000	7	9.33%	0.33	d	0.02	D
picoxystrobine	Fongicide	898	3.1	19.8	stable	0.136	0.020	5.5	7.33%	0.018	c	0.043	D
fenoxaprop p ethyl	Herbicide	9490	1.3	9	stable	0.05	0.019	5.5	7.33%	0.46	d	0.01	D
bromoxynil (octanoate)	Herbicide		0.17			0.104	0.027			0.029	c		
ioxynil octanoate	Herbicide		0.03	6.7		0.086	0.031			0.011	c	0.05	D
mesosulfuron methyl	Herbicide	92	483	73						0.00062	a	1	
metaldéhyde	Molluscide	240	200	10		0.22	0.088			73	e	0.025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1.9		stable	0.087	0.044					0.03	D

Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 1B Adour-Garonne en 2030

Substance	Activité biologique	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
carbofuran	Insecticide / Nématoicide	22	320	50	TS	0.453	0.072	46	61.33%	0.015	c	0.002	C
dimethachlore	Herbicide	61	2300	16	TS	0.652	0.185	44	58.67%	0.053	c	0.11	E
trifluraline	Herbicide	8000	0.221	221	TS	1.095	0.550	42	56.00%	0.008	b	0.0024	C
prosulfuron	Herbicide	17	4000	30	TS	0.005	0.014	39.5	52.67%	0.011	c	0.02	D
flurtamone	Herbicide	320	10.6	55	TS	0.31	0.061	33	44.00%	0.02	c	0.03	D
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.061	0.128	30	40.00%	1	e	0.002	C
aclonifen	Herbicide	5400	1.95	118	TS	1.391	0.188	30	40.00%	0.0067	b	0.02	D
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.73	0.247	30	40.00%	16.6	e	0.0026	C
glyphosate	Herbicide	18269	10500	25	TS	1.014	0.116	29	38.67%	1.2	e	0.3	E
flusilazole	Fongicide	1660	54	95	TS	0.201	0.241	28.5	38.00%	1.2	e	0.002	C
carbendazime	Fongicide	230	8	22	TS	0.182	0.298	28	37.33%	0.019	c	0.03	D
nicosulfuron	Herbicide	25	59	14	stable	0.024	0.041	27.5	36.67%	65.7	e	0.4	E
metazachlore	Herbicide	60	715	23	inst	0.793	0.149	27	36.00%	1.6	e	0.036	D
acetochlore	Herbicide	202	223	16	stable	1.66	0.025	26	34.67%	0.0013	b	0.02	D
quinmerac	Herbicide	600	223	65	TS	0.187	0.118	26	34.67%	5	e	0.08	D
clomazone	Herbicide	300	1100	24	stable	0.098	0.205	26	34.67%	2.9	e	0.043	D
flurochloridone	Herbicide	811	28	56	stable	0.568	0.209	26	34.67%	0.0064	b	0.05	D
pendimethaline	Herbicide	14100	0.33	90	TS	0.784	0.061	25.5	34.00%	0.0067	b	0.05	D
dicamba (sel de sodium)	Herbicide	2	360000	14	stable	0.217	0.018	24.5	32.67%	107	e	0.02	D
mesotrione	Herbicide	209	15000	5	TS	0.06	0.040	23	30.67%	4.5	e	0.005	C
lambda cyhalothrine	Insecticide	180000	0.005	30	stable	0.01	0.224	19	25.33%	0.0002	a	0.05	D
cycloxydime	Herbicide	525	40	0.5	TS	0.115	0.077	17	22.67%	32	e	0.07	D
alphamethrine	Insecticide	16344	0.00397	91	stable	0.016	0.144	15	20.00%	0.0003	a	0.015	D
isoxaben	Herbicide	608	0.8	105	stable	0.066	0.067	15	20.00%	1	e	0.05	D
cypermethrine	Insecticide	160000	0.199	30	stable	0.044	0.169	15	20.00%	0.0003	a	0.05	D
deltamethrine	Insecticide	460000	0.002	32	stable	0.008	0.128	15	20.00%	0.0004	a	0.01	D
bromoxynil phenol	Herbicide	282	90	5.6	stable	0.127	0.016	14.5	19.33%	0.033	c	0.01	D
isoxaflutole	Herbicide	123	6.2	1	inst	0.054	0.012	7	9.33%	0.33	d	0.02	D
metaldehyde	Molluscide	240	200	10		0.209	0.224			73	e	0.025	D

Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 2 Adour-Garonne en 2006

Substance	Activité biologique	Classe 4	Classe 2	Classe 3		Classe 1		Rang	Rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
acetochlore	Herbicide	202	223	16	stable	1.66	0.056	48	63.16%	0.0013	b	0.02	D
carbofuran	Insecticide	22	320	50	TS	0.47	0.043	43	56.58%	0.015	c	0.002	C
propachlore	Fongicide	80	613	6.3	TS	2.88	0.007	42	55.26%	0.02	c	0.05	D
glyphosate	Herbicide	18269	10500	25	TS	1.091	0.036	40	52.63%	1.2	e	0.3	E
trifluraline	Herbicide	8000	0.221	221	TS	1.109	0.054	39	51.32%	0.008	b	0.0024	C
dimethachlore	Herbicide	61	2300	16	TS	0.652	0.023	37.5	49.34%	0.053	c	0.11	E
isoproturon	Herbicide	124	70.2	22	TS	1.091	0.000	36.5	48.03%	0.013	c	0.006	C
prosulfuron	Herbicide	17	4000	30	TS	0.005	0.030	32	42.11%	0.011	c	0.02	D
mesotrione	Herbicide	209	15000	5	TS	0.06	0.087	29	38.16%	4.5	e	0.005	C
quinmerac	Herbicide	600	223	65	TS	0.187	0.015	28.5	37.50%	5	e	0.08	D
flurochloridone	Herbicide	811	28	56	stable	0.568	0.012	27	35.53%	0.0064	b	0.05	D
iodosulfuron	Herbicide	50	25000	8	TS	0.005	0.000	27	35.53%	0.07	c	0.03	D
metazachlore	Herbicide	60	715	23	inst	0.793	0.019	26.5	34.87%	1.6	e	0.036	D
nicosulfuron	Herbicide	25	59	14	stable	0.024	0.091	25	32.89%	65.7	e	0.4	E
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.73	0.031	24	31.58%	16.6	e	0.0026	C
dicamba (sel de sodium)	Herbicide	2	360000	14	stable	0.217	0.039	22	28.95%	107	e	0.02	D
flurtamone	Herbicide	320	10.6	55	TS	0.31	0.003	21.5	28.29%	0.02	c	0.03	D
cyproconazole	Fongicide	364	140	60	TS	0.065	0.000	21.5	28.29%	0.077	c	0.01	D
pendimethaline	Herbicide	14100	0.33	90	TS	0.894	0.007	21	27.63%	0.0067	b	0.05	D
aclofenifen	Herbicide	5400	1.95	118	TS	0.672	0.035	21	27.63%	0.0067	b	0.02	D
clomazone	Herbicide	300	1100	24	stable	0.098	0.026	19.5	25.66%	2.9	e	0.043	D
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.061	0.016	18.5	24.34%	1	e	0.002	C
flusilazole	Fongicide	1660	54	95	TS	0.201	0.030	18.5	24.34%	1.2	e	0.002	C
chlorothalonil	Fongicide	1380	0.67	30	stable	0.593	0.000	17.5	23.03%	0.018	c	0.03	D
prochloraze	Fongicide	500	34	120	stable	0.382	0.000	17.5	23.03%	0.026	c	0.01	D
lambda cyhalothrine	Insecticide	180000	0.005	30	stable	0.013	0.055	17.5	23.03%	0.0002	a	0.05	D
cyprodinyl	Fongicide	1745	13	25	TS	0.377	0.000	15	19.74%	0.1	d	0.03	D
cycloxydime	Herbicide	525	40	0.5	TS	0.115	0.010	13.5	17.76%	32	e	0.07	D
ioxynil	Herbicide	263	50	7	TS	0.198	0.000	13.5	17.76%	0.043	c	0.005	C
metsulfuron methyle	Herbicide	23	2.79	52	stable	0.004	0.000	13	17.11%	0.01	c	0.22	E
fenpropimorphe	Fongicide	2772	4.3	67	TS	0.209	0.000	12	15.79%	2.21	e	0.003	C
diflufenican	Herbicide	1990	0.05	150	TS	0.07	0.000	12	15.79%	10	e	0.25	E
azoxystrobine	Fongicide	423	6.7	18	TS	0.125	0.000	11	14.47%	0.13	d	0.1	E
isoxaben	Herbicide	608	0.8	105	stable	0.066	0.008	11	14.47%	1	e	0.05	D
carbendazime	Fongicide	230	8	22	TS	0.182	0.037	11	14.47%	0.019	c	0.03	D
bromoxynil phenol	Herbicide	282	90	5.6	stable	0.127	0.035	9.5	12.50%	0.033	c	0.01	D
deltamethrine	Insecticide	460000	0.002	32	stable	0.008	0.016	9	11.84%	0.0004	a	0.01	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7	117	stable	0.095	0.000	9	11.84%	0.005	b	0.005	C
cypermethrine	Insecticide	160000	0.199	30	stable	0.044	0.021	9	11.84%	0.0003	a	0.05	D
alphamethrine	Insecticide	16344	0.00397	91	stable	0.016	0.018	9	11.84%	0.0003	a	0.015	D
picoxystrobine	Fongicide	898	3.1	19.8	stable	0.136	0.000	7.5	9.87%	0.018	c	0.043	D
fenoxaprop p ethyl	Herbicide	9490	1.3	9	stable	0.05	0.000	6	7.89%	0.46	d	0.01	D
typyr (ester 1 methylheptyl)	Herbicide	34	0.109	10	inst	0.088	0.000	5	6.58%	0.72	d	0.8	E
kresoxim methyl	Fongicide	307	2	1	stable	0.085	0.000	4	5.26%	0.024	c	0.4	E
isoxaflutole	Herbicide	123	6.2	1	inst	0.054	0.025	0.5	0.66%	0.33	d	0.02	D
bromoxynil (octanoate)	Herbicide		0.17			0.104	0.000			0.029	c		
dimethenamid p	Herbicide	227	1450	10		0.72	0.004			0.0089	b	0.02	D
ioxynil octanoate	Herbicide		0.03	6.7		0.086	0.000				c	0.05	D
mesosulfuron methyl	Herbicide	92	483	73						0.00062	a	1	
metaldéhyde	Molluscide	240	200	10		0.22	0.020			73	e	0.025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1.9		stable	0.087	0.000					0.03	D

Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 2 Adour-Garonne en 2030

Substance	Activité biologique	Données complètes	Classe 4	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Dose	Surface normalisée	Rang	rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
			Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7								
acetochlore	Herbicide	Oui	202	223	16	stable	1.251	0.374582627	57.5	75.66%	0.0013	b	0.02	D
propachlore	Herbicide	Oui	80	613	6.3	TS	2.88	0.118705841	52	68.42%	0.02	c	0.05	D
glyphosate	Herbicide	Oui	18269	10500	25	TS	0.072	0.475054596	40	52.63%	1.2	e	0.3	E
pendimethaline	Herbicide	Oui	18269	0.33	90	TS	1	0.05935292	39	51.32%	0.0067	b	0.05	D
mesotrione	Herbicide	Oui	202	15000	5	TS	0.05	0.470630226	38.5	50.66%	4.5	e	0.005	C
(sel de diméthylamine)		Oui	20	866000	25	TS	0.107	0.063905371	37.5	49.34%	50	e	0.05	D
nicosulfuron	Herbicide	Oui	25	59	14	stable	0.06	0.123386372	25	32.89%	65.7	e	0.4	E
metsulfuron méthyle	Herbicide	Oui	23	2.79	52	stable	0.0004	0.063905371	22.5	29.61%	0.01	c	0.22	E
propyzamide	Herbicide	Oui	202	9	60	stable	0.1666	0.156028888	20	26.32%	5.5	e	0.01	D
oxyfluorfen	Herbicide	Oui	18269	0.5	35	stable	0.0625	0.156028888	17.5	23.03%	0.2	d	0.004	C
clopyralid	Herbicide		7	10000	12.5		0.0107	0.063905371			7.3	e	0.15	E
diméthénamid p	Herbicide		202	1450	10		0.72	0.05935292			0.0089	b	0.02	D
fluroxypyr	Herbicide			6.5		stable	0.021	0.063905371			12.3	e	0.8	E

Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 2 Adour-Garonne en 2006

Substance	Activité biologique	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
carbofuran	Insecticide, Nématocide	22	320	50	TS	0.47	0.04337	46	61.33%	0.015	c	0.002	C
propachlore	Herbicide	80	613	6.3	TS	2.88	0.00714	44	58.67%	0.02	c	0.05	D
prosulfuron	Herbicide	17	4000	30	TS	0.005	0.03027	39.5	52.67%	0.011	c	0.02	D
dimethachlore	Herbicide	61	2300	16	TS	0.652	0.02313	38	50.67%	0.053	c	0.11	E
trifluraline	Herbicide	8000	0.221	221	TS	1.109	0.05359	37	49.33%	0.008	b	0.0024	C
iodosulfuron	Herbicide	50	25000	8	TS	0.005	0.00003	32	42.67%	0.07	c	0.03	D
isoproturon	Herbicide	124	70.2	22	TS	1.091	0.00002	31	41.33%	0.013	c	0.006	C
acetochlore	Herbicide	202	223	16	stable	1.66	0.05551	31	41.33%	0.0013	b	0.02	D
mesotrione	Herbicide	209	15000	5	TS	0.06	0.08746	28.5	38.00%	4.5	e	0.005	C
nicosulfuron	Herbicide	25	59	14	stable	0.024	0.09083	27.5	36.67%	65.7	e	0.4	E
prochloraz	Fongicide	500	34	120	stable	0.382	0.00003	27.5	36.67%	0.026	c	0.01	D
flurtamone	Herbicide	320	10.6	55	TS	0.31	0.00347	27.5	36.67%	0.02	c	0.03	D
cyproconazole	Fongicide	364	140	60	TS	0.065	0.00002	27.5	36.67%	0.077	c	0.01	D
metsulfuron methyle	Herbicide	23	2.79	52	stable	0.004	0.00001	27	36.00%	0.01	c	0.22	E
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.061	0.01606	24.5	32.67%	1	e	0.002	C
icamba (sel de sodium)	Herbicide	2	360000	14	stable	0.217	0.03869	24.5	32.67%	107	e	0.02	D
glyphosate	Herbicide	18269	10500	25	TS	1.091	0.03606	24	32.00%	1.2	e	0.3	E
metazachlore	Herbicide	60	715	23	inst	0.793	0.01863	22	29.33%	1.6	e	0.036	D
diflufenican	Herbicide	1990	0.05	150	TS	0.07	0.00003	22	29.33%	10	e	0.25	E
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.73	0.03083	21	28.00%	16.6	e	0.0026	C
aclonifen	Herbicide	5400	1.95	118	TS	0.672	0.03517	21	28.00%	0.0067	b	0.02	D
ioxynil	Herbicide	263	50	7	TS	0.198	0.00001	21	28.00%	0.043	c	0.005	C
pendimethaline	Herbicide	14100	0.33	90	TS	0.894	0.00704	21	28.00%	0.0067	b	0.05	D
quinmerac	Herbicide	600	223	65	TS	0.187	0.01477	20.5	27.33%	5	e	0.08	D
azoxystrobine	Fongicide	423	6.7	18	TS	0.125	0.00001	19	25.33%	0.13	d	0.1	E
carbendazime	Fongicide	230	8	22	TS	0.182	0.03726	19	25.33%	0.019	c	0.03	D
flusilazole	Fongicide	1660	54	95	TS	0.201	0.03019	18.5	24.67%	1.2	e	0.002	C
flurochloridone	Herbicide	811	28	56	stable	0.568	0.01179	17	22.67%	0.0064	b	0.05	D
fenpropimorphe	Fongicide	2772	4.3	67	TS	0.209	0.00002	16.5	22.00%	2.21	e	0.003	C
clomazone	Herbicide	300	1106	24	stable	0.098	0.02569	16	21.33%	2.9	e	0.043	D
lambda cyhalothrine	Insecticide	180000	0.005	30	stable	0.013	0.05493	15	20.00%	0.0002	a	0.05	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0.67	30	stable	0.593	0.00002	15	20.00%	0.018	c	0.03	D
bromoxynil phenol	Herbicide	282	90	5.6	stable	0.127	0.03532	14.5	19.33%	0.033	c	0.01	D
r (ester 1 methylheptyl)	Herbicide	34	0.109	10	inst	0.088	0.00001	14	18.67%	0.72	d	0.8	E
kresoxim methyl	Fongicide	307	2	1	stable	0.085	0.00002	13	17.33%	0.024	c	0.4	E
cycloxydim	Herbicide	525	40	0.5	TS	0.115	0.00964	12.5	16.67%	32	e	0.07	D
cyprodinyl	Fongicide	1745	13	25	TS	0.377	0.00001	12.5	16.67%	0.1	d	0.03	D
alphamethrine	Insecticide	16344	0.00397	91	stable	0.016	0.01799	11	14.67%	0.0003	a	0.015	D
isoxaben	Herbicide	608	0.8	105	stable	0.066	0.00835	11	14.67%	1	e	0.05	D
deltamethrine	Insecticide	460000	0.002	32	stable	0.008	0.01606	11	14.67%	0.0004	a	0.01	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7	117	stable	0.095	0.00006	11	14.67%	0.005	b	0.005	C
cypermethrine	Insecticide	160000	0.199	30	stable	0.044	0.02121	11	14.67%	0.0003	a	0.05	D
isoxaflutole	Herbicide	123	6.2	1	inst	0.054	0.02523	7	9.33%	0.33	d	0.02	D
picoxystrobine	Fongicide	898	3.1	19.8	stable	0.136	0.00001	5.5	7.33%	0.018	c	0.043	D
fenoxaprop ethyl	Herbicide	9490	1.3	9	stable	0.05	0.00001	5.5	7.33%	0.46	d	0.01	D
bromoxynil (octanoate)	Herbicide		0.17			0.104	0.00001			0.029	c		
dimethenamid p	Herbicide	227	1450	10		0.72	0.00357			0.0089	b	0.02	D
ioxynil octanoate	Herbicide		0.03	6.7		0.086	0.00002			0.011	c	0.05	D
mesosulfuron methyl	Herbicide	92	483	73						0.00062	a	1	
metaldéhyde	Molluscide	240	200	10		0.22	0.02037			73	e	0.025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1.9		stable	0.087	0.00002					0.03	D



Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 2 Adour-Garonne en 2030

Substance	Activité biologique	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
propachlore	Herbicide	80	613	6.3	TS	2.88	0.1187	50	66.67%	0.02	c	0.05	D
(sel de diméthylamine)		20	866000	25	TS	0.107	0.0639	38	50.67%	50	e	0.05	D
acetochlore	Herbicide	202	223	16	stable	1.251	0.3746	36	48.00%	0.0013	b	0.02	D
mesotrione	Herbicide	209	15000	5	TS	0.05	0.4706	34	45.33%	4.5	e	0.005	C
metsulfuron methyle	Herbicide	23	2.79	52	stable	0.0004	0.0639	32	42.67%	0.01	c	0.22	E
pendimethaline	Herbicide	14100	0.33	90	TS	1	0.0594	30	40.00%	0.0067	b	0.05	D
nicosulfuron	Herbicide	25	59	14	stable	0.06	0.1234	27.5	36.67%	65.7	e	0.4	E
glyphosate	Herbicide	18269	10500	25	TS	0.072	0.4751	24	32.00%	1.2	e	0.3	E
propyzamide	Herbicide	800	9	60	stable	0.1666	0.1560	15	20.00%	5.5	e	0.01	D
oxyfluorfe	Herbicide	100000	0.5	35	stable	0.0625	0.1560	15	20.00%	0.2	d	0.004	C
clopyralid	Herbicide	7	10000	12.5		0.0107	0.0639			7.3	e	0.15	E
dimethenamid p	Herbicide	227	1450	10		0.72	0.0594			0.0089	b	0.02	D
fluroxypyr	Herbicide		6.5		stable	0.021	0.0639			12.3	e	0.8	E

### Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 3 Adour-Garonne en 2006

Substance	Activité biologique	Classe 4	Classe 2	Classe 3		Classe 1		Rang	Rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
acetochlore	Herbicide	202	223	16	stable	1.66	0.045	48	63.16%	0.0013	b	0.02	D
glyphosate	Herbicide	18269	10500	25	TS	1.084	0.032	40	52.63%	1.2	e	0.3	E
trifluraline	Herbicide	8000	0.221	221	TS	1.109	0.066	39	51.32%	0.008	b	0.0024	C
diméthachlore	Herbicide	61	2300	16	TS	0.652	0.028	37.5	49.34%	0.053	c	0.11	E
isoproturon	Herbicide	124	70.2	22	TS	1.091	0.000	36.5	48.03%	0.013	c	0.006	C
prosulfuron	Herbicide	17	4000	30	TS	0.005	0.025	32	42.11%	0.011	c	0.02	D
carbofuran	Insecticide	22	320	50	TS	0.47	0.036	32	42.11%	0.015	c	0.002	C
mesotrione	Herbicide	209	15000	5	TS	0.06	0.071	29	38.16%	4.5	e	0.005	C
quinmerac	Herbicide	600	223	65	TS	0.187	0.018	28.5	37.50%	5	e	0.08	D
iodosulfuron	Herbicide	50	25000	8	TS	0.005	0.000	27	35.53%	0.07	c	0.03	D
flurochloridone	Herbicide	811	28	56	stable	0.568	0.014	27	35.53%	0.0064	b	0.05	D
metazachlore	Herbicide	60	715	23	inst	0.793	0.023	26.5	34.87%	1.6	e	0.036	D
nicosulfuron	Herbicide	25	59	14	stable	0.024	0.074	25	32.89%	65.7	e	0.4	E
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.73	0.038	24	31.58%	16.6	e	0.0026	C
nba (sel de sodium)	Herbicide	2	360000	14	stable	0.217	0.031	22	28.95%	107	e	0.02	D
flurtamone	Herbicide	320	10.6	55	TS	0.31	0.004	21.5	28.29%	0.02	c	0.03	D
cyproconazole	Fongicide	364	140	60	TS	0.065	0.000	21.5	28.29%	0.077	c	0.01	D
pendimethaline	Herbicide	14100	0.33	90	TS	0.784	0.004	21	27.63%	0.0067	b	0.05	D
aclonifen	Herbicide	5400	1.95	118	TS	0.772	0.033	21	27.63%	0.0067	b	0.02	D
carbendazime	Fongicide	230	8	22	TS	0.182	0.046	20	26.32%	0.019	c	0.03	D
clomazone	Herbicide	300	1100	24	stable	0.098	0.032	19.5	25.66%	2.9	e	0.043	D
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.061	0.020	18.5	24.34%	1	e	0.002	C
flusilazole	Fongicide	1660	54	95	TS	0.201	0.037	18.5	24.34%	1.2	e	0.002	C
lambda cyhalothrine	Insecticide	180000	0.005	30	stable	0.006	0.056	17.5	23.03%	0.0002	a	0.05	D
prochloraze	Fongicide	500	34	120	stable	0.382	0.000	17.5	23.03%	0.026	c	0.01	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0.67	30	stable	0.593	0.000	17.5	23.03%	0.018	c	0.03	D
cyprodinyl	Fongicide	1745	13	25	TS	0.377	0.000	15	19.74%	0.1	d	0.03	D
cycloxydime	Herbicide	525	40	0.5	TS	0.115	0.012	13.5	17.76%	32	e	0.07	D
ioxynil	Herbicide	263	50	7	TS	0.198	0.000	13.5	17.76%	0.043	c	0.005	C
metsulfuron methyle	Herbicide	23	2.79	52	stable	0.004	0.000	13	17.11%	0.01	c	0.22	E
fenpropimorphe	Fongicide	2772	4.3	67	TS	0.209	0.000	12	15.79%	2.21	e	0.003	C
diflufenican	Herbicide	1990	0.05	150	TS	0.07	0.000	12	15.79%	10	e	0.25	E
isoxaben	Herbicide	608	0.8	105	stable	0.066	0.010	11	14.47%	1	e	0.05	D
azoxystrobine	Fongicide	423	6.7	18	TS	0.125	0.000	11	14.47%	0.13	d	0.1	E
bromoxynil phenol	Herbicide	282	90	5.6	stable	0.127	0.029	9.5	12.50%	0.033	c	0.01	D
deltamethrine	Insecticide	460000	0.002	32	stable	0.008	0.020	9	11.84%	0.0004	a	0.01	D
alphamethrine	Insecticide	16344	0.00397	91	stable	0.016	0.022	9	11.84%	0.0003	a	0.015	D
cypermethrine	Insecticide	160000	0.199	30	stable	0.044	0.026	9	11.84%	0.0003	a	0.05	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7	117	stable	0.095	0.000	9	11.84%	0.005	b	0.005	C
picoxystrobine	Fongicide	898	3.1	19.8	stable	0.136	0.000	7.5	9.87%	0.018	c	0.043	D
fenoxaprop p ethyl	Herbicide	9490	1.3	9	stable	0.05	0.000	6	7.89%	0.46	d	0.01	D
ster 1 methylheptyl)	Herbicide	34	0.109	10	inst	0.088	0.000	5	6.58%	0.72	d	0.8	E
kresoxim methyl	Fongicide	307	2	1	stable	0.085	0.000	4	5.26%	0.024	c	0.4	E
isoxaflutole	Herbicide	123	6.2	1	inst	0.054	0.020	0.5	0.66%	0.33	d	0.02	D
moxynil (octanoate)	Herbicide		0.17			0.104	0.000			0.029	c		
ioxynil octanoate	Herbicide		0.03	6.7		0.086	2.1E-05			0.011	c	0.05	D
nesosulfuron methyl	Herbicide	92	483	73						0.00062	a	1	
metaldehyde	Molluscide	240	200	10		0.220	2.5E-02			73	e	0.025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1.9		stable	0.087	3.0E-05					0.03	D

Classement SIRIS en eaux de surface pour le scénario 3 Adour-Garonne en 2030

Substance	Activité biologique	Classe 4	Classe 2	Classe 3		Classe 1		Rang	Rang normal centré	CL50 min. ( mg/l )	Classe CL50	DJA ( mg/kg/j )	Classe DJA
		Koc ( l/kg )	Solubilité ( mg/l )	DT50 ( j )	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
pendimethaline	Herbicide	14100	0.33	90	TS	1	0.1166	39	51.32%	0.0067	b	0.05	D
glyphosate	Herbicide	18269	10500	25	TS	0.072	0.1836	30.5	40.13%	1.2	e	0.3	E
dimethenamid p	Herbicide	227	1450	10		0.72	0.1166			0.0089	b	0.02	D

Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 3 Adour-Garonne en 2006

Substance	Activité biologique	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
carbofuran	Insecticide	22	320	50	TS	0.47	0.03645	39.5	52.67%	0.015	c	0.002	C
prosulfuron	Herbicide	17	4000	30	TS	0.005	0.02457	39.5	52.67%	0.011	c	0.02	D
dimethachlore	Herbicide	61	2300	16	TS	0.652	0.02841	38	50.67%	0.053	c	0.11	E
trifluraline	Herbicide	8000	0.221	221	TS	1.109	0.06585	37	49.33%	0.008	b	0.0024	C
iodosulfuron	Herbicide	50	25000	8	TS	0.005	0.00004	32	42.67%	0.07	c	0.03	D
acetochlore	Herbicide	202	223	16	stable	1.66	0.04504	31	41.33%	0.0013	b	0.02	D
isoproturon	Herbicide	124	70.2	22	TS	1.091	0.00003	31	41.33%	0.013	c	0.006	C
mesotrione	Herbicide	209	15000	5	TS	0.06	0.07097	28.5	38.00%	4.5	e	0.005	C
flurtamone	Herbicide	320	10.6	55	TS	0.31	0.00426	27.5	36.67%	0.02	c	0.03	D
nicosulfuron	Herbicide	25	59	14	stable	0.024	0.07370	27.5	36.67%	65.7	e	0.4	E
prochloraz	Fongicide	500	34	120	stable	0.382	0.00003	27.5	36.67%	0.026	c	0.01	D
cyproconazole	Fongicide	364	140	60	TS	0.065	0.00003	27.5	36.67%	0.077	c	0.01	D
metsulfuron methyle	Herbicide	23	2.79	52	stable	0.004	0.00002	27	36.00%	0.01	c	0.22	E
mba (sel de sodium)	Herbicide	2	360000	14	stable	0.217	0.03139	24.5	32.67%	107	e	0.02	D
metconazole	Fongicide	1260	30.4	283	TS	0.061	0.01973	24.5	32.67%	1	e	0.002	C
glyphosate	Herbicide	18269	10500	25	TS	1.084	0.03167	24	32.00%	1.2	e	0.3	E
carbendazime	Fongicide	230	8	22	TS	0.182	0.04578	23.5	31.33%	0.019	c	0.03	D
metazachlore	Herbicide	60	715	23	inst	0.793	0.02289	22	29.33%	1.6	e	0.036	D
diflufenican	Herbicide	1990	0.05	150	TS	0.07	0.00003	22	29.33%	10	e	0.25	E
pendimethaline	Herbicide	14100	0.33	90	TS	0.784	0.00426	21	28.00%	0.0067	b	0.05	D
ioxynil	Herbicide	263	50	7	TS	0.198	0.00001	21	28.00%	0.043	c	0.005	C
napropamide	Herbicide	700	7.4	70	TS	0.73	0.03788	21	28.00%	16.6	e	0.0026	C
aclonifen	Herbicide	5400	1.95	118	TS	0.772	0.03268	21	28.00%	0.0067	b	0.02	D
quinmerac	Herbicide	600	223	65	TS	0.187	0.01815	20.5	27.33%	5	e	0.08	D
azoxystrobine	Fongicide	423	6.7	18	TS	0.125	0.00001	19	25.33%	0.13	d	0.1	E
flusilazole	Fongicide	1660	54	95	TS	0.201	0.03710	18.5	24.67%	1.2	e	0.002	C
flurochloridone	Herbicide	811	28	56	stable	0.568	0.01448	17	22.67%	0.0064	b	0.05	D
fenpropimorphe	Fongicide	2772	4.3	67	TS	0.209	0.00003	16.5	22.00%	2.21	e	0.003	C
clomazone	Herbicide	300	1100	24	stable	0.098	0.03157	16	21.33%	2.9	e	0.043	D
lambda cyhalothrine	Insecticide	180000	0.005	30	stable	0.006	0.05556	15	20.00%	0.0002	a	0.05	D
chlorothalonil	Fongicide	1380	0.67	30	stable	0.593	0.00003	15	20.00%	0.018	c	0.03	D
bromoxynil phenol	Herbicide	282	90	5.6	stable	0.127	0.02866	14.5	19.33%	0.033	c	0.01	D
ester 1 methylheptyl)	Herbicide	34	0.109	10	inst	0.088	0.00001	14	18.67%	0.72	d	0.8	E
kresoxim methyl	Fongicide	307	2	1	stable	0.085	0.00002	13	17.33%	0.024	c	0.4	E
cyprodinyl	Fongicide	1745	13	25	TS	0.377	0.00002	12.5	16.67%	0.1	d	0.03	D
cycloxydime	Herbicide	525	40	0.5	TS	0.115	0.01184	12.5	16.67%	32	e	0.07	D
alphamethrine	Insecticide	16344	0.00397	91	stable	0.016	0.02210	11	14.67%	0.0003	a	0.015	D
cypermethrine	Insecticide	160000	0.199	30	stable	0.044	0.02606	11	14.67%	0.0003	a	0.05	D
deltamethrine	Insecticide	460000	0.002	32	stable	0.008	0.01973	11	14.67%	0.0004	a	0.01	D
isoxaben	Herbicide	608	0.8	105	stable	0.066	0.01026	11	14.67%	1	e	0.05	D
epoxiconazole	Fongicide	1200	7	117	stable	0.095	0.00008	11	14.67%	0.005	b	0.005	C
isoxaflutole	Herbicide	123	6.2	1	inst	0.054	0.02047	7	9.33%	0.33	d	0.02	D
fenoxaprop p ethyl	Herbicide	9490	1.3	9	stable	0.05	0.00001	5.5	7.33%	0.46	d	0.01	D
picoxystrobine	Fongicide	898	3.1	19.8	stable	0.136	0.00001	5.5	7.33%	0.018	c	0.043	D
omoxynil (octanoate)	Herbicide		0.17			0.104	0.00002			0.029	c		
ioxynil octanoate	Herbicide		0.03	6.7		0.086	0.00002			0.011	c	0.05	D
mesosulfuron methyl	Herbicide	92	483	73						0.00062	a	1	
metaldehyde	Molluscicide	240	200	10		0.22000	0.0250			73	e	0.025	D
pyraclostrobine	Fongicide	32	1.9		stable	0.08700	0.0000					0.03	

Classement SIRIS en eaux souterraines pour le scénario 3 Adour-Garonne en 2030

Substance	Activité biologique	Classe 1	Classe 4	Classe 2		Classe 3		Rang	Rang normal centré	CL50 min. (mg/l)	Classe CL50	DJA (mg/kg/j)	Classe DJA
		Koc (l/kg)	Solubilité (mg/l)	DT50 (j)	Hydrolyse à pH7	Dose	Surface normalisée						
pendimethaline	Herbicide	14100	0.33	90	TS	1	0.11658431	30	40.00%	0.0067	b	0.05	D
glyphosate	Herbicide	18269	10500	25	TS	0.072	0.183584835	19	25.33%	1.2	e	0.3	E
dimethenamid p	Herbicide	227	1450	10		0.72	0.11658431			0.0089	b	0.02	D