

Contribution au développement durable

Contribution a la dimension economie

Resultats economiques du systeme

Rentabilite

Autonomie economique

Independance economique

Efficiency economique

Surcout en materiel

Capacite productive a long terme

Maitrise de la fertilité physico-chimique

Maitrise du statut acido-basique du sol

Maitrise de l etat structural du sol

Maitrise de la fertilité phosphopota

Maitrise des bioagresseurs

Maitrise des maladies et ravageurs

Maitrise des adventices

Contribution au developpement

Qualite des produits

Qualite sanitaire

Qualite technologique

Contribution a l eme

Contribution a la dimen

Satisfaction des att

Contribution a l e

Fourniture de mat

Satisfaction des at

Facilite de mise

Complexite des

Temps de veill

Qualite des condi

Surcharge de tr

Risque pour la

Difficulte phys

Contribution a la dime

Contribution a la qua

Contribution a la qu

Maitrise des pertes

Maitrise pertes dan

Maitrise pertes dans

Maitrise des pertes de

Maitrise des pertes de P

Contribution a la qualite air

Maitrise des emissions de NH3

Maitrise des emissions de pesticide

Maitrise des emissions de N2O

Maitrise des emissions de CO2

Maitrise de l'erosion

Maitrise de la qualite de l'eau

Pression sur les ressources abiotiques

Pression Eau

Conso. en eau d irrigation en periode critique

Dependance vis a vis de la ressource en eau

Pression Energie

Conso. en energie

Efficiency energetique

Pression Phosphore

Conservation de la biodiversite

Conservation de la macrofaune

Conservation des insectes volants

Conservation de la macrofaune du sol

Conservation de la flore

Conservation de la faune

Conservation de la biodiversite

Conservation de la biodiversite

Conservation de la biodiversite

Conservation de la biodiversite

# MASC

Version 2.0



## Un outil pour l'analyse de la contribution des systèmes de culture au développement durable

### Jeu complet de fiches critères de MASC 2.0



**INRA**  
SCIENCE & IMPACT

**AgroParisTech**  
INSTITUT DES SCIENCES ET INDUSTRIES DU VIVANT ET DE L'ENVIRONNEMENT  
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY FOR LIFE, FOOD AND ENVIRONMENTAL SCIENCES



**GRANDE CULTURE**  
**GCHP2E**  
à Hautes Performances Economiques et Environnementales

# Liste des concepteurs de la méthode MASC

Sous la direction de **Thierry Doré**  
Responsable scientifique  
AgroParisTech - UMR 211 INRA/AgroParisTech  
Bâtiment EGER  
BP 01  
78850 Thiverval-Grignon  
[thierry.dore@agroparistech.fr](mailto:thierry.dore@agroparistech.fr)

**Frédérique Angevin**  
INRA – unité Eco-Innov  
BP 01  
78 850 Thiverval-Grignon  
[Frederique.Angevin@jouy.inra.fr](mailto:Frederique.Angevin@jouy.inra.fr)

**Jacques-Eric Bergez**  
INRA - UMR AGIR (Agrosystèmes et développement territorial)  
B.P. 52627 Auzeville  
31326 Castanet Tolosan  
[Jacques-Eric.Bergez@toulouse.inra.fr](mailto:Jacques-Eric.Bergez@toulouse.inra.fr)

**Christian Bockstaller**  
INRA/Nancy-Université  
BP 20507  
68021 Colmar Cedex  
[Christian.Bockstaller@colmar.inra.fr](mailto:Christian.Bockstaller@colmar.inra.fr)

**Bruno Colomb**  
INRA - UMR AGIR (Agrosystèmes et développement territorial)  
B.P. 52627 Auzeville  
31326 Castanet Tolosan  
[Bruno.Colomb@toulouse.inra.fr](mailto:Bruno.Colomb@toulouse.inra.fr)

**Laurence Guichard**  
INRA - UMR 211 INRA/AgroParisTech  
Bâtiment EGER  
BP 01  
78850 Thiverval-Grignon  
[guichard@grignon.inra.fr](mailto:guichard@grignon.inra.fr)

**Raymond Reau**  
INRA - UMR 211 INRA/AgroParisTech  
Bâtiment EGER  
BP 01  
78850 Thiverval-Grignon  
[Raymond.Reau@grignon.inra.fr](mailto:Raymond.Reau@grignon.inra.fr)

## Intervention spécifique sur MASC 1.0

**Walid Sadok**  
INRA/AgroParisTech - UMR 211  
Bâtiment EGER  
BP 01  
78850 Thiverval-Grignon  
[walid.sadok@gmail.com](mailto:walid.sadok@gmail.com)

## Intervention spécifique sur MASC 2.0

**Damien Craheix**  
INRA/AgroParisTech - UMR 211  
Bâtiment EGER  
BP 01  
78850 Thiverval-Grignon  
[Damien.craheix@grignon.inra.fr](mailto:Damien.craheix@grignon.inra.fr)

### Pour citer ce document :

Craheix D., Angevin F., Bergez J.-E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Sadok W., Doré T (2011). MASC 2.0, Un outil pour l'analyse de la contribution des systèmes de culture au développement durable. Jeu complet de fiches critères de MASC 2.0. INRA – AgroParisTech – GIS GC HP2E, 133 p.

# Sommaire

---

Préambule.....	4
I-Présentation des fiches critères et des indicateurs.....	6
II-Présentation des arbres satellites.....	80
III-Quelques données chiffrées pour faciliter l'évaluation des rendements en <i>ex ante</i> pour quelques cultures .....	129
IV-Pondérations livrées par défaut dans MASC 2.0 .....	132
V-Pondérations minimales à respecter pour éviter une dénaturation du modèle d'évaluation.....	133
VI-Présentation des premiers utilisateurs et des experts sollicités lors de la mise au point de MASC 2.0 .....	134

---

---

## Préambule

---

Le modèle d'évaluation de systèmes de culture MASC (pour *Multi-Attribute Assessment of the Sustainability of Cropping systems*), dans sa première version, a été mis au point dans le cadre du projet DISCOTECH<sup>1</sup> (2006-2008), partie du Programme Fédérateur « Agriculture et Développement Durable »<sup>2</sup> financé par l'Agence Nationale de la Recherche. Cette recherche a bénéficié des apports de projets antérieurs :

- Projet européen ECOGEN (2003-2006)<sup>3</sup> ;
- Projet européen SIGMEA (2004-2007)<sup>4</sup> ;
- Projet ADAR « Systèmes de culture innovants », piloté par le CETIOM (Reau *et al.*, 2006 a & b).

Le projet de conception de MASC, proposé et mené par un groupe de chercheurs provenant de différentes unités de l'INRA, avait pour objectif de mettre au point un ensemble méthodologique permettant d'identifier rapidement des systèmes de culture conformes au cahier des charges du développement durable. Une première version de MASC (Version 1.0) a fait l'objet d'une diffusion limitée pendant deux années durant lesquelles MASC a été mis à l'épreuve par divers groupes d'utilisateurs appartenant au monde de la recherche et du développement agricole. Suite à cette phase de test en situation réelle et grâce au soutien du GIS GC HP2E<sup>5</sup>, le groupe des concepteurs de MASC a mis au point la deuxième version présentée ici, d'une part en mobilisant les retours d'expérience et les avis critiques des premiers utilisateurs, et d'autre part en sollicitant les avis de plusieurs experts pour améliorer le mode d'évaluation des critères. Qu'ils soient ici tous remerciés pour avoir accepté de collaborer au développement de cet outil et pour leur contribution à son amélioration.

Les premiers utilisateurs et les différents experts mobilisés pour mettre en œuvre cette deuxième version sont présentés dans la [partie VI](#) de ce document.

L'ensemble méthodologique MASC contient :

- le présent document dans lequel figure un descriptif détaillé des critères d'évaluation et de la manière proposée de les renseigner ;
- un guide d'utilisation intitulé « MASC 2.0 : un outil pour l'analyse de la contribution des systèmes de culture au développement durable : Présentation et principes d'utilisation » ;
- un dossier contenant les fichiers .dxi dans lesquels le modèle d'évaluation MASC 2.0 est implémenté sur le logiciel DEXi ;
- un utilitaire développé sur Excel pour faciliter le renseignement du logiciel DEXi et pour réaliser des sorties graphiques complémentaires ;
- la documentation relative au mode de calcul des indicateurs issus de la méthode INDIGO®.

---

<sup>1</sup> Discotech : Dispositifs Innovants pour la COncption et l'évaluation des systèmes TECHniques

<sup>2</sup> [http://www.inra.fr/les\\_partenariats/programmes\\_anr/agriculture\\_et\\_developpement\\_durable](http://www.inra.fr/les_partenariats/programmes_anr/agriculture_et_developpement_durable)

<sup>3</sup> <http://www.ecogen.dk/>

<sup>4</sup> <http://sigmea.go.dyndns.org/>

<sup>5</sup> Groupement d'intérêt scientifique Grande Culture à Hautes Performances Économiques et Environnementales

*Le logiciel MASC a été bâti par un groupe de chercheurs et enseignants de quatre unités impliquant l'INRA et des établissements d'enseignement supérieur (AgroParisTech, INPL, INPT) : unités Agronomie et Eco-Innov de Grignon, AGIR de Toulouse, LAE de Nancy-Colmar. Il a fait l'objet d'un dépôt à l'APP en janvier 2008 sous sa version 1.0 (propriété INRA/Agroparistech), renouvelé en octobre 2011 sous sa version actuelle 2.0 (N° IDDN.FR.001.040014.001.R.P.2008.000.30100, attribué le 05/10/2011), version qui est propriété des membres du GIS GC-HP2E. L'utilisation de la version 2.0 se fait sous la licence CeCILL-C ([http://www.cecill.info/licences/Licence\\_CeCILL-C\\_V1-fr.html](http://www.cecill.info/licences/Licence_CeCILL-C_V1-fr.html)), le téléchargement valant acceptation de la licence. MASC ne peut être exploité commercialement sans avoir préalablement contacté et obtenu l'accord des propriétaires du logiciel DEXi. La licence CeCILL-C vous permet d'utiliser MASC V2.0 sans limitation sous votre propre responsabilité, les concepteurs et les propriétaires de MASC V2.0 ne pouvant être tenus pour responsables des résultats obtenus. Il est précisé que les éventuelles réutilisations de MASC V2.0 dans des développements logiciels devront suivre les conditions énoncées dans la licence CeCILL-C.*

---

## *I- Présentation des fiches critères et des indicateurs*

---

Les critères de base et agrégés composant la structure de l'arbre d'évaluation de la contribution au développement durable sont décrits successivement à l'aide de fiches qui rassemblent les informations suivantes :

- le nom du critère (ou attribut)
- le type du critère (de base ou agrégé)
- le sous-arbre d'évaluation d'appartenance
- le critère parent
- le nom de la variable correspondante
- l'objet du critère (ce sur quoi il porte)
- les modalités de qualification
- le mode de calcul ou d'évaluation
- un ou des commentaires (facultatif)
- une ou des références bibliographiques (quand elles existent).

Les critères agrégés sont par nature originaux à MASC. La présentation de leur mode d'évaluation correspond à la spécification des fonctions d'utilité qui leur sont associées. Les critères de base sont soit repris d'INDIGO (Bockstaller & Girardin, 2008), soit spécifiques à MASC.

Dans le cas d'un critère de base repris d'INDIGO, un rappel succinct de son mode de calcul dans le cadre de la méthode d'origine est présenté, complété par l'exposé des adaptations éventuelles dont il a fait l'objet pour MASC et par un renvoi aux références bibliographiques pertinentes.

Dans le cas d'un critère de base spécifique de MASC, le détail du mode de calcul précise sa signification particulière, introduite dans la rubrique objet.

Critères de MASC 2.0	Références abrégées 
<b>Contribution au développement durable</b>	<b>CDDUR.....8</b>
<b>Dimension économique</b>	<b>CDECO.....9</b>
<b>Resultats économiques</b>	<b>RES.....10</b>
Rentabilite	<b>MSN.....11</b>
<b>Autonomie économique</b>	<b>AUTECO.....13</b>
Independance économique	<b>IND.....14</b>
Efficience économique	<b>EFF.....15</b>
Surcout en materiel	<b>MAT.....16</b>
<b>Capacite productive a long terme</b>	<b>CPLT.....17</b>
<b>Maitrise de la fertilité physico-chimique</b>	<b>MFPC.....18</b>
Maitrise de l etat structural du sol	<b>MESS.....19</b>
Maitrise du statut acido-basique du sol	<b>MSAB.....20</b>
Maitrise de la fertilité phosphopotassique	<b>MFPP.....21</b>
<b>Maitrise des bioagresseurs</b>	<b>MBAGR.....22</b>
Maitrise des adventices	<b>MADV.....23</b>
Maitrise des maladies et ravageurs	<b>MMR.....24</b>
<b>Contribution au développement économique</b>	<b>CDEV.....25</b>
<b>Qualite des produits</b>	<b>QP.....26</b>
Qualite sanitaire	<b>QSP.....27</b>
Qualite technologique et esthetique des produits	<b>QTEP.....29</b>
Contribution a l emergence de filieres	<b>CENF.....31</b>
<b>Dimension sociale</b>	<b>CDSOC.....33</b>
<b>Satisfaction des attentes de l agriculteur</b>	<b>SATISA.....34</b>
<b>Facilite de mise en oeuvre</b>	<b>FMO.....35</b>
Complexite des itineraires techniques	<b>CIC.....36</b>
Temps de veille technico-economique	<b>TVTE.....37</b>
<b>Qualite des conditions de travail</b>	<b>QCT.....38</b>
Surcharge de travail	<b>SDT.....39</b>
Difficulte physique	<b>DIFF.....40</b>
Risque pour la sante de l applicateur	<b>TOX.....42</b>
<b>Satisfaction des attentes de la societe</b>	<b>SATISS.....43</b>
Contribution a l emploi	<b>EMP.....44</b>
Fourniture de matieres premieres	<b>FMP.....45</b>
<b>Dimension environnementale</b>	<b>CDENV.....48</b>
<b>Contribution a la qualite du milieu</b>	<b>COM.....49</b>
<b>Contribution a la qualite de l eau</b>	<b>CQE.....50</b>
Maitrise des pertes de NO3	<b>MPNO3.....51</b>
Maitrise des pertes de P	<b>MPPH.....52</b>
<b>Maitrise des pertes de pesticides Eaux</b>	<b>MPPE.....53</b>
Maitrise pertes dans les eaux profondes	<b>MPEP.....54</b>
Maitrise pertes dans les eaux superficielles	<b>MPES.....55</b>
<b>Contribution a la qualite air</b>	<b>COA.....56</b>
Maitrise des emissions de NH3	<b>MNH3.....57</b>
Maitrise des emissions de N2O	<b>MN2O.....58</b>
Maitrise des emissions de pesticides Air	<b>MPA.....59</b>
<b>Preservation de la qualite du sol</b>	<b>POS.....60</b>
Maitrise du statut organique	<b>MSO.....61</b>
Maitrise de l erosion	<b>MERO.....62</b>
Maitrise de l accumulation d elements toxiques	<b>MAET.....63</b>
<b>Pression sur les ressources abiotiques</b>	<b>PSRA.....64</b>
<b>Pression Eau</b>	<b>PSEAU.....65</b>
Conso. en eau d irrigation en periode critique	<b>IRRC.....66</b>
Dependance vis a vis de la ressource en eau	<b>DPEAU.....67</b>
<b>Pression Energie</b>	<b>PSEN.....68</b>
Consommation en energie	<b>CEN.....69</b>
Efficience energetique	<b>EEN.....70</b>
Pression Phosphore	<b>PSPH.....71</b>
<b>Conservation de la biodiversite</b>	<b>CBIODI.....72</b>
<b>Conservation de la macrofaune</b>	<b>CMF.....73</b>
Conservation de la macrofaune du sol	<b>CMS.....74</b>
Conservation des insectes volants	<b>CIV.....75</b>
<b>Conservation de la flore</b>	<b>CFLO.....76</b>
Diversite floristique	<b>DIVF.....77</b>
Abondance floristique	<b>ABOF.....78</b>
Conservation des micro-organismes du sol	<b>CMOS.....79</b>

# Contribution au développement durable

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

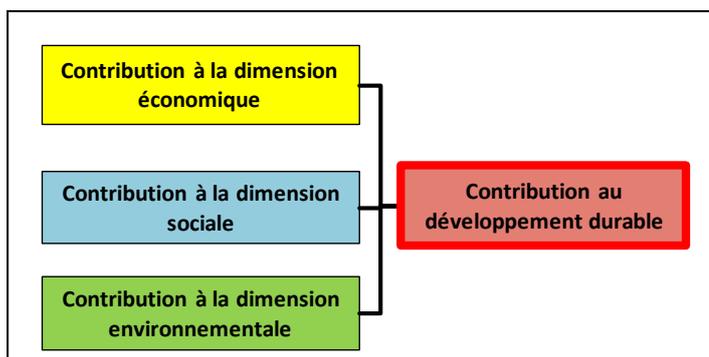
Aucun

**Critère parent :**

Il s'agit du critère racine du modèle hiérarchique MASC

**Nom de variable :**

CDD

**Objet :**

Ce critère synthétise qualitativement l'ensemble des critères d'évaluation des systèmes de culture relatifs aux trois dimensions du développement durable.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 7

Classes : très faible ; faible ; assez faible ; moyenne; assez élevée ; élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères basiques :

- Contribution à la dimension économique (CDECO),
- Contribution à la dimension sociale (CDSOC),
- Contribution à la dimension environnementale (CDENV).

Chacun des critères ayant cinq classes, 125 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la contribution au développement durable des systèmes de culture.

Dans la version livrée de MASC, ces trois critères CDECO, CDSOC et CDENV ont été affectés d'un poids équivalent (33%).

Cette pondération peut être modifiée. Cependant, un seuil minimum de 20% pour chacun des trois critères devra être respecté pour éviter une sous-pondération excessive d'un de ces domaines de préoccupation.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Contribution à la dimension économique

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

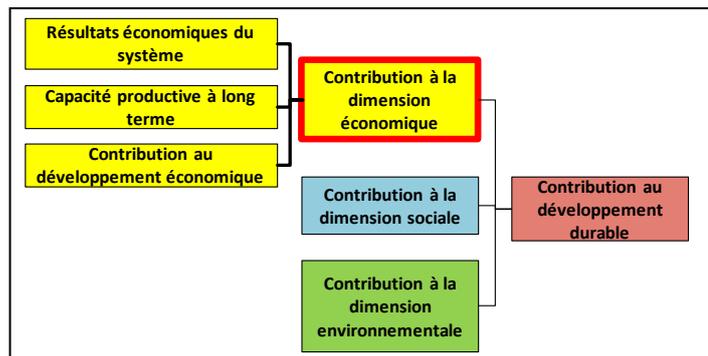
Contribution à la dimension économique

**Critère parent :**

Contribution au développement durable

**Nom de variable :**

CDECO



**Objet :**

Ce critère caractérise la contribution à la dimension économique des systèmes de culture en considérant des préoccupations et exigences de l'agriculteur, de la société et de la filière. La contribution au développement économique des systèmes de culture est évaluée en considérant simultanément trois aspects : les résultats économiques du système, l'évolution de la capacité productive à long terme des parcelles exploitées et la contribution au développement économique des filières et du territoire dans lequel le système de culture est intégré.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 5

Classes : très faible ; faible ; moyenne ; élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères :

- Résultats économiques du système (RES)
- Capacité productive à long terme (CPLT)
- Contribution au développement économique (CDEV)

Chacun des critères ayant quatre classes, 64 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la contribution au développement économique.

Dans la version livrée de MASC, ces trois critères RES, CPLT et CDEV ont été affectés d'un poids équivalent (33%).

Cette pondération peut être modifiée. Cependant, un seuil minimum de 20% pour chacun des trois critères devra être respecté pour éviter une sous-pondération excessive d'un de ces domaines de préoccupation.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Résultats économiques du système

## Type de critère :

Agrégé

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

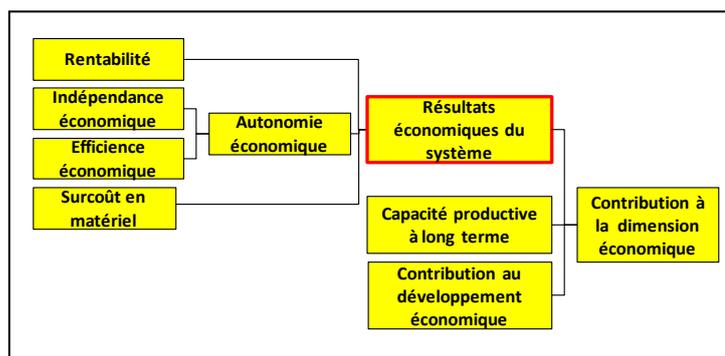
Contribution à la dimension économique

## Critère parent :

Contribution à la durabilité économique

## Nom de variable :

RES



## Objet :

Ce critère caractérise les résultats économiques du système de culture en tenant compte des principales préoccupations économiques de l'agriculteur. Les résultats économiques du système sont estimés en considérant simultanément trois aspects : la rentabilité à court terme, l'autonomie du système de culture vis-à-vis des intrants et des aides et enfin le surcoût en matériel lorsqu'un investissement est nécessaire.

## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Agrégation des critères :

- Rentabilité (MSN)
- Autonomie économique (AUTEKO)
- Surcoût en matériel (MAT)

Les critères MSN et AUTEKO ayant chacun quatre classes et le critère MAT trois classes, 48 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification des résultats économiques du système.

Dans la version livrée de MASC, les critères MSN, AUTEKO et MAT ont été affectés des poids respectifs 50%, 40% et 10%.

Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur. Néanmoins, un poids minimum de 20% sera accordé au critère **Autonomie économique**.

[Retour au sommaire](#) ↗

# Rentabilité

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension économique

**Critère parent :**

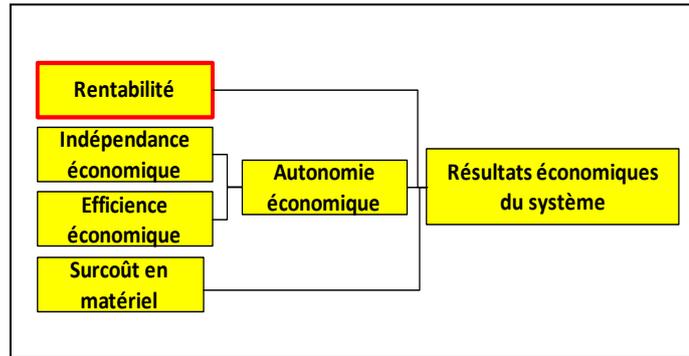
Résultats économiques du système

**Nom de variable :**

MSN

**Objet :**

Ce critère reflète la rentabilité à court terme du système de culture pour l'agriculteur. La rentabilité du système sera évaluée par la marge semi-nette afin de prendre en compte non seulement les charges opérationnelles mais aussi les charges de mécanisation. En effet la mise au point de systèmes de culture innovants peut impliquer de remplacer des charges liées aux intrants par des charges de mécanisation parfois plus coûteuses et non prises en compte dans le calcul de la marge brute. Une rentabilité élevée rendra le système de culture plus attractif pour les agriculteurs et sera donc portée au crédit de leur durabilité.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne; moyenne à élevée; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

La rentabilité à court terme est appréciée à partir de la marge semi-nette annuelle moyenne sur la rotation (en €/ha/an). Pour chacun des cycles culturaux, la marge est calculée par différence entre la somme du produit brut et des aides directes d'une part, et des charges opérationnelles et de mécanisation d'autre part.

$$MSN = [\sum_i (PB_i + SA_i - CO_i - CM_i)] / n$$

Avec :

PB : Produit Brut (en €/ha) = Quantité récoltée x Prix de vente

SA : Somme des Aides annuelles reçues (en €/ha)

CO : Charges opérationnelles (en €/ha) liées chaque année de la succession à :

- l'achat de semences, de produits phytosanitaires, de fertilisants
- la consommation de carburant dans la parcelle
- la main d'œuvre occasionnelle dédiée à la culture considérée
- l'irrigation (eau et énergie nécessaire)

CM : Charges de mécanisation annuelles en €/ha (amortissement, réparation et entretien du matériel) ; les charges de mécanisation peuvent être estimées à l'aide du barème TRAME-BCMA (2010).

n : Durée de la rotation en années ; i : année

Les marges semi-nettes peuvent être très variables suivant les productions qui composent le système de culture : par exemple, les marges des rotations avec betteraves sucrières du nord de la France sont très éloignées des marges des systèmes de culture avec tournesol du sud. Par conséquent, les valeurs-seuils qui permettent de discrétiser MSN en classes qualitatives doivent être adaptées localement.

**Commentaire :**

- Dans le cas d'une évaluation *a priori*, la détermination des rendements nécessaires au calcul du produit brut pourra être effectuée par expertise en se référant aux rendements de référence proposés en [Annexe VI](#) provenant du rapport Ecophyto R&D (2007).
- Les prix de vente des divers produits récoltés sont variables d'une année à l'autre. Par souci de représentativité, il est conseillé de retenir un prix de vente moyen en se référant aux prix observés sur les cinq dernières années dans le contexte d'évaluation.
- Plusieurs types d'aides existent : aides de la PAC (couplées, découplées...), aides territoriales (aides Natura 2000...). Le choix des aides à prendre en compte dans le calcul est laissé à l'utilisateur. Pour faciliter l'interprétation des résultats, toutes les aides comptabilisées pour évaluer la rentabilité économique, ainsi que le prix de vente retenu, seront spécifiés lors de la présentation des résultats et dans le rapport d'évaluation.
- Le montant des aides prises en compte pour la rentabilité sera remobilisé pour calculer le critère **Indépendance économique**.

**Références bibliographiques :**

IGER, 1998. Le mot juste. 250 termes et expressions pour analyser les résultats de gestion des exploitations agricoles. Educagri Editions, 187 p.

IGER, 1979. DICOVERT : Dictionnaire des termes et expressions d'économie et de gestion utilisés en agriculture, 403 p.

TRAME-BCMA, 2010. Coût prévisionnel indicatif d'utilisation des matériels agricoles, Juin 2010 : des matériels pour l'optique entraide, 36 p.

L'Est agricole et viticole, FDSEA. 2007. Barème d'entraides : Décembre 2007. Disponible sur : <[http://www.fnsea.fr/sites/d67/materiels/bareme\\_d\\_entraide\\_2007.pdf](http://www.fnsea.fr/sites/d67/materiels/bareme_d_entraide_2007.pdf)>

[Retour au sommaire ↗](#)

# Autonomie économique

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

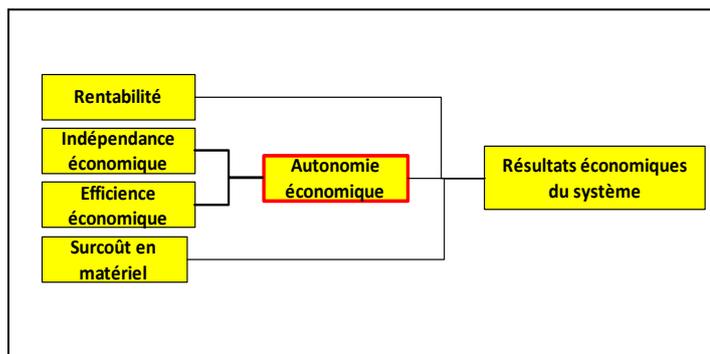
Contribution à la dimension économique

**Critère parent :**

Résultats économiques du système

**Nom de variable :**

AUTECO

**Objet :**

Ce critère reflète l'autonomie économique du système de culture, en tenant compte de son indépendance et de son efficacité économiques. Une autonomie économique élevée résulte d'une faible dépendance du système aux aides publiques et aux intrants. L'autonomie économique traduit la tolérance du système à des perturbations externes provenant directement du marché (pour le coût des intrants) et des politiques publiques (pour les aides).

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères basiques :

- Indépendance économique (IND)
- Efficience économique (EFF)

Chacun des critères basiques ayant quatre classes, seize règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de l'autonomie économique.

Une importance identique est donnée à IND et EFF. Dans la version livrée de MASC 2.0, les poids affectés à ces deux critères sont donc de 50 %.

Cette pondération peut être modifiée. Cependant, un seuil minimum de 20% pour chacun de ces deux critères devra être respecté pour éviter une sous-pondération excessive de ces domaines de préoccupation.

[Retour au sommaire](#) ↗

# Indépendance économique

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension économique

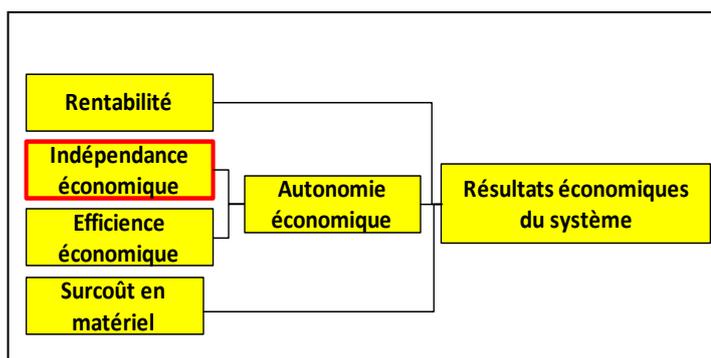
## Critère parent :

Autonomie économique

## Nom de variable :

IND

## Objet :



Ce critère reflète le niveau d'indépendance économique vis-à-vis de toutes les aides comptabilisées dans la marge semi-nette. Plus sa valeur est faible, plus le système de culture est dépendant des aides, et moins sa pérennité est assurée (risque supplémentaire associé à l'évolution, de plus en plus rapide, des régimes d'aides publiques).

## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

L'indépendance économique est estimée à partir du rapport moyen des aides sur la marge semi-nette, à l'échelle du système de culture.

$$IND = [\sum_i [1 - (SA_i / MSN_i)] \times 100] / n$$

Avec :

SA : Somme des Aides annuelles reçues (en €/ha)

MSN : Marge Semi-Nette (en €/ha) (calculée par ailleurs pour le critère Rentabilité)

n : Durée de la rotation en années ; i = année

Les valeurs-seuils qui permettent de discrétiser IND en classes qualitatives doivent être adaptées, en tenant compte des références économiques locales disponibles pour le ou les types de systèmes de culture considérés. Un exemple de valeurs-seuils est proposé dans le tableau 1.

Tableau 1 : Exemple de valeurs-seuils pour discrétiser IND

Indépendance économique (IND)	Classe qualitative
IND ≤ 20%	très faible
20% < IND ≤ 40%	faible à moyenne
40% < IND ≤ 60%	moyenne à élevée
60% < IND	très élevée

## Commentaire

Plusieurs types d'aides existent : aides de la PAC (couplées, découplées...), aides territoriales (aides Natura 2000...). Pour faciliter l'interprétation des résultats, toutes les aides comptabilisées pour évaluer la rentabilité économique, ainsi que les valeurs des produits retenues pour le calcul de la marge semi-nette, seront spécifiées lors de la présentation des résultats et dans le rapport d'évaluation.

## Référence bibliographique :

Vilain L., Boisset K., Girardin P., Guillaumin A., Mouchet C., Viaux P., Zahm F., 2008. La méthode IDEA : Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles - Guide d'utilisation, 3eme édition, Editions Educagri, Dijon, 159 p.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Effizienz économique

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension économique

## Critère parent :

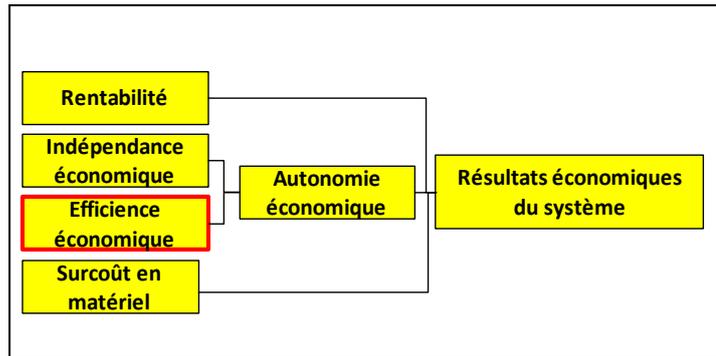
Autonomie économique

## Nom de variable :

EFF

## Objet :

Ce critère reflète, en valeur relative, l'efficacité économique des systèmes de culture en mettant en relation le résultat atteint (produit brut) et les ressources financières mobilisées (charges opérationnelles et de mécanisation). Plus sa valeur est faible, plus le système de culture est dépendant des intrants au sens large et moins sa pérennité est assurée (risque supplémentaire associé à l'évolution du prix des intrants consommés).



## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Il est calculé par le rapport entre le produit brut et les charges opérationnelles et de mécanisation.

$$EFF = [\sum_i [PB_i / (CO_i + CM_i) * 100] / n$$

Avec :

PB : Produit Brut (en €/ha) = Quantité récoltée x Prix de vente

CO : Charges opérationnelles (en €/ha) liées chaque année de la succession à :

- l'achat de semences, de produits phytosanitaires, de fertilisants
- la consommation de carburant dans la parcelle
- la main d'œuvre occasionnelle dédiée à la culture considérée

CM : Charges de mécanisation annuelles en €/ha (amortissement, réparation et entretien du matériel) ; Ces charges peuvent être estimées à l'aide du barème TRAME-BCMA (2010).

n : Durée de la rotation en années ; i : année

EFF est susceptible de larges variations, dues à la présence d'un rapport dans l'expression de calcul. Les **valeurs-seuils** qui permettent de le discrétiser en classes doivent être adaptées, en tenant compte des références économiques disponibles pour la gamme de systèmes de culture considérée.

## Commentaire :

Les aides ne sont pas comptabilisées dans le calcul pour mieux considérer l'autonomie du système de culture vis-à-vis des intrants et matériels.

## Références bibliographiques :

Ecophyto R&D : vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires", 2009. Rapport d'expertise. Inra ed., Tome II, 133 p.

Vilain L., Boisset K., Girardin P., Guillaumin A., Mouchet C., Viaux P., Zahm F., 2008. La méthode IDEA : Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles - Guide d'utilisation, 3ème édition, Editions Educagri, Dijon, 159 p.

TRAME-BCMA, 2010. Coût prévisionnel indicatif d'utilisation des matériels agricoles : des matériels pour l'optique entraide, 36 p.

IGER, 1998. Le mot juste. 250 termes et expressions pour analyser les résultats de gestion des exploitations agricoles. Educagri Editions, 187 p.

# Surcoût en matériel

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

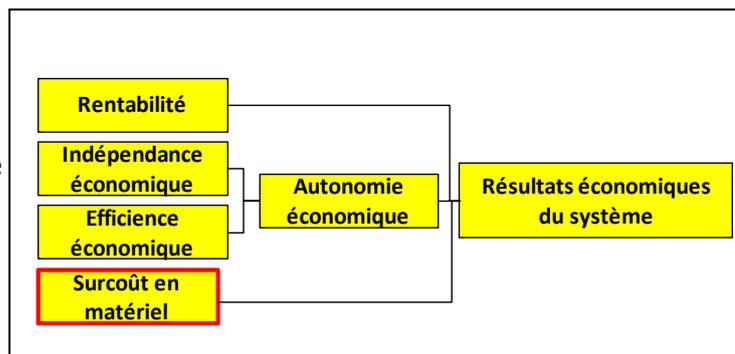
Contribution à la dimension économique

## Critère parent :

Résultats économiques du système

## Nom de variable :

MAT



## Objet :

Ce critère reflète les surcoûts en investissements liés au matériel supplémentaire spécifique au système de culture, nécessaire à l'introduction d'une nouvelle culture ou d'une nouvelle technique de travail du sol ou de récolte, ou encore au matériel supplémentaire lié à la mise sur le marché (par exemple stockage avant livraison). Ce critère considère l'effort lié à l'investissement économique associé à l'achat d'un matériel et se distingue donc de l'amortissement du matériel (déjà considéré dans le calcul de la rentabilité) qui est dépendant du niveau d'utilisation du matériel.

## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 3

Classes : faible ; moyen ; élevé

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Le critère peut être évalué **a/** directement par expertise, ou bien **b/** en passant par une évaluation précise du sur-investissement financier en matériel associé au système de culture envisagé, en se fondant sur l'investissement financier habituel associé au système de culture de référence, quand celui-ci existe.

Dans le cas « b », il est nécessaire de fixer au préalable des valeurs-seuils (en pourcentage) de surcoût en matériel par rapport à un investissement de base indispensable. Un exemple de valeurs-seuils est proposé dans le tableau 2.

Tableau 2: Exemple de valeurs-seuils permettant de discrétiser MAT

Surcoût en matériel (MAT)	Classe qualitative
$MAT \leq 20\%$	faible
$20\% < MAT \leq 50\%$	moyen
$50\% < MAT$	élevé

## Remarque :

- Si la valeur du critère est classée faible, le système de culture entraîne un surcoût en matériel nul ou négligeable. *A contrario*, si ce surcoût apparaît important, le critère prendra la valeur « élevé ».

Le choix de la valeur qualitative à affecter dans le cas **a/** ou des valeurs-seuils à retenir dans le cas **b/** nécessite inévitablement une expertise locale pour tenir compte de la taille et de la capacité d'investissement des exploitations agricoles présentes dans le bassin de production concerné par le projet d'évaluation.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Capacité productive à long terme

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

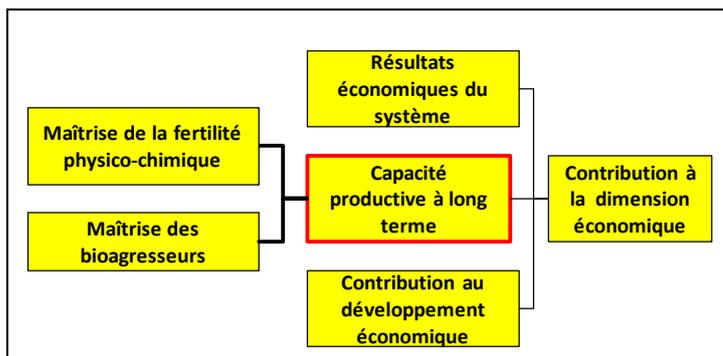
Contribution à la dimension économique

**Critère parent :**

Contribution à la dimension économique

**Nom de variable :**

CPLT



**Objet :**

Ce critère estime l'évolution à moyen et long terme de la capacité productive des parcelles. Conditionnant l'approvisionnement d'un territoire en matières premières d'origine agricole (ressources alimentaires, ressources énergétiques, fibres végétales...), le maintien de la capacité productive est un enjeu économique majeur intéressant à la fois les agriculteurs, les filières et la société dans son ensemble.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères :

- Maîtrise de la fertilité physico-chimique (MFPC)
- Maîtrise des bioagresseurs (MBAGR)

Chacun des critères ayant quatre classes, 64 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Capacité productive à long terme**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les deux critères MFPC et MBAGR ont été affectés d'un poids équivalent de 50% en considérant qu'ils affectent de manière équivalente la capacité productive à long terme de la parcelle.

Cette pondération peut être modifiée. Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise de la fertilité physico-chimique

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

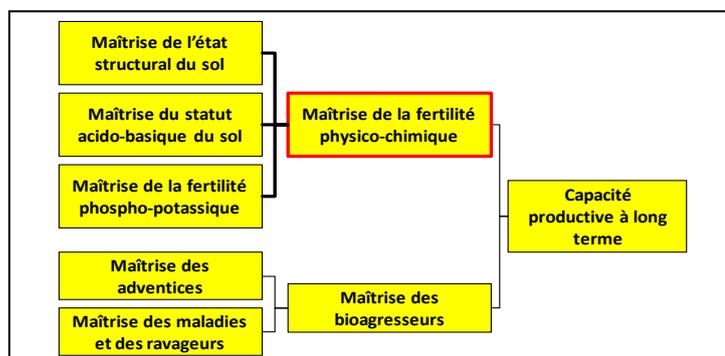
Contribution à la dimension économique

**Critère parent :**

Capacité productive à long terme

**Nom de variable :**

MFPC



**Objet :**

Ce critère estime l'évolution de la fertilité physique et chimique dans le système de culture considéré. La maîtrise de l'évolution de la fertilité physico-chimique est évaluée en ne prenant en compte que les composantes ayant des répercussions à moyen et long terme sur la capacité productive de la parcelle. Ainsi, la maîtrise des apports en eau par irrigation ou de la fertilisation azotée, par exemple, n'est pas intégrée dans cette branche d'évaluation car elle n'influence pas (ou peu) l'évolution de la fertilité de la parcelle sur le long terme. Les répercussions économiques d'une mauvaise maîtrise de ces dernières composantes physico-chimiques sont prises en considération dans le calcul du critère **Rentabilité** lors de l'estimation du rendement.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères :

- Maîtrise de l'état structural du sol (MESS)
- Maîtrise du statut acido-basique du sol (MSAB)
- Maîtrise de la fertilité phospho-potassique (MFPP)

Chacun des critères ayant quatre classes, 64 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Maîtrise de la fertilité physico-chimique**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, ces trois critères MESS, MSAB et MFPP ont été affectés d'un poids équivalent de 33% en raison de leurs impacts économiques potentiels et des difficultés techniques rencontrées pour restaurer un état dégradé pour chacune de ces trois composantes.

Cette pondération peut être modifiée. Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise de l'état structural du sol

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension économique

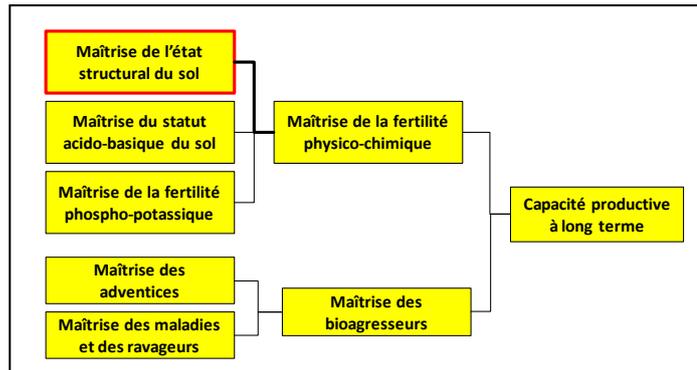
**Critère parent :**

Maîtrise de la fertilité physico-chimique

**Nom de variable :**

MESS

**Objet :**



Les passages répétés d'engins agricoles en conditions défavorables sont souvent responsables d'une dégradation de l'état structural du sol par compaction. Le tassement du sol induit, en réduisant la pénétration et la circulation de l'eau, de l'air, des organismes et des racines des cultures, peut fortement diminuer le potentiel de production de la parcelle. La régénération d'un sol compacté étant longue et coûteuse, la maîtrise de l'état structural du sol s'avère indispensable au maintien de la capacité productive à moyen et long terme de la parcelle.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Dans MASC 2.0, la **Maîtrise de l'état structural du sol** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

L'arbre satellite proposé dans MASC 2.0 permettant de qualifier la **maîtrise de l'état structural du sol** est détaillé par ailleurs dans la section des documents d'accompagnement de MASC 2.0 intitulée « Présentation des arbres satellites ». Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée des facteurs jouant sur la dégradation de la structure du sol (**Proportion de cultures récoltées en mauvaises conditions** et **Effet des équipements limitant le tassement**) et des facteurs de régénération de la structure du sol (**Aptitude du sol à la fissuration** et **Régénération mécanique de la structure du sol**).

[Retour au sommaire ↗](#)

## Maîtrise du statut acido-basique du sol

### Type de critère :

Basique

### Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension économique

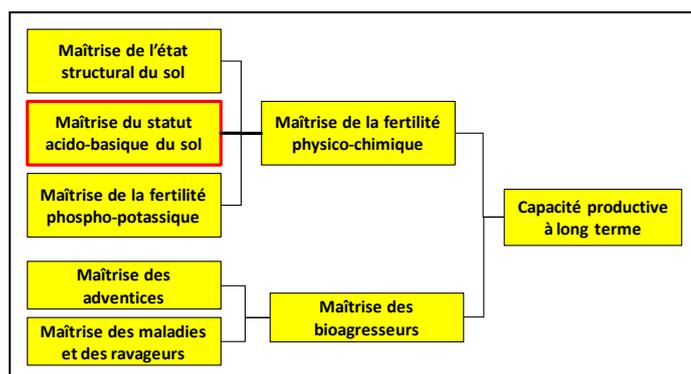
### Critère parent :

Maîtrise de la fertilité physico-chimique

### Nom de variable :

MSAB

### Objet :



Les sols ont tendance à s'acidifier progressivement du fait de processus naturels et anthropiques. Une mauvaise maîtrise du statut acido-basique engendre une baisse de la fertilité des sols : diminution ou augmentation excessive du pH, réduction de la capacité d'échanges cationiques, risque de toxicité de certains éléments minéraux (aluminique par exemple), diminution de la stabilité structurale, blocage dans le sol de certains éléments nutritifs, baisse de l'activité biologique... La maîtrise du statut acido-basique est donc indispensable pour maintenir le potentiel de production de la parcelle.

### Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

### Mode de calcul ou d'évaluation :

Dans MASC 2.0, la **Maîtrise du statut acido-basique du sol** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle disponible s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

L'arbre satellite proposé dans MASC 2.0 permettant de qualifier la [maîtrise du statut acido-basique du sol](#) est détaillé par ailleurs dans la section des documents d'accompagnement de MASC 2.0 intitulée « Présentation des arbres satellites ». Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée du **Statut acido-basique initial**, de la **CEC (pouvoir tampon)** et de **l'Effet du système de culture** (combinaison de l'effet des pratiques acidifiantes et de l'effet des amendements basiques).

[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise de la fertilité phospho-potassique

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension économique

## Critère parent :

Maîtrise de la fertilité physico-chimique

## Nom de variable :

MFPP

## Objet :

Le phosphore et le potassium sont des éléments minéraux indispensables à la croissance des cultures. Par opposition à l'azote, le phosphore et le potassium font l'objet d'une gestion à plus long terme car ces éléments sont peu labiles. Une mauvaise maîtrise de la fertilité phospho-potassique peut, à moyen et long terme, conduire à une diminution de la capacité productive de la parcelle.

## Modalités de qualification :

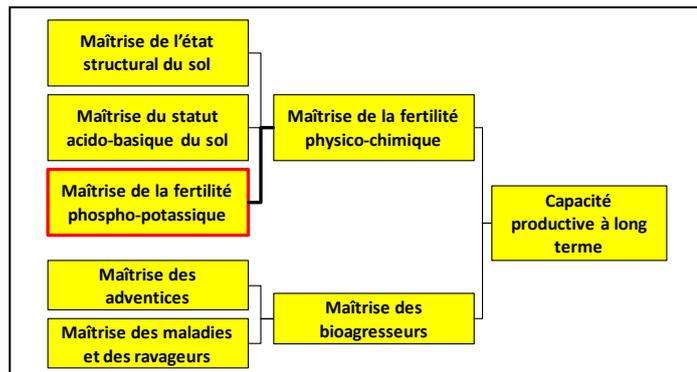
Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Dans MASC 2.0, la **Maîtrise de la fertilité phospho-potassique** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle disponible s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

L'arbre satellite proposé dans MASC 2.0 permettant de qualifier la **maîtrise de la fertilité phospho-potassique du sol** est détaillé par ailleurs dans la section des documents d'accompagnement de MASC 2.0 intitulée « Présentation des arbres satellites ». Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée de la maîtrise de la fertilité phosphorique et potassique en considérant l'**Etat de fertilité initiale**, le **Bilan et le recyclage** interne de ces éléments par des résidus de culture et le **Pouvoir tampon du sol**.



[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise des bioagresseurs

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

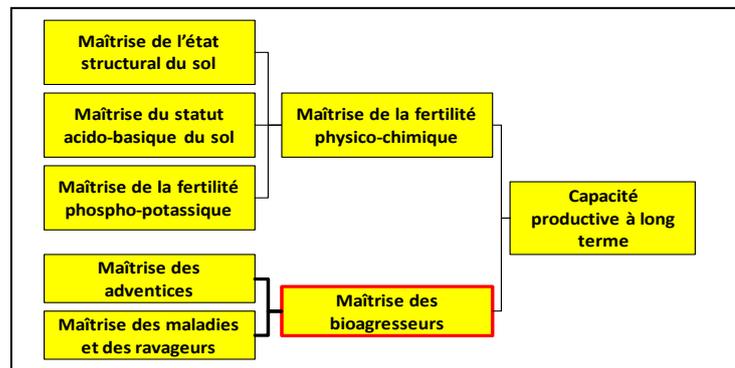
Contribution à la dimension économique

**Critère parent :**

Capacité productive à long terme

**Nom de variable :**

MBAGR

**Objet :**

Ce critère estime l'évolution probable de la pression des bioagresseurs dans les systèmes de culture évalués avec MASC. Les bioagresseurs (ennemis des cultures) sont des organismes susceptibles d'entraîner des pertes économiques par diminution des rendements et/ou par altération de la qualité. Ce terme regroupe les adventices, qui exercent une compétition sur les cultures pour les ressources (lumière, eau et éléments minéraux), et des maladies et ravageurs (agents pathogènes, insectes, limaces...) exerçant une pression sur les cultures par parasitisme ou prédation. Compte tenu de l'échelle de travail choisie, seuls les bioagresseurs peu mobiles et donc inféodés au système de culture (maladies telluriques, nématodes...) sont considérés dans cette évaluation.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères :

- Maîtrise des adventices (MADV)
- Maîtrise des maladies et ravageurs (MMR)

Chacun de ces deux critères ayant quatre classes, 16 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Maîtrise des bioagresseurs**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, ces deux critères MADV, MMR ont été affectés d'un poids équivalent de 50% en raison de leurs impacts économiques potentiels et des difficultés techniques rencontrées pour restaurer un état dégradé pour ces deux composantes.

Cette pondération peut être modifiée. Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise des adventices

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension économique

## Critère parent :

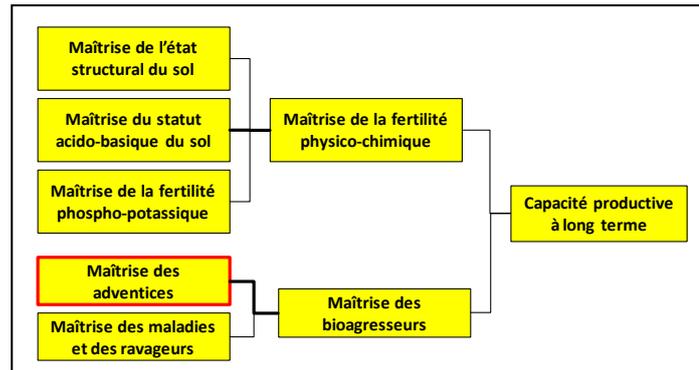
Maîtrise des bioagresseurs

## Nom de variable :

MADV

## Objet :

Les populations d'adventices, lorsqu'elles sont insuffisamment maîtrisées dans un système de culture, peuvent envahir progressivement la parcelle jusqu'à des niveaux incontrôlables ou préjudiciables pour les cultures. La maîtrise des adventices, c'est-à-dire le maintien du stock semencier dans le sol à des niveaux suffisamment bas pour éviter de tels risques à moyen et long terme, est par conséquent très importante pour préserver la capacité productive à long terme de la parcelle.



## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Dans MASC 2.0, la maîtrise des adventices est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

L'arbre satellite proposé dans MASC 2.0 permettant de qualifier la [maîtrise des adventices](#) est détaillé par ailleurs dans la section des documents d'accompagnement de MASC 2.0 intitulée « Présentation des arbres satellites ». Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée de l'**Effet de la diversité des dates de semis**, de l'**Effet du labour** et de l'**Effet des méthodes de lutte**. Cette décomposition distingue :

- L'**Effet des méthodes de lutte** regroupant les interventions mises en œuvre spécifiquement pour maîtriser les adventices.
- L'effet des principales méthodes de contrôle cultural (**Effet de la diversité des dates de semis** et **Effet du labour**) ayant un impact important sur le niveau de maîtrise des adventices mais qui ne sont généralement pas mises en œuvre uniquement dans cet objectif.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise des maladies et des ravageurs

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension économique

## Critère parent :

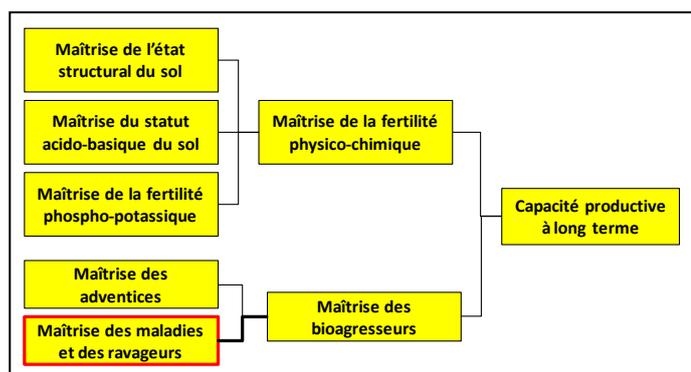
Maîtrise des bioagresseurs

## Nom de variable :

MMR

## Objet :

Les maladies et ravageurs telluriques ou à faible dispersion, lorsqu'ils sont insuffisamment contrôlés dans le système de culture, peuvent coloniser et infester progressivement la parcelle, jusqu'à des niveaux préjudiciables pour les cultures. La maîtrise des maladies et ravageurs, c'est-à-dire le maintien de la taille des populations à des niveaux suffisamment bas pour éviter de tels risques à moyen et long terme, est par conséquent très importante pour préserver la capacité productive à long terme de la parcelle.



## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Dans MASC 2.0, la **Maîtrise des maladies et ravageurs** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être remplacé par un autre modèle s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

L'arbre satellite proposé dans MASC 2.0 permettant de qualifier la [maîtrise des maladies et des ravageurs](#) est détaillé par ailleurs dans la section des documents d'accompagnement de MASC 2.0 intitulée « Présentation des arbres satellites ». Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée de l'**Effet de la diversité des dates de semis**, de l'**Effet du labour** et de l'**Effet des méthodes de lutte**. Cette décomposition distingue :

- L'**Effet des méthodes de lutte** regroupant les interventions mises en œuvre spécifiquement pour maîtriser les maladies et ravageurs.
- L'effet des principales méthodes de contrôle cultural (**Effet de la diversité des familles cultivées** et **Effet du travail du sol - gestion des résidus**) ayant un impact important sur le niveau de maîtrise des maladies et des ravageurs mais qui ne sont généralement pas mises en œuvre uniquement dans cet objectif.

[Retour au sommaire](#) ↗

# Contribution au développement économique

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

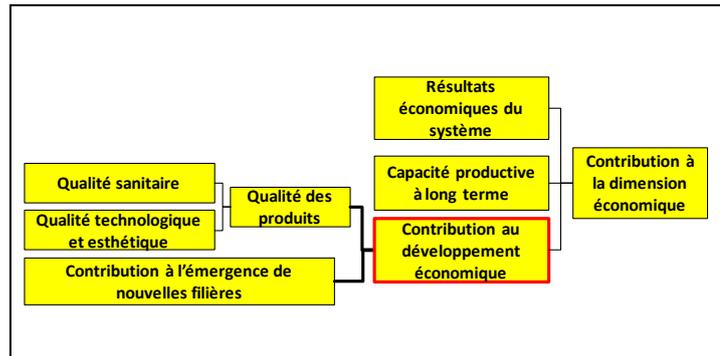
Contribution à la dimension économique

**Critère parent :**

Contribution à la dimension économique

**Nom de variable :**

CDEV



**Objet :**

Ce critère caractérise la contribution du système de culture au développement économique des filières et du territoire dans lesquels il s'insère en considérant simultanément deux aspects : la qualité des produits et la contribution à l'émergence de nouvelles filières.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères :

- Qualité des produits (QP)
- Contribution à l'émergence de nouvelles filières (CENF)

Ces critères ayant respectivement quatre et trois classes, douze règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la contribution au développement économique.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les deux critères QP et CENF ont été affectés de poids respectifs de 80% et 20%. Une importance relative plus faible a été accordée au critère CENF pour ne pas pénaliser les systèmes composés de cultures exclusivement destinées à l'approvisionnement des filières existantes. Dans la fonction d'utilité livrée par défaut dans MASC 2.0, CENF intervient comme un « bonus » vis-à-vis de la classe qualitative obtenue pour le critère **Qualité des produits**. Cette pondération peut être modifiée. Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur pour permettre une contextualisation des évaluations avec MASC.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Qualité des produits

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

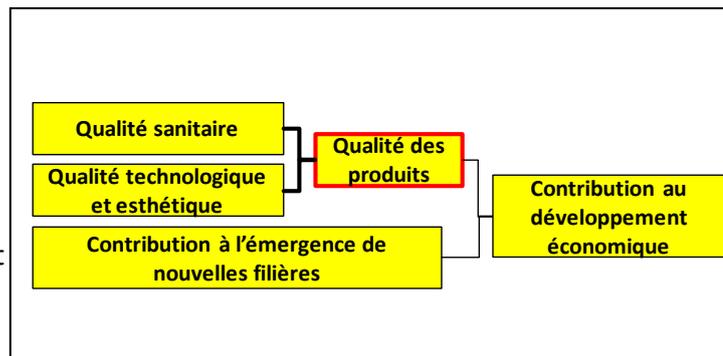
Contribution à la dimension économique

**Critère parent :**

Contribution au développement économique

**Nom de variable :**

QP

**Objet :**

Ce critère estime le risque de ne pas atteindre le niveau de qualité exigé par les filières pour les différents produits récoltés dans le système de culture. La qualité des produits est évaluée en considérant simultanément deux aspects : la qualité sanitaire et la qualité technologique et esthétique des produits. La production de produits de mauvaise qualité est à l'origine de contraintes économiques souvent importantes à la fois pour l'agriculteur et pour les filières considérées.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères :

- Qualité sanitaire des produits (QSP)
- Qualité technologique et esthétique des produits (QTEP)

Ces critères ayant trois classes chacun, neuf règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la qualité des produits.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les critères QSP et QTEP ont été affectés d'un poids respectif de 80% et 20%. Une importance plus forte a été accordée au critère **Qualité sanitaire des produits** car, en grande culture, un défaut de la qualité sanitaire induit par la présence de mycotoxines, par exemple, rend généralement impossible toute commercialisation de la récolte. Un défaut de qualité esthétique et/ou technologique quant à lui est plus souvent responsable d'un déclassement de la production.

Cette pondération peut être modifiée. Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur pour permettre une contextualisation des évaluations avec MASC.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Qualité sanitaire des produits

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension économique

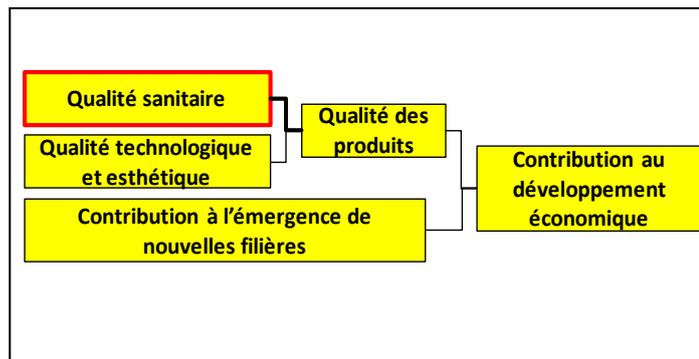
**Critère parent :**

Qualité des produits

**Nom de variable :**

QSP

**Objet :**



La qualité sanitaire des produits en grande culture est actuellement principalement liée au risque de contamination par les mycotoxines. Les mycotoxines sont des métabolites secondaires produits par les champignons qui colonisent les cultures ; elles constituent un important problème de qualité sanitaire en raison de leurs effets toxiques chez l'homme et les animaux. Les réglementations sur les mycotoxines en grande culture concernent actuellement les céréales, considérées comme sensibles au risque. Plus un système de culture induit un risque « élevé » de contamination par les mycotoxines, moins ce système contribuera au développement durable.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 3

Classes : faible, moyenne, élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Ce critère est estimé en réalisant la moyenne des indices de risque de contamination (cf. tableau 3) associés à chaque culture sensible de la rotation.

$$QSP = (\sum_i IS_i) / NC$$

Avec :

IS<sub>i</sub> : indice de risque de contamination par les mycotoxines pour les cultures sensibles (Blé, Maïs, Seigle, Triticale, Orge de printemps, Avoine).

NC : nombre totale de cultures présentes dans la rotation.

**Tableau 3 : Valeurs du coefficient IS caractérisant le risque d'apparition de mycotoxines sur les cultures sensibles.**

Système de culture		Sensibilité variétale à la fusariose	Niveaux de risque
Précédents	Techniques culturales		
Colza, Lin, Pois, Féverole, Tournesol...	Labour	Peu sensible	1
		Moyennement sensible	1
		Sensible	2
	Techniques sans labour	Peu sensible	2
		Moyennement sensible	2
		Sensible	2
Céréales à pailles	Labour	Peu sensible	2
		Moyennement sensible	2
		Sensible	3
	Techniques sans labour	Peu sensible	2
		Moyennement sensible	3
		Sensible	3
Maïs, Sorgho	Labour	Peu sensible	2
		Moyennement sensible	2
		Sensible	3
	Techniques sans labour	Peu sensible	(3), 4
		Moyennement sensible	(4), 5
		Sensible	(4), 5

(\*) : précédent maïs fourrage

Les valeurs-seuils préconisées pour discrétiser QSP sont présentées dans le tableau 4 :

Tableau 4 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser QSP

Qualité sanitaire des produits (QSP)	Classe qualitative
QSP < 1	élevée
1 < QSP < 2	moyenne
QSP ≥ 2	faible

**Remarque :**

Le critère QSP sera renseigné par la classe qualitative « élevée» pour les systèmes ne comportant pas de cultures sensibles.

**Références bibliographiques :**

Arvalis info, Janvier 2007. Qualité sanitaire maïs grain : Mobiliser tous les leviers pour préserver la qualité sanitaire, p. 17-20. Disponible sur :

<[http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr/fr/arvalis\\_infos/AI\\_mais\\_06I28.asp](http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr/fr/arvalis_infos/AI_mais_06I28.asp)>

ENDURE Maize Case Study, 2010. Guide Number 3, Prevention Of Ear Rots Due To Fusarium Spp. On Maize And Mycotoxin Accumulation. Disponible sur :

<<http://www.endure-network.eu/content/download/5519/43215/file/Maize%20Case%20Study%20Guide%20Number%203.pdf>>

Perspective agricole, 2008. Dossier mycotoxines : la prévention au champ avant tout, n°346, p. 32-34. Disponible sur : <<http://www.sem-partners.com/doc/ftech/mycotoxines.pdf>>

Syngenta, Avril 2010. Mycotoxines T-2 et HT-2 sur orge : la grille de risque évolue en 2010. Disponible sur : <[http://www.syngenta-agro.fr/synweb/agroCompet\\_232\\_1\\_2225\\_Grille-T2-et-HT2-2010-sur-orge.aspx](http://www.syngenta-agro.fr/synweb/agroCompet_232_1_2225_Grille-T2-et-HT2-2010-sur-orge.aspx)>

[Retour au sommaire ↗](#)

# Qualité technologique et esthétique

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

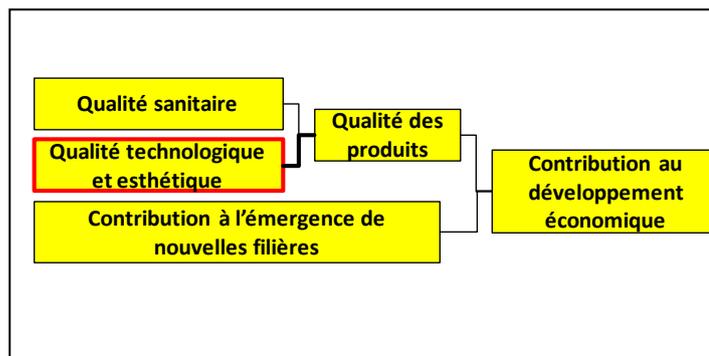
Contribution à la dimension économique

**Critère parent :**

Qualité des produits

**Nom de variable :**

QTE



**Objet :**

Ce critère vise à évaluer le risque de ne pas atteindre, sur les produits récoltés, le niveau de qualité demandé par la filière (entreprises de collecte, industries de transformation...). Les acteurs de la filière agricole et alimentaire attendent des qualités technologiques et/ou esthétiques particulières pour certains produits récoltés (exemples : teneur minimale en protéines à dépasser pour le blé panifiable ; teneur maximale en protéines à ne pas dépasser pour l’orge de brasserie, absence de certains défauts visuels sur des cultures légumières ou fruitières de plein champ...). On ne dispose pas encore d’approches pratiques et simples permettant d’estimer *a priori* la qualité technologique des produits récoltés. En conséquence, seule une démarche à dire d’expert est possible pour estimer le risque de ne pas atteindre les objectifs de qualité assignés à ces cultures.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 3

Classes : faible ; moyenne ; élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

La qualité technologique des produits est appréciée par la moyenne, sur la rotation, des coefficients caractérisant le risque de ne pas atteindre le niveau de qualité attendu pour chaque culture du système évalué.

$$QTE = \sum_i Q_i / n$$

Avec :

Qi : Coefficient caractérisant le risque de ne pas atteindre l’objectif de qualité pour la culture i (cf. tableau 5). Pour exprimer le critère en termes de qualité, on notera qu’à une valeur faible du risque est associé une valeur élevée de Qi.

n : Durée de la rotation en années

Tableau 5 : Valeurs du coefficient Qi

Qualité Technologique et esthétique des Produits	Qi
Risque avéré de non-atteinte de la qualité (objectif atteint environ une année sur trois)	0
Risque moyen de non-atteinte de la qualité (ex : objectif atteint environ une année sur deux)	1
Risque faible de non-atteinte de la qualité (objectif presque toujours atteint)	2

La valeur du coefficient  $Q_i$  est attribuée par expertise pour chaque culture de la rotation en prenant en compte notamment le choix de la variété, l'effet du précédent cultural, l'effet de la fertilisation et l'aléa climatique dans la région donnée. La note attribuée à une culture sera aussi fortement conditionnée par le niveau d'exigence associé à la destination visée du produit. Par exemple, un blé ayant une teneur en protéines de 10% ne sera pas considéré de la même manière dans une boulangerie industrielle ou biologique. Les valeurs-seuils préconisées pour discrétiser QTE sont présentées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Préconisation de valeurs-seuils pour QTE

Qualité Technologique et Esthétique (QTE)	Classe qualitative
$QTE < 1.5$	faible
$1.5 \leq QTE < 2$	moyenne
$QTE = 2$	élevée

**Commentaire :**

Les cultures destinées à la production animale pour lesquelles il n'y a pas d'impératifs vis-à-vis de la qualité technologique et esthétique des produits recevront la note de risque la plus faible ( $Q_i=2$ ).

L'expertise dirigée pourra notamment s'appuyer sur les recommandations spécifiées localement dans les contrats de production liant l'agriculteur et la structure de collecte.

[Retour au sommaire ↗](#)

## Contribution à l'émergence de nouvelles filières

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

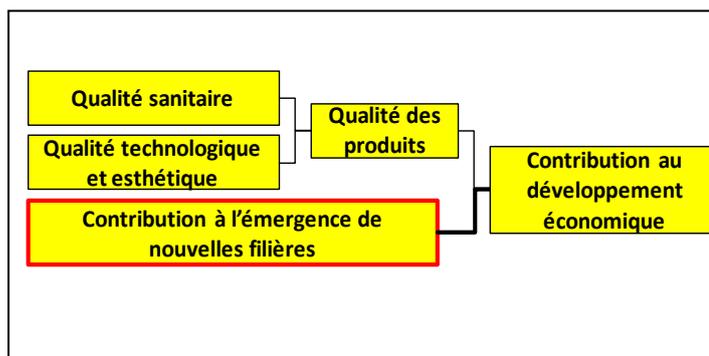
Contribution à la dimension économique

**Critère parent :**

Contribution au développement économique

**Nom de variable :**

CENF



**Objet :**

Ce critère reflète la contribution du système de culture à la diversification de l'activité économique d'un territoire en participant à l'émergence de nouvelles filières. Plus les filières sont nombreuses et diversifiées sur un territoire, plus la résilience des activités économiques dépendantes de la production agricole sera importante face à une perturbation d'ordre social, économique ou environnemental. La contribution d'un système de culture à l'émergence de nouvelles filières peut être évaluée en considérant la production de cultures peu répandues (chanvre, miscanthus...) et la commercialisation de produits récoltés vers une nouvelle activité de valorisation des produits agricoles. Ce mode d'évaluation considère à la fois les répercussions du système de culture sur les filières de l'aval (ex : entreprises de transformation et de commercialisation des produits) et de l'amont (entreprises de l'agro-fourriture).

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 3

Classes : nulle, moyenne ; élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Ce critère est évalué en réalisant la moyenne des indices de contribution à l'émergence de nouvelles filières (CENF<sub>i</sub>) attribués à chaque culture de la rotation.

$$CENF = [\sum_i CENF_i] / n$$

Avec :

CENF<sub>i</sub> : Indice de contribution à l'émergence de nouvelles filières pour la culture i

n : Durée de la rotation en années

Les valeurs du coefficient CENF<sub>i</sub> sont attribuées par expertise locale en se référant au tableau 7.

Tableau 7 : Valeurs du coefficient CENF<sub>i</sub>

Contribution à l'émergence de nouvelles filières	CENF <sub>i</sub>
<b>Cultures bien implantées</b> dans le bassin de production concerné et commercialisées via une filière classique (ex : blé, maïs grain en région céréalière).	0
<b>Cultures faiblement implantées</b> sur le territoire et commercialisées par le biais de filières émergentes (exemple : cultures labélisées AB, cultures énergétiques, cultures destinées à la production de fibres...).	1
<b>Cultures peu ou pas implantées</b> dans le bassin de production impliquant le développement d'une nouvelle filière.	2

Un exemple de valeurs-seuils est proposé dans le tableau 8.

**Tableau 8 : Exemple de valeurs-seuils permettant de discrétiser CENF**

Contribution à l'émergence de nouvelles filières (CENF)	Classe qualitative
$CENF = 0$	nulle
$0 < CENF < 0.5$	moyenne
$CENF \geq 0.5$	élevée

[Retour au sommaire ↗](#)

# Contribution à la dimension sociale

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

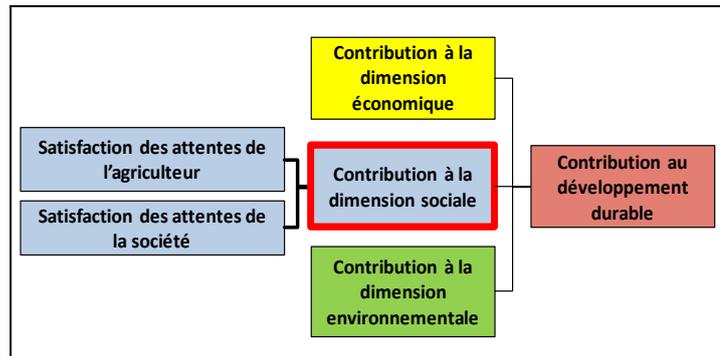
Contribution à la dimension sociale

**Critère parent :**

Contribution au développement durable

**Nom de variable :**

CDSOC



**Objet :**

Ce critère donne une appréciation qualitative sur la compatibilité du système de culture avec les attentes « sociales » de l'agriculteur et celles de la société.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères basiques :

- Satisfaction des attentes de l'agriculteur (SATISA),
- Satisfaction des attentes de la société (SATISS).

SATISA et SATISS ayant chacun quatre classes, seize règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Contribution à la dimension sociale**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les poids de cette fonction d'utilité sont bornés : un poids minimum de 30% doit être affecté à chacun de ces deux critères.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Satisfaction des attentes de l'agriculteur

**Type de critère :**

Agrégré

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

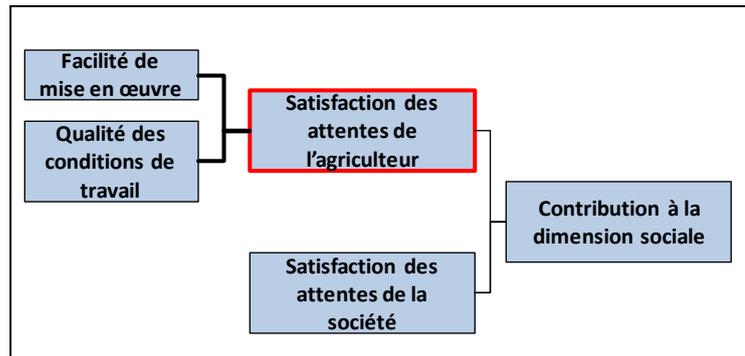
Contribution à la dimension sociale

**Critère parent :**

Contribution à la dimension sociale

**Nom de variable :**

SATISA



**Objet :**

Ce critère donne une appréciation qualitative sur la compatibilité du système de culture avec les attentes « sociales » de l'agriculteur. Ce critère est évalué en prenant en compte la facilité de mise en œuvre du système de culture et son impact sur la qualité des conditions de travail.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères basiques :

- Facilité de mise en œuvre (FMO),
- Qualité des conditions de travail (QCT)

FMO et QCT ayant chacun quatre classes, seize règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Satisfaction des attentes de l'agriculteur**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les critères FMO et QCT ont été affectés d'un poids équivalent de 50%. Ces pondérations peuvent être modifiées. Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Facilité de mise en œuvre

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

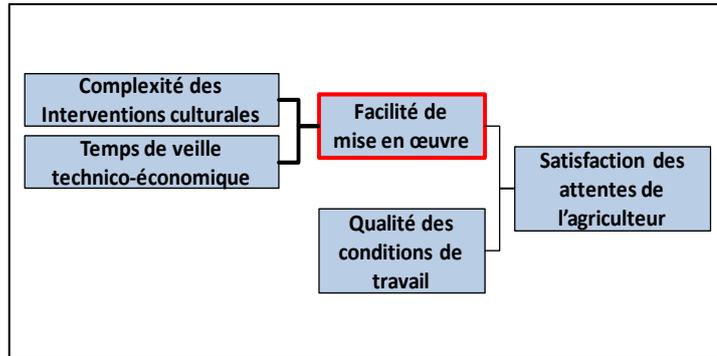
Contribution à la dimension sociale

**Critère parent :**

Satisfaction des attentes de l'agriculteur

**Nom de variable :**

FMO



**Objet :**

Ce critère donne une appréciation qualitative des difficultés techniques liées à la réalisation d'un système de culture. Suivant les cultures et les itinéraires techniques choisis, certains systèmes sont plus difficiles à mettre en œuvre que d'autres. Le critère **Facilité de mise en œuvre** tient compte à la fois de la complexité des interventions culturelles associées aux cultures et du temps de veille technico-économique nécessaire à la collecte d'informations et à la prise de décision.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères basiques :

- Complexité des interventions culturelles (CIC),
- Temps de veille technico-économique (TVTE)

CIT et TVTE ayant respectivement quatre et trois classes, douze règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Facilité de mise en œuvre** du système de culture.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les critères CIC et TVTE ont été affectés respectivement des poids 70% et 30%. Ces pondérations peuvent être modifiées. Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Complexité des interventions culturelles

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

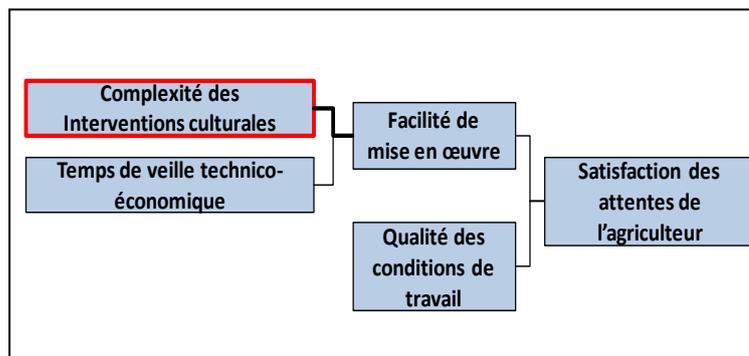
Contribution à la dimension sociale

**Critère parent :**

Facilité de mise en œuvre

**Nom de variable :**

CIC



**Objet :**

Ce critère estime la facilité de mise en œuvre du système à partir de la complexité des interventions culturelles. L'appréciation tient compte des objectifs de qualité assignés aux cultures et des difficultés de maîtrise des interventions associées à la conduite des différentes cultures. Par exemple, la conduite des cultures irriguées est plus complexe que celle des cultures non irriguées.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

La complexité des interventions culturelles est appréciée par la moyenne des coefficients de complexité affectés à chacune des cultures.

$$CIC = [\sum_i (K_i)] / n$$

Avec :

K<sub>i</sub> : Coefficient de complexité affecté à chaque année culturale i

n : Durée de la rotation en années

**Valeurs du coefficient K :**

L'affectation d'un niveau de complexité à une culture est réalisée par expertise locale. Un exemple d'affectation des coefficients K est présenté dans le tableau 9. Dans cet exemple, trois niveaux de complexité sont retenus.

Tableau 9 : Exemple d'affectation des coefficients de complexité des itinéraires techniques pour plusieurs cultures.

K	1 Cultures faciles à maîtriser	2 Cultures moyennement difficiles à maîtriser	3 Cultures difficiles à maîtriser
Cultures	Céréales à paille (Blé, Orge, Avoine, Triticale...)	Cultures d'été irriguées	Tabac
		Pois	Oignon
		Lupin	Carottes
	Cultures d'été non irriguées (Maïs, Sorgho, Tournesol...)	Colza	Cultures en association
		Lentilles	Cultures semencières

Ajout de 1 point à K l'année i si une culture intermédiaire est présente, si le désherbage est réalisé mécaniquement ou si une culture est semée dans un couvert préexistant.

Un exemple de valeurs-seuils permettant de discrétiser CIC est présenté dans le tableau 10.

Tableau 10 : Exemple de valeurs-seuils permettant de discrétiser CIC

Complexité des interventions culturelles (CIC)	Classe qualitative
CIT < 1,5	très faible
1,5 ≤ CIT < 2	faible à moyenne
2 ≤ CIT < 2,5	moyenne à élevée
CIT ≤ 2,5	très élevée

## Temps de veille technico-économique

### Type de critère :

Basique

### Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension sociale

### Critère parent :

Facilité de mise en œuvre

### Nom de variable :

TVTE

### Objet :

Ce critère caractérise la difficulté de mise en œuvre d'un système de culture composé d'un nombre élevé de cultures différentes. La mise en œuvre d'une rotation longue et diversifiée est source de complexité pour l'agriculteur car cela implique de mobiliser et d'actualiser beaucoup de connaissances sur l'environnement technique et économique de chaque culture de la rotation (exemples : recherche d'informations pour chaque culture sur l'évolution du prix de vente, sur de nouveaux débouchés, sur les innovations techniques...).

### Modalités de qualification :

Nombre de classes : 3

Classes : faible, moyen, élevé

### Mode de calcul ou d'évaluation :

Le temps de veille technico-économique est apprécié directement en comptabilisant le nombre de cultures différentes dans la rotation. Ici, seules les cultures commercialisées ou autoconsommées sur l'exploitation seront comptabilisées.

Un exemple de valeurs-seuils permettant de discrétiser TVTE est présenté dans le tableau 11. Ces valeurs-seuils pourront être adaptées localement pour mieux tenir compte de la préférence des agriculteurs concernés par l'évaluation.

Tableau 11 : Exemple de valeurs-seuils permettant de discrétiser TVTE

Nombre de cultures différentes dans la rotation (TVTE)	Classe qualitative
$TVTE \leq 3$	faible
$3 < TVTE \leq 6$	moyen
$TVTE > 6$	élevé

### Remarque :

Les cultures associées seront comptabilisées comme une culture à part entière même si l'une de ces cultures est déjà cultivée seule dans le système de culture évalué.

La complexité des cultures n'ayant pas de valeur marchande (cultures intermédiaires, engrais verts...) sera prise en compte dans le critère **Complexité des interventions culturelles**.

### Références bibliographiques :

Le Monnier de Gouville E., 1994. Le temps consacré par les agriculteurs à la prise de décision et au suivi technique des cultures, Mémoire de fin d'étude ISAB 91 p.

Viaux P., 2006. Observer les cultures : pour quoi faire ? Quel temps y consacrer ? OLEOSCOPE n° 84, pp 10-12.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Qualité des conditions de travail

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

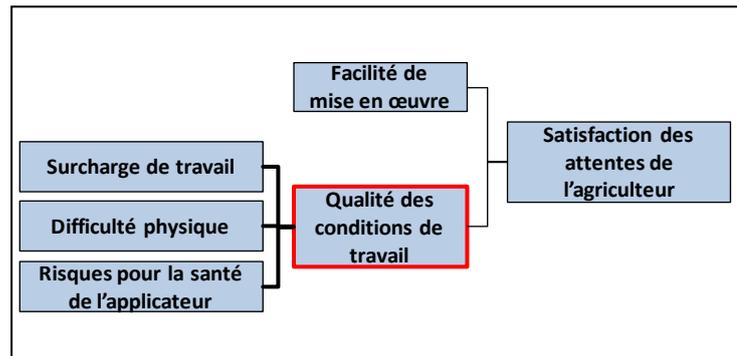
Contribution à la dimension sociale

**Critère parent :**

Satisfaction des attentes de l'agriculteur

**Nom de variable :**

QCT



**Objet :**

Ce critère donne une appréciation de l'impact du système de culture sur les conditions de travail de l'agriculteur ou des ouvriers. Il est estimé en tenant compte de la surcharge de travail occasionnée par la réalisation du système de culture, des difficultés physiques rencontrées et du risque sur la santé des travailleurs causé par l'utilisation de produits phytosanitaires toxiques.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères basiques :

- Surcharge de travail (SDT),
- Difficultés physiques (DIFF),
- Risque sur la santé de l'applicateur (TOX).

Ces trois critères ayant chacun trois classes, 27 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Qualité des conditions de travail**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les critères TVTE, TOX et SDT ont été affectés respectivement des poids suivant : 40%, 40% et 20%. Cette pondération privilégie les critères d'évaluation ayant un impact direct sur la santé des travailleurs. Ces pondérations peuvent être modifiées. Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Surcharge de travail

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension sociale

**Critère parent :**

Qualité des conditions de travail

**Nom de variable :**

SDT

**Objet :**

Ce critère propose une estimation de la contribution des systèmes de culture à la surcharge de travail en période de pointe. Une mauvaise répartition du travail sur l'année est responsable d'une dégradation de la qualité des conditions de travail en augmentant la charge de stress et de fatigue physique pour les travailleurs lors des périodes de pointe de travail.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 3

Classes : élevée ; moyenne ; faible

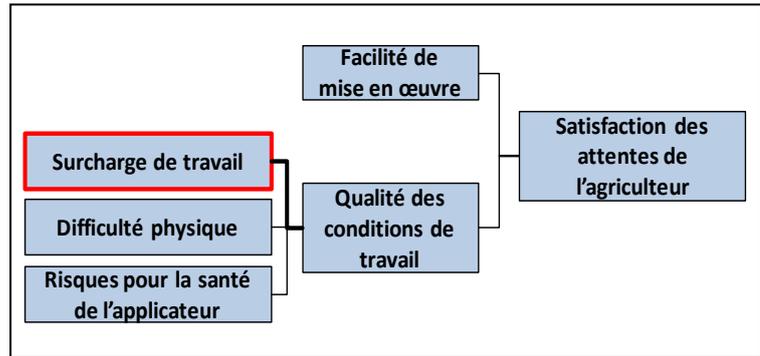
**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Ce critère sera directement évalué par une expertise locale. Il faut, dans un premier temps, identifier quelles sont les périodes de pointe sur l'exploitation ou la région agricole concernée, puis estimer la contribution du système de culture à l'augmentation ou au contraire à la réduction de la charge de travail lors de ces périodes. Par exemple, l'abandon du labour peut diminuer la charge de travail pendant les périodes de préparation du sol et de semis ; l'utilisation d'une diversité significative d'espèces et de variétés peut permettre d'étaler la charge de travail lors des périodes de semis et de récolte, etc.

Lors de l'affectation des classes qualitatives aux systèmes de culture évalués on pourra réserver la classe « moyenne » aux systèmes n'entraînant pas de modifications significatives vis-à-vis de la surcharge de travail. Cette affectation permet ainsi d'utiliser la classe « faible » pour les systèmes offrant une meilleure répartition du travail sur l'année.

**Commentaire :**

L'évaluation de ce critère est contrainte par les informations mobilisables à l'échelle du système de culture (échelle imposée par la méthode MASC), qui n'est pas la plus adaptée pour juger de la surcharge de travail. Le résultat de ce critère pourra par conséquent être majoré ou minoré en fonction de l'importance des surfaces consacrées au système de culture considéré sur une exploitation donnée.



[Retour au sommaire ↗](#)

# Difficulté physique

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension sociale

## Critère parent :

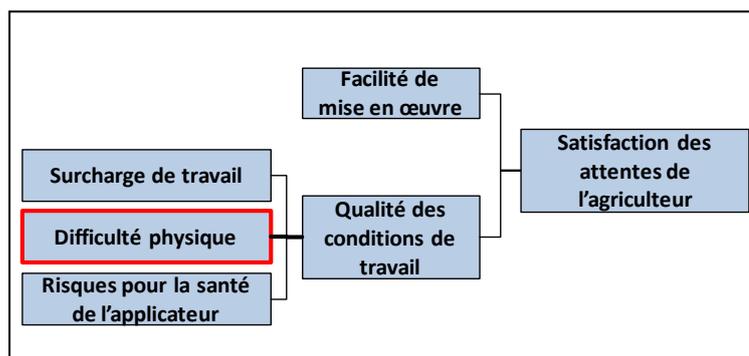
Qualité des conditions de travail

## Nom de variable :

DIFF

## Objet :

Ce critère reflète le niveau de pénibilité physique associé à la conduite des opérations culturales du système de culture. Plus il est élevé, moins le système est jugé socialement durable par l'agriculteur compte tenu de sa pénibilité et des conséquences possibles sur la santé des travailleurs.



## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 3

Classes : élevée ; moyenne ; faible

## Mode de calcul ou d'évaluation :

La pénibilité est déterminée par la présence de « contraintes » associées à la mise en œuvre des travaux. Six catégories de contraintes sont considérées :

- **gestes répétitifs à cadences élevées** : risque d'affections péri-articulaires (exemple : castrage du maïs, ramassage des cailloux...) ;
- **positions pénibles** : binage arrière (position tournée du conducteur), binage avant (position penchée), désherbage manuel (rumex, datura, xanthium...), récolte manuelle de certaines cultures légumières de plein champ (choux-fleurs, melons...) ;
- **vibrations de basses et moyennes fréquences**, transmises aux membres supérieurs ou au corps entier : affections du rachis lombaire (reprise de labour sur sol argilo-calcaire, manutention des bottes de foin et de paille afin de les « exporter » de la parcelle...) ;
- **manutention manuelle de charges lourdes** : affections du rachis lombaire (ex : manipulation de sacs de semences...) ;
- **exposition à des sources d'allergies cutanées ou respiratoires** associées à des travaux de préparation, de conditionnement, de conservation des récoltes (poussière végétale ou animale provenant des pailles, des chaumes ou encore de fertilisation à partir de poudre de plumes ou d'os...) ;
- **niveaux sonores élevés** pouvant entraîner des affections auditives (triage, manutention des céréales ou autres...).

[Retour au sommaire ↗](#)

Pour chaque année de culture on comptabilise le nombre de contraintes physiques rencontrées en se référant aux six catégories de contraintes définies ci-dessus. La moyenne des notes relatives aux différentes années permet de caractériser la pénibilité physique au niveau du système de culture :

$$\text{DIFF} = \sum_i \text{DIFF}_i / n$$

Avec :

DIFF<sub>i</sub> : Nombre de contraintes physiques rencontrées pour l'année i

n : Durée en année de la rotation

La correspondance entre la classe qualitative du critère et les valeurs quantitatives de l'indicateur est laissée au libre choix de l'utilisateur en fonction du contexte d'étude. Un exemple de valeurs seuils est proposé dans le tableau 12:

Tableau 12 : Exemple de valeurs seuils permettant de discrétiser DIFF

Difficulté physique (DIFF)	Classe qualitative
DIFF ≤ 1	faible
1 < DIFF ≤ 3	moyenne
DIFF > 3	élevée

**Remarque :**

Une pondération des différentes contraintes quant à leur contribution à la pénibilité peut être introduite. Les difficultés physiques seront nuancées par l'utilisateur en fonction du contexte réel de mise en œuvre. Par exemple, le type de sol peut influencer l'exposition du travailleur aux vibrations des engins agricoles ; le contexte topographique peut influencer la pénibilité du travail lorsque la pente est élevée, et le contexte de l'exploitation peut influencer la difficulté des interventions mécaniques en fonction du matériel utilisé et de son âge.

Cet indicateur repose sur les travaux de la Mutualité Sociale Agricole (catégories de contraintes).

**Références bibliographiques :**

MSA, 2003. Enquête Surveillance médicale des risques professionnels (Sumer). Méthode et résultat généraux. 6p. Disponible en ligne sur : <http://www.msa.fr/front/id/msafr>

MSA, 2006. Approche statistique des risques professionnels des non salariés agricoles : Synthèse nationale, Caisse centrale de la MSA – Santé-sécurité au travail, 6p.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Risques pour la santé de l'applicateur

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

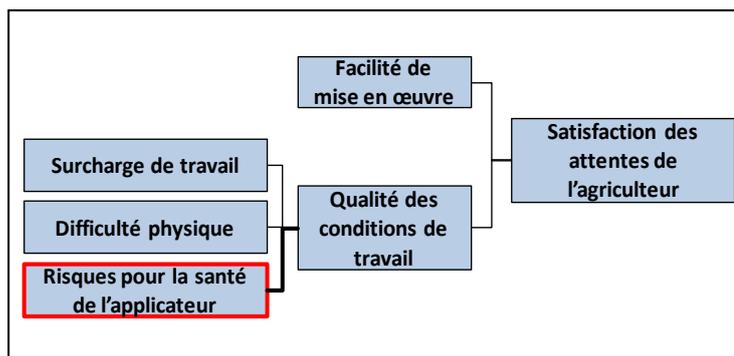
Contribution à la dimension sociale

**Critère parent :**

Qualité des conditions de travail

**Nom de variable :**

TOX



**Objet :**

Ce critère permet d'évaluer le risque d'intoxication du travailleur lors de la manipulation des produits phytosanitaires utilisés pour la conduite du système de culture. La contamination par des produits phytosanitaires peut représenter des dangers immédiats pour la santé (céphalées, irritations, troubles digestifs et respiratoires...) et à long terme (troubles de la reproduction, maladies neurologiques, voire cancers). Le risque d'intoxication peut être réduit par une moindre utilisation de produits phytosanitaires et par la substitution de produits dangereux (classes nocifs, toxiques, ou très toxiques) par des produits moins dangereux de même efficacité. Cette substitution est d'ailleurs rendue obligatoire pour les produits CMR (Cancérogènes, Mutagènes, Reprotoxiques) de catégories 1 et 2 par le Code du Travail.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 3

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

D'après un récent rapport de la MSA, les deux tiers des contaminations arrivent lors de la préparation de la bouillie et un tiers des contaminations enregistrées ont été constatées lors de la pulvérisation au champ. Le risque de toxicité pour les travailleurs lors de la préparation et lors de la pulvérisation peut par conséquent être estimé par le nombre moyen de passages avec le pulvérisateur sur le système de culture considéré. Seuls les passages de pulvérisateur contenant au moins un produit classé Xn (nocifs), T (toxiques) et T+ (très toxiques) seront comptabilisés.

Avec :

$$TOX = (\sum_i PP_i) / n$$

PP<sub>i</sub> : Nombre de passages avec le pulvérisateur contenant au moins un produit classé Xn, T ou t+ sur une année culturale i

n : Durée de la rotation en années

Les valeurs-seuils préconisées pour discrétiser TOX sont présentées dans le tableau 13.

Tableau 13 : valeurs-seuils permettant de discrétiser TOX

Risque pour la santé de l'applicateur (TOX)	Classe qualitative
TOX < 1	faible
1 ≤ TOX < 2	moyen
2 ≤ TOX	élevé

**Commentaire :**

La non-utilisation des équipements de protection lors de la préparation des bouillies conduira à augmenter d'une classe le résultat de cet indicateur. Les classes de toxicité par produit sont disponibles sur le site e-phy du Ministère en charge de l'agriculture (<http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>).

**Référence bibliographique :**

MSA, 2008. Prévenir les risques professionnels : Produits phytosanitaires et grandes cultures. 15 p.

Disponible sur :

[http://referentes-sante-securite.msa.fr/files/SST/SST\\_1214572967968\\_PHYTOS\\_Grandes\\_Cultures.pdf](http://referentes-sante-securite.msa.fr/files/SST/SST_1214572967968_PHYTOS_Grandes_Cultures.pdf)

## Satisfaction des attentes de la société

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

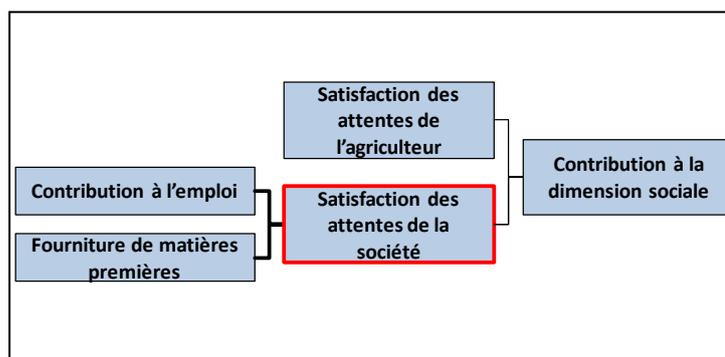
Contribution à la dimension sociale

**Critère parent :**

Contribution à la dimension sociale

**Nom de variable :**

SATISS



**Objet :**

Ce critère donne une appréciation qualitative de la compatibilité du système de culture avec les attentes supposées de la société. A l'échelle du système de culture les attentes de la société sont considérées en estimant la contribution du système à l'emploi et à la fourniture de matières premières.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères basiques :

- Contribution à l'emploi (EMP),
- Fourniture de matières premières (FMP)

EMP et FMP ayant chacun quatre classes, seize règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Satisfaction des attentes de l'agriculteur**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les critères EMP et FMP ont été affectés d'un poids équivalent de 50%. Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Contribution à l'emploi

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension sociale

**Critère parent :**

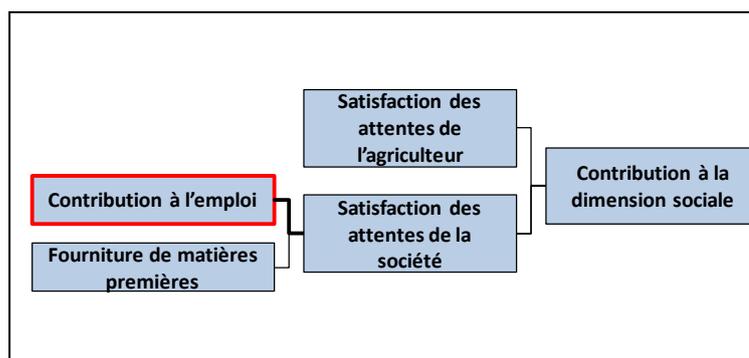
Satisfaction des attentes de la société

**Nom de variable :**

EMP

**Objet :**

Ce critère estime la contribution du système de culture à l'insertion sociale et au développement local *via* la participation à la création et au maintien d'emplois. A ce titre, plus un système de culture est exigeant en main d'œuvre qu'elle soit interne (agriculteurs et ouvriers agricoles) ou externe à l'exploitation (entreprises de travaux agricoles, saisonniers...) plus celui-ci participe au maintien de l'emploi sur un territoire donné.



**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée.

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

L'indicateur EMP est évalué pour les systèmes de culture assolés à partir du nombre d'heures de travail réalisées sur la parcelle.

$$EMP = [\sum_i NH_i] / n$$

Avec :

NHi : Nombre d'heures de travail/ha effectuées pour l'année i par de la main d'œuvre interne ou externe à l'exploitation

n : Durée de la rotation en années

Un exemple de valeurs permettant de discrétiser EMP est présenté dans le tableau 14.

Tableau 14 : exemple de valeurs seuils permettant de discrétiser EMP

Contribution à l'emploi (EMP)	Classe qualitative
EMP ≤ 2 h/ha/an	très faible
2h/ha/an < EMP ≤ 4 h/ha/an	faible à moyenne
4 h/ha/an < EMP ≤ 6h/ha/an	moyenne à élevée
EMP > 6h/ha/an	très élevée

**Commentaire :**

Le mode d'évaluation proposé est contraint par les informations mobilisables à l'échelle du système de culture. La contribution à l'emploi du système de culture est par conséquent évaluée par le nombre d'heures de travail/ha/an en faisant l'hypothèse que le système de culture évalué est ou pourrait être implanté sur de grandes surfaces. Le nombre d'heures de travail/ha/an peut être approché en utilisant le barème TRAME-BCMA (2010). Néanmoins, ces barèmes ne tiennent pas compte du temps de travail effectué à l'extérieur de la parcelle (attelage-dételage du matériel, entretien...)

**Références Bibliographiques :**

TRAME-BCMA, 2010. Coût prévisionnel indicatif d'utilisation des matériels agricoles Juin 2010 : des matériels pour l'optique entraide, 36p.

L'Est agricole et viticole, FDSEA. 2007. Barème d'entraides : Décembre 2007. Disponible sur : [http://www.fnsea.fr/sites/d67/materiels/bareme\\_d\\_entraide\\_2007.pdf](http://www.fnsea.fr/sites/d67/materiels/bareme_d_entraide_2007.pdf)

# Fourniture de matières premières

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension sociale

## Critère parent :

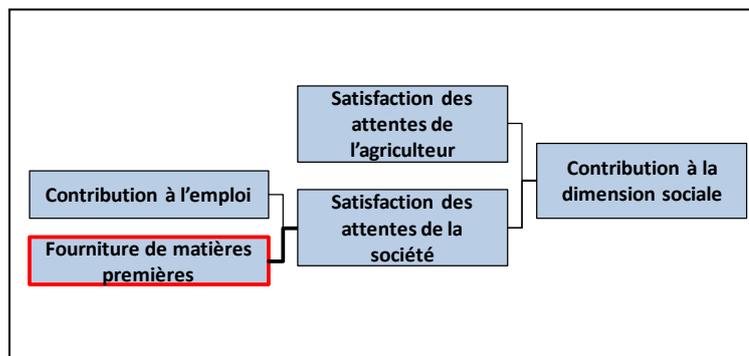
Satisfaction des attentes de la société

## Nom de variable :

FMP

## Objet :

Ce critère reflète le niveau de production en matières premières atteint par les systèmes de culture, pour une diversité de destination des cultures (alimentation humaine, alimentation animale, cultures à fibres, cultures énergétiques, cultures semencières...). La productivité des systèmes agricoles permet d'apporter un élément de réponse sur la contribution du système de culture à satisfaire les besoins de la société en produits d'origine agricole.



## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Ce critère peut être évalué de deux manières différentes :

- par la **productivité surfacique** (estimation du rendement/ha) pour des situations où la surface est considérée comme le principal facteur limitant de la production.
- Par la **productivité de la main d'œuvre** (quantité de matière produite par unité de temps travaillée) pour des situations où la disponibilité de la main d'œuvre est considérée comme le principal facteur limitant de la production.

Le choix entre ces deux modes d'évaluation est laissé au choix de l'utilisateur en fonction du contexte d'évaluation.

- ✓ Estimation de la fourniture de matières premières par la productivité surfacique :

La productivité surfacique peut-être évaluée en calculant l'écart moyen sur la rotation entre le rendement attendu ou obtenu (IRA) et le rendement permis en conduite « intensive » (IRI) pour chaque culture  $i$  de la rotation.

$$FMP = [\sum_i (IRA_i / IRI_i) * 100] / n$$

Avec :

$IRA_i$  : rendement attendu ou obtenu pour la culture  $i$

$IRI_i$  : rendement permis en conduite intensive pour la culture  $i$

$n$  : durée de la rotation en années

Des valeurs-seuils sont proposées à titre d'exemple pour discrétiser FMP dans le tableau 15.

**Tableau 15 : Exemple de valeurs-seuils permettant de discrétiser FMP (estimé selon la productivité surfacique)**

Fourniture de matières premières (FMP) selon la productivité surfacique	Classe qualitative
$FMP < 70\%$	très faible
$70\% \leq FMP < 80\%$	faible à moyenne
$80\% \leq FMP < 90\%$	moyenne à élevée
$FMP \geq 90\%$	très élevée

- ✓ Estimation du critère **Fourniture de matières premières** par la productivité de la main d'œuvre :

Comme pour le mode d'évaluation précédent, la productivité de la main d'œuvre peut être estimée par comparaison entre le système de culture évalué et une conduite intensive. La productivité de la main d'œuvre peut être évaluée en faisant le rapport moyen sur la rotation entre les écarts de rendements et les écarts de temps de travail obtenus par différence entre la conduite évaluée et une conduite intensive.

$$\text{FMP} = [ \sum_i (\text{IRA}_i / \text{IRI}_i) / \sum_i (\text{HTA}_i / \text{HTI}_i) ] / n$$

Avec :

IRA<sub>i</sub> : rendement attendu ou obtenu pour la culture i

IRI<sub>i</sub> : rendement permis en conduite intensive pour la culture i

HTA<sub>i</sub> : nombre d'heures de travail/ha consacrées à la culture i

HTI<sub>i</sub> : nombre d'heures de travail/ha consacrées à la culture i en conduite intensive

n : durée de la rotation en années

Des valeurs-seuils sont proposées à titre d'exemple pour discrétiser FMP dans le tableau 16.

**Tableau 16 : exemple de valeurs-seuils permettant de discrétiser FMP (estimé selon la productivité de la main d'œuvre)**

Fourniture de matières premières (FMP) <i>selon la productivité de la main d'œuvre</i>	Classe qualitative
FMP < 0.8	très faible
0.8 ≤ FMP < 1	faible à moyenne
1 ≤ FMP < 1.2	moyenne à élevée
1.2 ≤ FMP	très élevée

**Remarque :**

Pour ces deux modes d'évaluation, les systèmes de culture sont évalués par comparaison avec une conduite intensive car ce mode de production apporte une indication sur le potentiel de production des parcelles exploitées.

Les cultures ne faisant pas l'objet d'une valorisation économique (cultures intermédiaires, engrais-verts...) ne seront pas considérées dans ce mode d'évaluation.

Les pailles sont à comptabiliser si elles sont exportées et valorisées économiquement dans l'exploitation considérée (pour alimenter un atelier d'élevage), pour servir à d'autres exploitations ou à des fins de matériaux de construction, de combustible dans le domaine industriel ou énergétique... Dans cette situation, la productivité d'une culture pour laquelle les pailles sont valorisées sera rehaussée de + 10%.

Les rendements des cultures cultivées en association seront considérés individuellement et seront comparés avec les rendements de leur culture respective conduite de manière intensive et sans association. Dans le mode d'évaluation proposé, l'éventuel avantage de productivité des cultures associées est pris en compte dans le calcul car la somme des écarts de rendement est rapportée sur la durée de la rotation et non pas sur le nombre de cultures.

Les niveaux de rendement attendus dans les systèmes évalués et permis en conduite intensive pourront être déterminés en se référant aux valeurs présentées dans le rapport ECOPHYTO R&D (2009) et regroupées en [Annexe VI](#) de ce document d'accompagnement. Dans ce rapport, les

rendements en systèmes intensifs proposés correspondent aux rendements moyens observés sur les 30% de parcelles les plus consommatrices de pesticides.

Dans le cadre d'une évaluation *ex post* (après réalisation au champ du système de culture) on utilisera les rendements et les temps de travail observés en moyenne sur plusieurs années.

Dans une évaluation *ex ante* (avant la réalisation au champ du système de culture), l'affectation des rendements attendus peut être facilitée grâce à l'utilisation de modèles appropriés tels que PERSYST

Le nombre d'heures de travail réalisées en moyenne sur le système de culture est calculé par ailleurs dans l'évaluation pour estimer le critère [Contribution à l'emploi](#). Des valeurs de référence pour le temps de travail en systèmes intensifs sont également proposées régionalement et pour différentes cultures dans le rapport Eco-phyto R&D (2009).

**Référence bibliographique :**

ECOPHYTO R&D, 2009. Groupe d'experts : Grandes cultures. Volet I, Tome II : Analyse comparative de différents systèmes en grandes cultures. 133p.  
[http://www.inra.fr/l\\_institut/etudes/ecophyto\\_r\\_d/ecophyto\\_r\\_d\\_resultats](http://www.inra.fr/l_institut/etudes/ecophyto_r_d/ecophyto_r_d_resultats)

[Retour au sommaire ↗](#)

# Contribution à la dimension environnementale

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

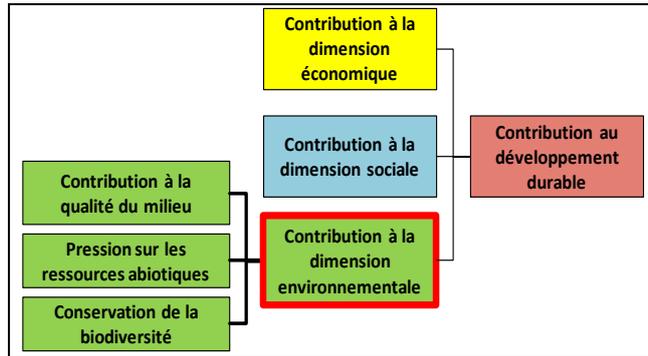
Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Contribution au développement durable

**Nom de variable :**

CDENV



**Objet :**

Ce critère caractérise la contribution des systèmes de culture à la dimension environnementale en considérant leurs impacts potentiels sur la qualité du milieu, sur les ressources abiotiques et sur la biodiversité.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 5

Classes : très faible ; faible ; moyenne ; élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères basiques :

- Contribution à la qualité du milieu (CQM)
- Pression sur les ressources abiotiques (PSRA)
- Conservation de la biodiversité (CBIODIV)

Ces trois critères ayant chacun quatre classes, 64 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Contribution à la dimension environnementale de la durabilité**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les critères CQM, PSRA et CBIODIV ont été affectés par défaut d'un poids équivalent de 33%. Ces pondérations peuvent être modifiées afin d'adapter l'évaluation aux enjeux locaux. Cependant, un seuil minimum de 20% pour chacun de ces critères agrégés devra être respecté de manière à éviter une sous-pondération excessive d'un de ces domaines de préoccupation.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Contribution à la qualité du milieu

## Type de critère :

Agrégé

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

Contribution à la dimension environnementale

## Nom de variable :

CQM

## Objet :

Ce critère estime l'impact du système de culture sur la qualité du milieu en considérant les principales composantes physiques « air-eau-sol ».

## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

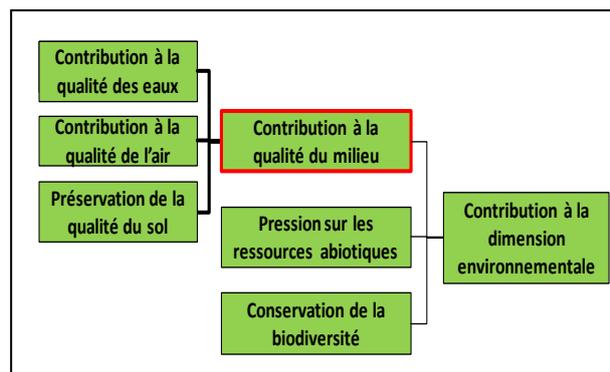
## Mode de calcul ou d'évaluation :

Agrégation des critères :

- Contribution à la qualité des eaux (CQE)
- Contribution à la qualité de l'air (CQA)
- Préservation de la qualité du sol (PQS)

Chacun des critères ayant quatre classes, 64 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Contribution à la qualité du milieu**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les trois critères CQE, CQA et PQS ont été affectés des poids respectifs 33%, 33% et 33%. Ces pondérations peuvent être modifiées. Cependant, un seuil minimal de 20% pour chacun des trois critères devra être respecté pour éviter une sous-pondération excessive d'un de ces domaines de préoccupation.



[Retour au sommaire ↗](#)

# Contribution à la qualité des eaux

## Type de critère :

Agrégé

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

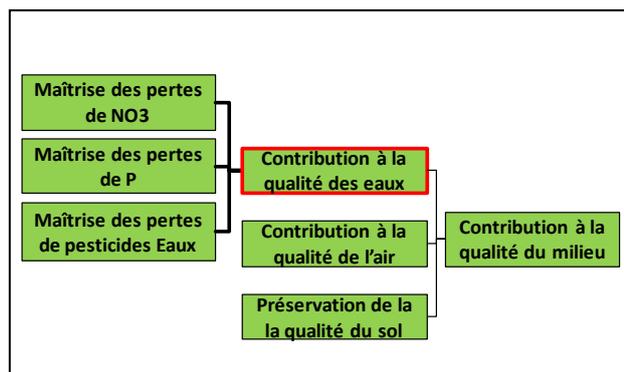
Contribution à la qualité du milieu

## Nom de variable :

CQE

## Objet :

Ce critère estime la contribution du système de culture à la préservation de la qualité de l'eau. Un système de culture peut induire une pollution des eaux par pertes de pesticides (par lixiviation, ruissellement, dérive, de phosphate (par ruissellement) ou de nitrate (par lixiviation notamment). Ceux-ci représentent un danger pour la santé humaine (problème de potabilité des eaux) et pour les écosystèmes aquatiques.



## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Agrégation des critères :

- Maîtrise des pertes de NO3 (MPNO3)
- Maîtrise des pertes de P (MPPH)
- Maîtrise des pertes de pesticides dans l'air (MPPE)

Chacun des critères ayant quatre classes, 64 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Contribution à la qualité des eaux**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les trois critères MPNO3, MPPH et MPPE ont été affectés des poids équivalents de 33%. Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur. Ces pondérations pourront être modifiées afin d'adapter l'évaluation aux enjeux locaux.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise des pertes de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

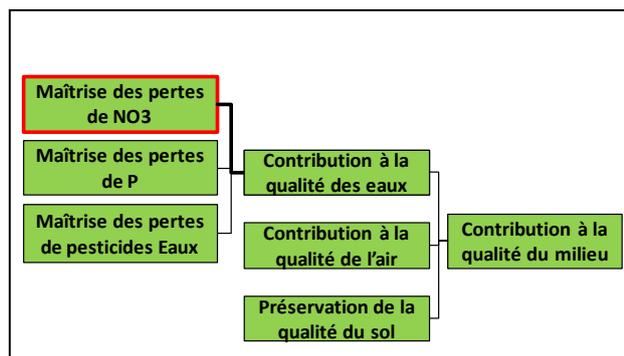
Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

Contribution à la qualité des eaux

## Nom de variable :

MPNO3



## Objet :

Ce critère porte sur le niveau de maîtrise des émissions de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dans les eaux. Une forte concentration en nitrate peut contribuer à une dégradation de la qualité de l'eau préjudiciable au fonctionnement des écosystèmes aquatiques (en présence d'une concentration suffisante en phosphore) et à certains usages de l'eau (production d'eau potable).

## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

MPNO3 est la moyenne sur la rotation des I<sub>NO3</sub>, module de l'indicateur azote I<sub>N</sub> d'INDIGO. Dans cette méthode, I<sub>NO3</sub> est calculé annuellement en prenant en compte le risque de lixiviation printanière de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (fonction des engrais appliqués et de leurs doses) et le risque de lixiviation hivernale de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (estimée à partir du calcul du Bilan d'azote annuel).

$$MPNO3 = [\sum_i I_{NO3\ i}] / n$$

Avec :

I<sub>NO3 i</sub> : I<sub>NO3</sub> pour l'année i

n : Nombre d'années de la rotation

Les valeurs-seuils préconisées pour discrétiser MPNO3 sont indiquées dans le tableau 17.

**Tableau 17 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser MPNO3**

Maîtrise des pertes NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (MPNO3)		Classe qualitative
Valeurs INDIGO	Kg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> lessivés/ha/an	
MPNO3 < 4	MPNO3 > 60	très faible
4 ≤ MPNO3 < 7	40 < MPNO3 ≤ 60	faible à moyenne
7 ≤ MPNO3 < 9	20 < MPNO3 ≤ 40	moyenne à élevée
MPNO3 ≥ 9	MPNO3 ≤ 20	très élevée

Ces valeurs-seuils sont exprimées selon deux unités différentes (en valeurs INDIGO ou en Kg de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> lessivés/ha/an).

## Référence bibliographique :

Bockstaller C., Girardin P. (2006). Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo : version 1.8 du logiciel. UMR-INPL (ENSAIA)-INRA Agronomie et Environnement Nancy-Colmar, 117 p.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise des pertes de P

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

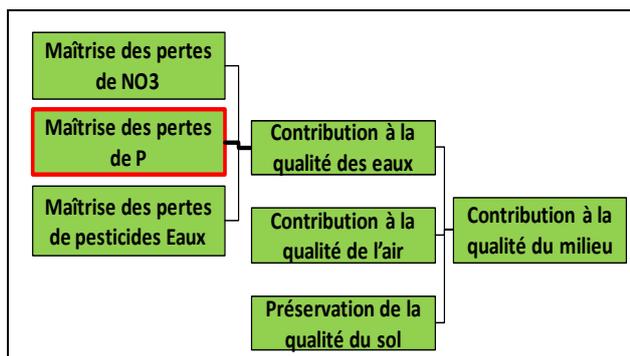
Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Contribution à la qualité des eaux

**Nom de variable :**

MPPH

**Objet :**

Ce critère estime le risque de transfert vers les eaux de phosphore contenu dans le sol soumis au système de culture, évalué dans le contexte pédoclimatique de son implantation. La présence de phosphore dans les eaux est la cause principale de l'eutrophisation accélérée des eaux.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Dans MASC 2.0, la **Maîtrise des pertes de phosphore** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle disponible localement jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

L'arbre satellite proposé dans MASC 2.0 permettant de qualifier la **Maîtrise des pertes phosphore** est détaillé par ailleurs dans la section des documents d'accompagnement de MASC 2.0 intitulée « Présentation des arbres satellites ». Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée de la **Maîtrise de l'érosion**, de la **Teneur en P du sol** et de la **Gestion des amendements phosphatés**.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise des pertes de pesticides Eaux

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

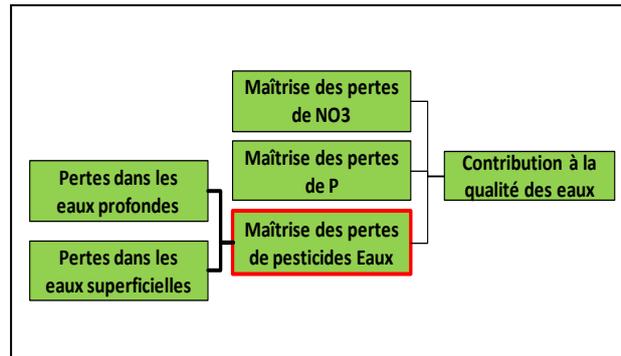
Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Contribution à la qualité des eaux

**Nom de variable :**

MPPE



**Objet :**

Ce critère estime le risque de pollution des eaux induit par le système de culture *via* la perte de pesticides dans les eaux profondes et superficielles. La pollution des eaux par les pesticides constitue un risque pour la santé humaine et pour les écosystèmes aquatiques.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères :

- Pertes dans les eaux profondes (MPEP)
- Pertes dans les eaux superficielles (MPES)

Chacun des critères ayant quatre classes, 16 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Maîtrise des pertes de pesticides dans les eaux**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les deux critères MPEP et MPES ont été affectés d'un poids équivalent de 50% pour laisser les utilisateurs adapter ces pondérations au contexte hydrogéologique local (par exemple, le critère **Pertes dans les eaux superficielles** aura un poids plus important dans les massifs granitiques que dans les zones sédimentaires).

[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise des pertes de pesticides dans les eaux profondes

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

Maîtrise des pertes de pesticides dans les eaux

## Nom de variable :

MPEP

## Objet :

Ce critère estime le risque de pollution des eaux induit par le système de culture *via* les pertes de pesticides dans les eaux souterraines. Les pesticides entraînés dans les eaux profondes (nappes phréatiques) constituent un risque pour la santé humaine et posent un problème quant à la potabilité des eaux contaminées.

## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

MPEP est évalué à partir du module « Eaux profondes » de l'indicateur I-PHY d'INDIGO. Dans cette méthode, un risque par substance active **I-PHY<sub>SA Eaux profondes i</sub>** est calculé en fonction de la date du traitement, du potentiel de lessivage du sol, du potentiel de lessivage de la substance, et de la toxicité de la substance et de la dose appliquée.

Un indicateur global, I-PHY<sub>Eaux profondes</sub> doit être calculé à l'échelle de la rotation :

$$\text{MPEP} = (\sum_i \text{I-PHY}_{\text{SA Eaux profondes } i}) / n$$

Avec :

I-PHY<sub>SA Eaux profondes i</sub> : Risque d'émission dans les eaux profondes pour la substance active i,

n : Durée de la rotation en années

Les valeurs-seuils préconisées pour discrétiser MPEP sont indiquées dans le tableau 18 :

**Tableau 18 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser MPEP**

Maîtrise des pertes de pesticides dans les eaux profondes (MPEP)	Classe qualitative
MPEP < 4	très faible
4 ≤ MPEP < 7	faible à moyenne
7 ≤ MPEP < 9	moyenne à élevée
9 ≤ MPEP	très élevée

## Référence bibliographique :

Bockstaller C., Girardin P. (2006). Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo : version 1.8 du logiciel. UMR-INPL (ENSAIA)-INRA Agronomie et Environnement Nancy-Colmar, 117 p.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise des pertes de pesticides dans les eaux superficielles

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

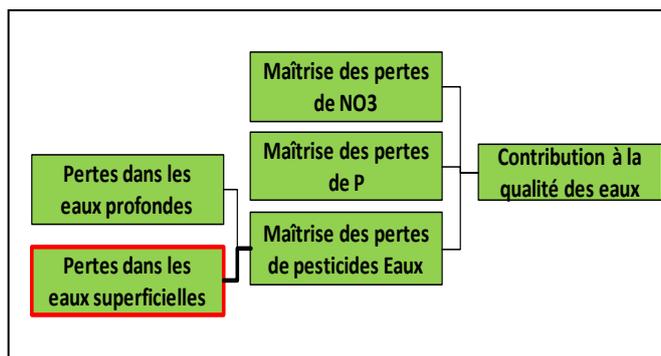
Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

Maîtrise des pertes de pesticides dans les eaux

## Nom de variable :

PES



## Objet :

Ce critère estime le risque de pollution des eaux induit par le système de culture *via* les pertes de pesticides par ruissellement et par dérive dans les eaux superficielles. Les pesticides entraînés par ruissellement dans les eaux superficielles constituent un risque majeur pour la santé humaine et pour les écosystèmes, notamment aquatiques.

## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

MPES est évalué à partir du module « Eaux superficielles » de l'indicateur I-PHY d'INDIGO. Dans cette méthode, un risque par substance active **I-PHY<sub>SA Eaux superficielles</sub>** est calculé en tenant compte du potentiel de ruissellement de la parcelle, de la date du traitement, de la durée de demi-vie de la substance active, de la toxicité de la substance pour l'homme (Dose journalière admissible) et pour la faune et flore aquatique (Aquatox).

Un indicateur global, I-PHY<sub>Eaux superficielles</sub> doit être calculé à l'échelle de la rotation :

$$MPES = (\sum_i I-PHY_{SA \text{ Eaux superficielles } i}) / n$$

Avec :

I-PHY<sub>SA Eaux superficielles i</sub> : Risque d'émission dans les eaux superficielles pour la substance active i,

n : Durée de la rotation en années

Les valeurs-seuils préconisées pour discrétiser MPES sont indiquées dans le tableau 19 :

Tableau 19 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser MPES

Maîtrise des pertes de pesticides dans les eaux superficielles (MPES)	Classe qualitative
MPES < 4	très faible
4 ≤ MPES < 7	faible à moyenne
7 ≤ MPES < 9	moyenne à élevée
9 ≤ MPES	très élevée

## Référence bibliographique :

Bockstaller C., Girardin P. , 2006. Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo : version 1.8 du logiciel. UMR-INPL (ENSAIA)-INRA Agronomie et Environnement Nancy-Colmar, 117 p.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Contribution à la qualité de l'air

## Type de critère :

Agrégé

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

Contribution à la qualité du milieu

## Nom de variable :

CQA

## Objet :

Ce critère estime la contribution du système de culture à la préservation de la qualité de l'air. Un système de culture peut induire des pertes aériennes de pesticides ou de NH<sub>3</sub> et N<sub>2</sub>O issus des fertilisants azotés ou directement des cultures implantées (légumineuses). Les pesticides dans l'atmosphère peuvent être une source de risque pour la santé humaine. NH<sub>3</sub> et N<sub>2</sub>O entraînent respectivement des impacts sur les écosystèmes terrestres (acidification, eutrophisation terrestre) et sur le climat (gaz à effet de serre).

## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

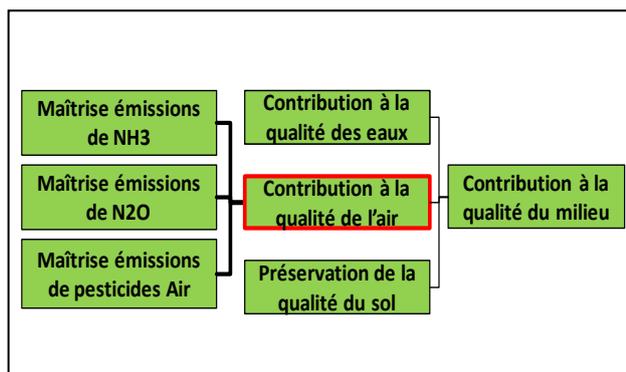
Agrégation des critères :

- Maîtrise des pertes de NH<sub>3</sub> (MNH3)
- Maîtrise des pertes de N<sub>2</sub>O (MN2O)
- Maîtrise des pertes de pesticides dans l'air (MPA)

Chacun des critères ayant quatre classes, 64 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Contribution à la qualité des eaux**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les trois critères MNO3, MN2O et MPA ont été affectés des poids respectifs 30%, 40%, 30%. Un poids plus important est accordé à la maîtrise des pertes en N<sub>2</sub>O car sa contribution au réchauffement climatique est très importante.

Ces pondérations peuvent être modifiées. Cependant, un seuil minimum de 20% pour chacun de ces trois critères devra être respecté pour éviter une sous-pondération excessive d'un de ces domaines de préoccupation.



[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise émissions de NH<sub>3</sub>

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Contribution à la qualité de l'air

**Nom de variable :**

MNH3

**Objet :**

Evaluation des pertes d'ammoniac NH<sub>3</sub> par volatilisation. L'ammoniac, *via* les retombées atmosphériques, est le principal contributeur aux phénomènes d'acidification des eaux et des sols, et d'eutrophisation des milieux aquatiques liés à l'agriculture. Il est également néfaste pour la santé humaine (irritation des muqueuses des yeux, de la trachée et des bronches).

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

MNH3 est la moyenne sur la rotation des I<sub>NH3, i</sub>, module de l'indicateur azote I<sub>N</sub> d'INDIGO.

$$MNH3 = [\sum_i I_{NH3\ i}] / n$$

Avec :

I<sub>NH3 i</sub> : I<sub>NH3</sub> pour l'année i

n : nombre d'années de la rotation

Dans INDIGO I<sub>NH3</sub> est calculé annuellement en prenant en compte pour chaque engrais apporté sa concentration en azote et la part de cet azote soumis au processus de volatilisation en fonction de la nature du fertilisant, de la période d'apport, de son enfouissement et de la teneur en calcaire du sol.

Les valeurs-seuils préconisées discrétiser MNH3 sont indiquées dans le tableau 20.

**Tableau 20 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser MNH3**

Maîtrise des émissions NH <sub>3</sub> (MNH3)		Classe qualitative
Valeurs INDIGO	Kg NH <sub>3</sub> volatilisés/ha/an	
MNH3 < 4	MNH3 > 40	très faible
4 ≤ MNH3 < 7	20 < MNH3 ≤ 40	faible à moyenne
7 ≤ MNH3 < 9	7 < MNH3 ≤ 20	moyenne à élevée
MNH3 ≥ 9	MNH3 > 7	très élevée

Ces valeurs-seuils sont exprimées selon deux unités différentes (en valeurs INDIGO ou en Kg de NH<sub>3</sub> volatilisés/ha/an).

**Références bibliographiques :**

Bockstaller C., Girardin P., 2006. Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo : version 1.8 du logiciel. UMR-INPL (ENSAIA)-INRA Agronomie et Environnement Nancy-Colmar, 117 p.

Tissot S., Pichard A., 2003. Seuils de toxicité aigüe, Ammoniac, Rapport Final. INERIS, 40 p. Disponible sur : <[www.ineris.fr/index.php?module=doc&action=getFile&id=1901](http://www.ineris.fr/index.php?module=doc&action=getFile&id=1901)>.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise émissions de N<sub>2</sub>O

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

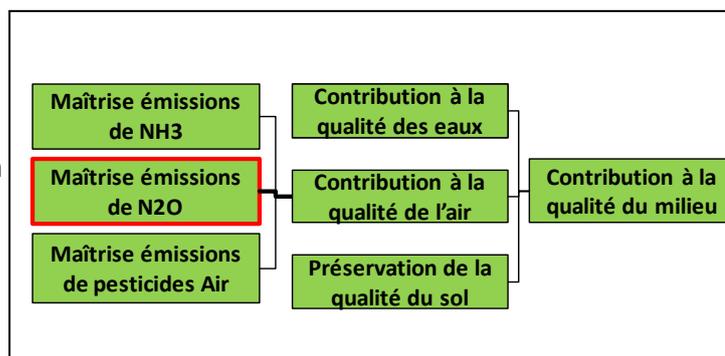
Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Contribution à la qualité de l'air

**Nom de variable :**

MN20



**Objet :**

Evaluation des risques de pollution atmosphérique induits par le système de culture *via* l'émission de protoxyde d'azote N<sub>2</sub>O. Le protoxyde d'azote est un des gaz à effet de serre les plus importants. Il présente un impact gaz à effet de serre par Kg environ 300 fois supérieur au CO<sub>2</sub>. En France, la contribution de l'agriculture aux émissions de N<sub>2</sub>O serait de 50 à 75%, provenant essentiellement de la transformation des produits azotés dans les sols agricoles et des déjections animales.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

MN20 est la moyenne sur la rotation des I<sub>N2O</sub>, module de l'indicateur azote I<sub>N</sub> d'INDIGO.

$$MN20 = [\sum_i I_{N2O\ i}] / n$$

Avec :

I<sub>N2O i</sub> : I<sub>N2O</sub> pour l'année i

n : nombre d'années de la rotation

Dans INDIGO, I<sub>N2O</sub> est calculé annuellement en prenant en compte le type de sol, le travail du sol, l'effet éventuel de l'irrigation, le mode d'apport des engrais, et la dose totale d'azote appliquée sur la parcelle. La contribution des légumineuses, bien que non fertilisées, aux émissions de N<sub>2</sub>O, est prise en compte dans le calcul.

Les valeurs-seuils préconisées pour discrétiser MN20 sont indiquées dans le tableau 21 :

**Tableau 21 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser MN20**

Maîtrise des émissions N20 (MN20)		Classe qualitative
Valeurs INDIGO	Kg N20 émis/ha/an	
MN20 < 4	MN20 > 6	très faible
4 ≤ MN20 < 7	3 < MN20 ≤ 6	faible à moyenne
7 ≤ MN20 < 9	1 < MN20 ≤ 3	moyenne à élevée
MN20 ≥ 9	MN20 ≤ 1	très élevée

Ces valeurs-seuils sont exprimées selon deux unités différentes (en valeurs INDIGO ou en Kg de N<sub>2</sub>O émis/ha/an).

**Référence bibliographique :**

Bockstaller C., Girardin P., 2006. Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo : version 1.8 du logiciel. UMR-INPL (ENSAIA)-INRA Agronomie et Environnement Nancy-Colmar, 117 p.

# Maîtrise émissions pesticides air

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

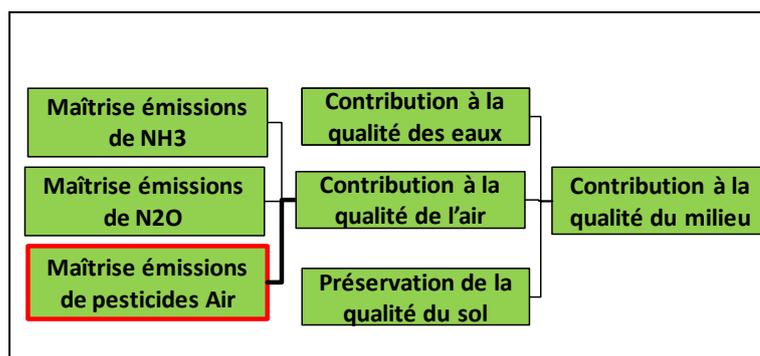
Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

Contribution à la qualité de l'air

## Nom de variable :

MPA



## Objet :

Evaluation des risques de pollution atmosphérique induits par le système de culture *via* la perte de pesticides. Pendant l'application de pesticides, suivant les conditions météorologiques et les modes d'applications, de 25 % à 75 % des produits phytosanitaires ne se déposent pas sur les plantes traitées (phénomène de dérive). Les pesticides peuvent également être introduits dans l'atmosphère après leur application en se volatilisant. Outre le risque sanitaire direct, ils peuvent participer au mécanisme réactionnel atmosphérique en produisant des aérosols et des polluants secondaires tels que l'ozone.

## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

MPA est la moyenne sur la rotation des **I-PHY<sub>SA air</sub>** (module perte de pesticides dans l'air dans la méthode INDIGO). Dans INDIGO, il est calculé pour chaque cycle cultural un risque par substance active **I-PHY<sub>SA air i</sub>** en fonction de la date du traitement, de la durée de demi-vie de la substance active, de la Dose Journalière Admissible (DJA), de la Constante de Henry (déterminant le risque de volatilisation de la substance active) et de la dose appliquée.

$$MPA = (\sum_i I-PHY_{SA\ air\ i}) / n$$

Avec :

**I-PHY<sub>SA air i</sub>** : Risque d'émission de pesticide dans l'air pour le cycle cultural i

n : Nombre d'années de la rotation

Les valeurs-seuils préconisées pour discrétiser MPA sont indiquées dans le tableau 22 :

**Tableau 22 : Valeurs seuils préconisées pour discrétiser MPA**

Maîtrise des pertes de pesticides dans l'air (MPA)	Classe qualitative
$MPA \leq 4$	très faible
$4 \leq MPA < 7$	faible à moyenne
$7 \leq MPA < 9$	moyenne à élevée
$9 \leq MPA$	très élevée

## Référence bibliographique :

Bockstaller C., Girardin P., 2006. Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo : version 1.8 du logiciel. UMR-INPL (ENSAIA)-INRA Agronomie et Environnement Nancy-Colmar, 117 p.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Préservation de la qualité du sol

## Type de critère :

Agrégé

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

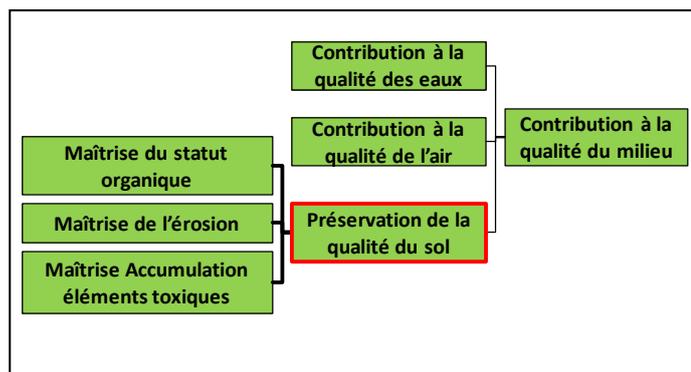
Contribution à la dimension  
environnementale

## Critère parent :

Contribution à la qualité du milieu

## Nom de variable :

PQS



## Objet :

Ce critère estime la contribution du système de culture à la préservation de la qualité du sol. Un système de culture peut dégrader la qualité du sol en augmentant le risque d'érosion dans la parcelle, en diminuant la teneur en matière organique du sol ou en accumulant des éléments toxiques dans les sols comme des éléments traces métalliques. La préservation des sols est un enjeu environnemental important qui peut aussi avoir un impact sur la fertilité agronomique des sols à long terme.

## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Agrégation des critères :

- Maîtrise du statut organique (MSO)
- Maîtrise de l'érosion (MERO)
- Maîtrise de l'accumulation d'éléments toxiques (MAET)

Chacun des critères ayant quatre classes, 64 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Préservation de la qualité du sol**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les trois critères MSO, MERO et MAET ont été affectés des poids respectifs 30%, 35% et 35%. Un poids plus important a été accordé aux critères relatifs à la maîtrise de l'érosion et à la maîtrise de l'accumulation d'éléments toxiques en considérant qu'un état dégradé du sol pour ces deux préoccupations est pratiquement irréversible à court et moyen terme. Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur. Ces pondérations pourront être modifiées afin d'adapter l'évaluation aux enjeux locaux.

[Retour au sommaire ↗](#)

## Maîtrise du statut organique

### Type de critère :

Basique

### Sous-arbre d'évaluation de MASC :

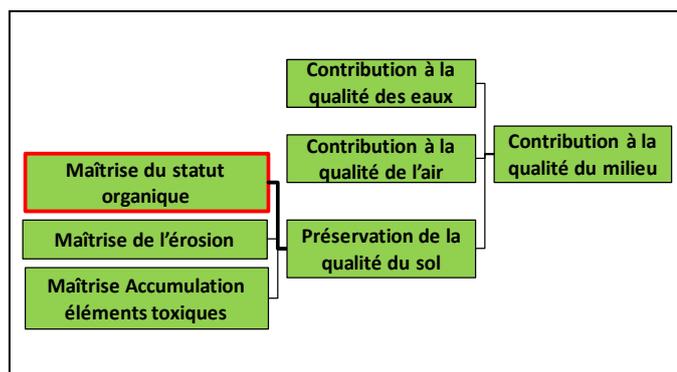
Contribution à la dimension environnementale

### Critère parent :

Préservation de la qualité du sol

### Nom de variable :

MSO



### Objet :

Ce critère évalue l'impact du système de culture sur la teneur en matière organique du sol. Le maintien et l'accumulation de matière organique dans les sols fournit des services agronomiques et environnementaux multiples. Le stockage de matière organique dans les sols contribue à réduire l'émission gaz à effet de serre en réduisant la production CO<sub>2</sub> atmosphérique. Concernant le fonctionnement des sols, l'augmentation de la teneur en matière organique favorise la qualité chimique du sol (augmentation de la CEC...), la qualité physique (augmentation de la stabilité structurale...) et de la qualité biologique (augmentation de la biomasse et de la diversité biologique des sols). En tendance, un système de culture qui entraîne une diminution de la teneur en matière organique du sol dégrade ses grandes fonctions écologiques et son potentiel de production.

### Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

### Mode de calcul ou d'évaluation :

MSO est la moyenne sur la rotation des IMO (indicateur INDIGO). Dans cette méthode, IMO est fonction des pratiques culturales (travail du sol, gestion des résidus de culture, irrigation) et du rapport entre la quantité de matière organique apportée à la parcelle et l'apport recommandé pour maintenir le sol à long terme à une teneur satisfaisante.

$$MSO = \Sigma_i (IMO_i) / n$$

Avec :

IMO i : IMO pour le cycle cultural i

n : Durée de la rotation en années

Les valeurs-seuils préconisées pour discrétiser IMO sont indiquées dans le tableau 23 :

**Tableau 23 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser MSO**

Maîtrise du statut organique (MSO)	Classe qualitative
MSO < 4	très faible
4 ≤ MSO < 7	faible à moyenne
7 ≤ MSO < 9	moyenne à élevée
9 ≤ MSO	très élevée

### Références bibliographiques :

Bockstaller C., Girardin P., 2006. Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo : version 1.8 du logiciel. UMR-INPL (ENSAIA)-INRA Agronomie et Environnement Nancy-Colmar, 117 p.

Bockstaller C., Girardin P., Van Der Werf H. G. M., 1997. Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. European Journal of Agronomy, volume 7, issues 1-3, p. 261-270.

Boiffin J., Papy F., Eimberck M., 1988. Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré. I. Analyse des conditions de déclenchement de l'érosion. Agronomie, volume 8, p. 663-673.

# Maîtrise de l'érosion

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

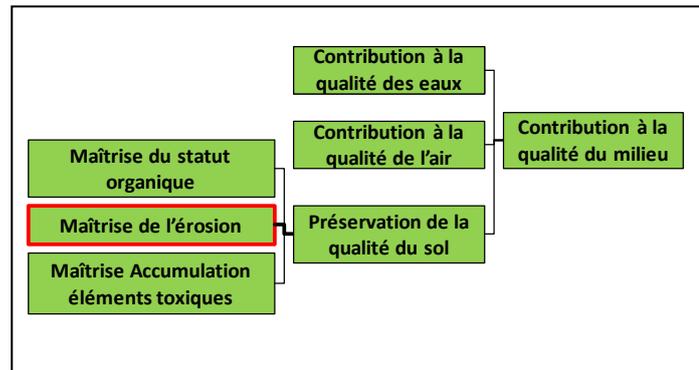
Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Préservation de la qualité du sol

**Nom de variable :**

MERO

**Objet :**

Ce critère estime le niveau de maîtrise du risque d'érosion des sols associé aux systèmes de culture. A moyen et long terme, l'érosion peut avoir de graves conséquences car elle mobilise des particules de terre dont la perte altère la fertilité des sols et contribue aux transferts d'éléments polluants vers les milieux aquatiques (pesticides, phosphore, particules en suspension...).

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Dans MASC 2.0, la **Maîtrise de l'érosion** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXI dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle disponible localement jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

L'arbre satellite proposé dans MASC 2.0 permettant de qualifier la **maîtrise de l'érosion** est détaillé par ailleurs dans la section des documents d'accompagnement de MASC 2.0 intitulée « Présentation des arbres satellites ». Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée de la **Sensibilité du milieu** et de l'**Effet du système de culture** *via* la prise en compte des **Défauts de couverture du sol en périodes à risque**, de l'**Effet du travail du sol** et de la **Maîtrise de la structure du sol**.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise de l'accumulation d'éléments toxiques

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

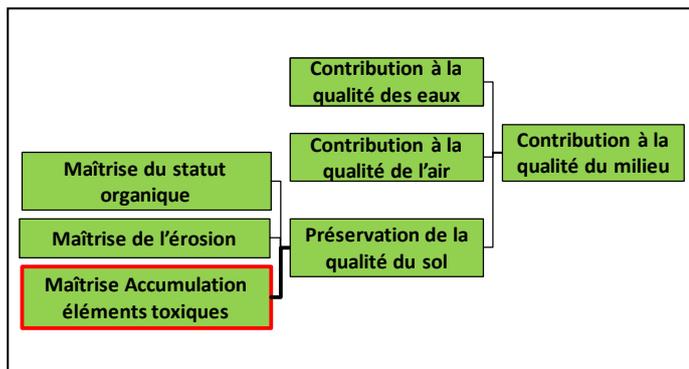
Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

Préservation de la qualité du sol

## Nom de variable :

MAET



## Objet :

Ce critère estime le niveau de maîtrise à long terme de l'accumulation d'éléments toxiques dans les sols, induite par la mise en œuvre d'un système de culture. Les éléments toxiques susceptibles de s'accumuler dans les parcelles agricoles concernent le plus souvent des éléments traces métalliques tels que le Cuivre, le Zinc, le Cadmium et le Plomb. L'accumulation de ces éléments toxiques est susceptible de polluer les sols, de dégrader la qualité de l'eau, de réduire le potentiel de production de la parcelle ou encore de contaminer les productions végétales.

## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Ce critère pourra être estimé à partir d'un modèle d'évaluation adapté au contexte local si il en existe ou en construisant **par expertise** un arbre satellite sous DEXi. Cet arbre satellite devra être structuré localement en fonction du ou des éléments toxiques identifiés comme présentant une menace avérée (par exemple utilisation importante de cuivre pour des traitements fongicides, de lisiers de porcs riches en zinc, de cadmium dans certains engrais phosphatés...). Cette arbre satellite pourra prendre en compte les quantités d'éléments toxiques apportées dans la parcelle, l'évolution des paramètres physico-chimiques du sol susceptible d'influencer sa mobilité et son absorption par les cultures.

## Références bibliographiques :

Baize D., 1997. Un point sur les teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols. Inra Editions. 396 p.

Tremel-Schaub A., Feix I., 2005. Contaminations des sols : Transferts des sols vers les plantes. Sols et transfert, ADEME & EDP Sciences, 141 p.

Girard M-C. , Walter C., Rémy J-C, Berthelin J., Morel J-L., 2005. Sols et environnement, Edition Dunod, 559 p.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Pression sur les ressources abiotiques

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

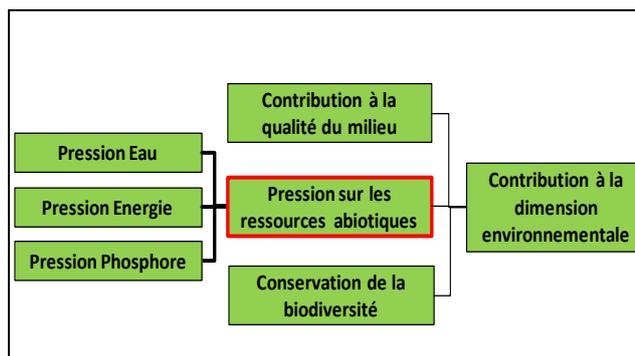
Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Contribution à la dimension environnementale

**Nom de variable :**

PSRA



**Objet :**

Ce critère qualifie la pression exercée par un système de culture sur les ressources abiotiques non renouvelable ou faisant l'objet d'une compétition pour l'usage (eau, énergie, phosphates minéraux ou organo-minéraux).

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très élevée ; moyenne à élevée ; faible à moyenne ; très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères :

- Pression sur le phosphore (PSPH)
- Pression sur l'énergie (PSEN)
- Pression sur l'eau (PSEAU)

Ces critères ayant chacun quatre classes, 64 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Pression sur les ressources abiotiques**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les trois critères PSPH, PSEN et PSEAU ont chacun été affectés d'un poids équivalents de 33%. Ces pondérations peuvent être modifiées afin d'adapter l'évaluation aux enjeux locaux. Cependant, un seuil minimum de 20% devra être respecté pour les critères **Pression Energie** et **Pression Phosphore** pour éviter une sous-pondération excessive d'un de ces deux domaines de préoccupation, qui constituent des ressources minières finies et en diminution à l'échelle planétaire.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Pression sur l'eau

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

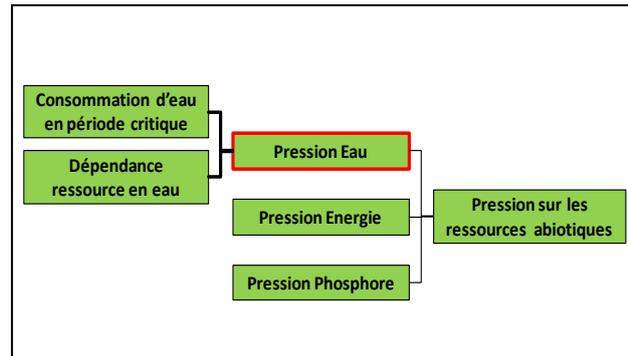
Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Pression sur les ressources

**Nom de variable :**

PSEAU

**Objet :**

Ce critère évalue l'impact de la consommation en eau d'irrigation par le système de culture sur la disponibilité locale d'eau douce. L'agriculture *via* principalement l'irrigation des cultures est l'activité économique la plus consommatrice d'eau en France. Une consommation importante d'eau entraîne souvent une compétition pour la ressource entre le système de culture, les activités humaines environnantes et les milieux naturels (en particulier les écosystèmes aquatiques).

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très élevée ; moyenne à élevée; faible à moyenne ; très faible

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères :

- Consommation d'eau en période critique (IRRC)
- Dépendance vis-à-vis de la ressource en eau (DPEAU)

Chacun des critères ayant trois classes, neuf règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Pression sur l'eau**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les trois critères IRRC et DPEAU ont été affectés respectivement des poids 70% et 30%. Un poids plus important est accordé à la **Consommation d'eau en période critique** pour mieux révéler les impacts écologiques et socio-économiques engendrés par une irrigation importante lorsque la ressource en eau est limitée. Cette pondération peut être modifiée. Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Consommation d'eau d'irrigation en période critique

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

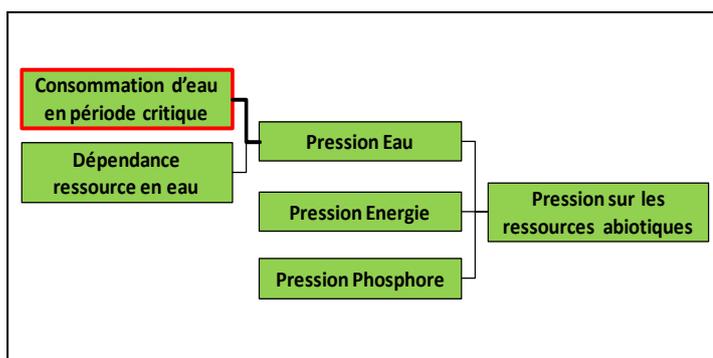
Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

Pression sur l'eau

## Nom de variable :

IRRC



## Objet :

Ce critère reflète la demande en eau d'irrigation des cultures en périodes critiques (souvent l'été et/ou période d'étiage). Durant ces périodes, l'eau devient en général une ressource limitée, et le prélèvement d'eau pour l'irrigation va donc souvent entraîner une compétition entre le système de culture, les activités humaines environnantes et les milieux naturels (en particulier les écosystèmes aquatiques). Ce critère permet ainsi de distinguer des cultures avec un apport en eau en de printemps (pois, blé dur par exemple) exerçant généralement peu de pression sur la ressource en eau, des cultures d'été devant être irriguées en période de forte compétition pour l'eau.

## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : élevée ; moyenne ; faible

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Estimation des apports moyens à l'hectare en eau d'irrigation réalisés sur la sole correspondant au système de culture en période critique (en mm par période).

$$IRRC = (\sum_i I_{pc_i}) / n$$

Avec :

$I_{pc_i}$  : Quantité d'eau par décade apportée par irrigation pour une culture  $i$  en période critique. Les  $I_{pc_i}$  peuvent être évalués grâce à un bilan hydrique annuel par période (par exemple, hiver, automne, printemps, périodes d'été non critiques, périodes d'été critiques).

$n$  : Durée de la rotation en années

Identification des périodes critiques : ce sont les périodes sèches, à faible pluviométrie, et les périodes d'étiage, pendant lesquelles il y a une diminution de la disponibilité des eaux de surface. Ces périodes se situent principalement en été. Ces périodes critiques sont à évaluer au niveau local voire au niveau du bassin versant.

Le besoin en eau d'irrigation est une valeur locale. Son appréciation par expertise doit prendre en compte i) le contexte pédoclimatique et hydrographique afin d'identifier les périodes critiques, ii) le système de culture proprement dit (espèces cultivées, stratégie de conduite de l'agriculteur, itinéraire technique) afin de déterminer les besoins en eau d'irrigation pendant ces périodes. Les valeurs-seuils pour la correspondance entre valeurs quantitatives et classes sont donc à fixer localement.

## Référence bibliographique :

Mermoud A., 2006. Notions fondamentales d'irrigation. Cours à l'école polytechnique de Lausanne.

In : <http://echo.epfl.ch/docs/Irrigation-basic.pdf>

[Retour au sommaire ↗](#)

## Dépendance vis-à-vis de la ressource en eau

### Type de critère :

Basique

### Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension environnementale

### Critère parent :

Pression sur l'eau

### Nom de variable :

DPEAU

### Objet :

Ce critère qualifie l'autonomie d'un système de culture vis-à-vis de la ressource en eau. Un système très autonome (consommant seulement de l'eau pluviale ou peu d'eau pour l'irrigation) aura par conséquent moins de chance d'impacter la disponibilité de la ressource locale lors des périodes sèches.

### Modalités de qualification :

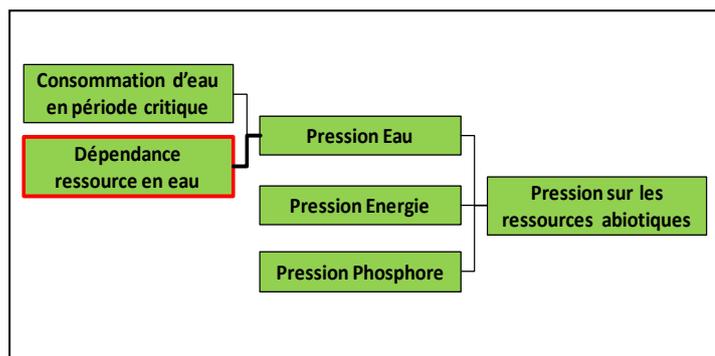
Nombre de classes : 3

Classes : élevée ; moyenne ; faible

### Mode de calcul ou d'évaluation :

Dans MASC 2.0, la **Dépendance vis-à-vis de la ressource en eau** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXI dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle disponible localement jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

L'arbre satellite proposé dans MASC 2.0 permettant de qualifier la **Dépendance vis-à-vis de la ressource en eau** est détaillé par ailleurs dans la section des documents d'accompagnement de MASC 2.0 intitulée « Présentation des arbres satellites ». Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée de la **Demande en eau des cultures** et l'**Autonomie en eau**.



[Retour au sommaire ↗](#)

# Pression sur l'énergie

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

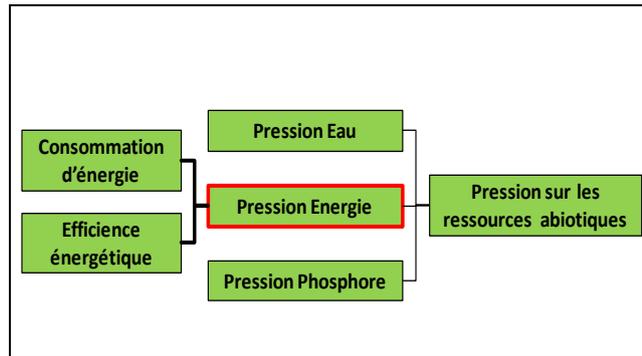
Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Pression sur les ressources

**Nom de variable :**

PSEN

**Objet :**

Ce critère reflète la pression exercée par le système de culture sur les ressources en énergies fossiles, non renouvelables, mais aussi sa capacité à produire de l'énergie. Une consommation élevée associée à une efficacité faible correspond à la situation la plus défavorable. Une consommation moyenne, associée à une efficacité élevée constitue généralement le cas favorable le plus fréquent. Une consommation élevée s'accompagne généralement d'une diminution de l'efficacité.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très élevée ; moyenne à élevée ; faible à moyenne ; très faible

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères :

- Consommation d'énergie (CEN)
- Efficacité énergétique (EEN)

Ces critères ayant trois classes chacun, neuf règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Pression sur l'énergie**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les deux critères CEN et EEN ont été affectés respectivement d'un poids équivalents de 50%. Cette pondération peut être modifiée afin d'adapter l'évaluation aux enjeux locaux. Cependant, un seuil minimum de 20% pour chacun de ces critères agrégés devra être respecté de manière à éviter une sous-pondération excessive d'un de ces domaines de préoccupation.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Consommation Energie

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

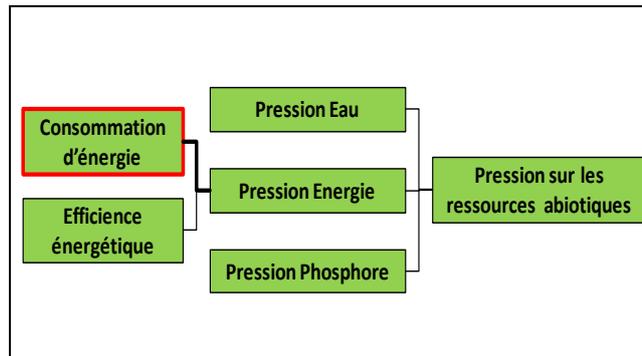
Pression sur l'énergie

**Nom de variable :**

CEN

**Objet :**

Cet attribut reflète la consommation brute en énergie fossile associée à la conduite du système de culture. Son évaluation repose sur l'estimation des différents postes de consommation d'énergie fossile, directe (interventions au champ, énergie nécessaire au pompage de l'eau d'irrigation), ou indirecte (fabrication des intrants : engrais, produits phytosanitaires). Plus la consommation est élevée, moins le système est jugé durable compte tenu de sa dépendance vis-à-vis de cette forme d'énergie non renouvelable.



**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 3

Classes : élevée ; moyenne ; faible

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

CEN est évalué grâce à l'indicateur de consommation énergétique  $I_{EN}$  de la méthode INDIGO.

$$CEN = (\sum_i I_{EN i}) / n$$

Avec :

$I_{EN i}$  :  $I_{EN}$  pour le cycle cultural i

n : nombre de cycles culturaux dans la rotation

Les valeurs-seuils préconisées pour discrétiser CEN sont présentées dans le tableau 24.

**Tableau 24 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser CEN**

Consommation d'énergie (CEN) Valeurs INDIGO	Consommation d'énergie (CEN) en Mj/ha/an	Classe qualitative
$CEN \leq 4$	$CEN \geq 16\ 000$	élevée
$4 < CEN < 7$	$9\ 000 \leq CEN < 16\ 000$	moyenne
$7 \leq CEN$	$CEN \leq 9\ 000$	faible

Ces valeurs-seuils sont exprimées selon deux unités différentes (en valeurs INDIGO ou en Mj/ha/an).

**Commentaire :**

Les estimations de la consommation des outils reposent sur une équation empirique en partie validée. Des valeurs brutes de consommation peuvent aussi être utilisées et mises en classes.

**Références bibliographiques :**

Bockstaller C., Girardin P., 2006. Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo : version 1.8 du logiciel. UMR-INPL (ENSAIA)-INRA Agronomie et Environnement Nancy-Colmar, 117 p.

Pervanchon F., Bockstaller C., Girardin P., 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. Agricultural Systems, 72, p. 149-17.

# Efficiace énergétique

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

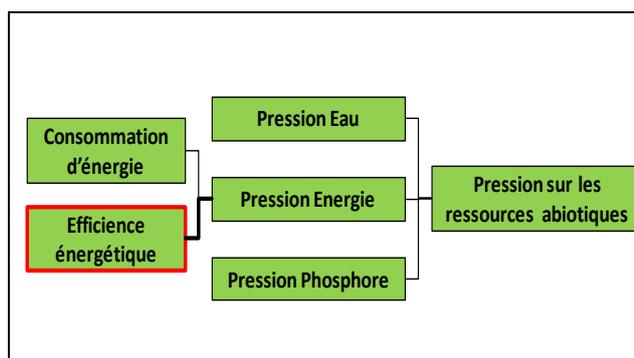
Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Pression sur l'énergie

**Nom de variable :**

EEN



**Objet :**

Les systèmes de cultures ont la particularité, grâce à la capture de l'énergie solaire, de produire en général plus d'énergie qu'ils n'en consomment. Pour comparer les performances des systèmes de culture à cet égard, l'efficace énergétique peut être utilisée.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 3

Classes : faible ; moyenne ; élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

EEN est le rapport entre l'énergie produite et l'énergie consommée par le système de culture. L'énergie produite à l'échelle d'une succession correspond au cumul de l'énergie contenue dans les produits végétaux récoltés ayant une valeur d'usage (alimentation humaine ou animale, matière première pour l'industrie). La contribution d'une culture s'effectue en multipliant la biomasse sèche récoltée par un coefficient caractéristique de son contenu énergétique par unité de masse. Pour l'évaluation de l'énergie consommée, se reporter à la fiche « Consommation d'énergie ».

$$EEN = [ \sum_i (EP_i / ET_i) ] / n$$

Avec :

EPi : énergie produite l'année i en MJ/ha/an

ETi : énergie consommée l'année i en MJ/ha/an

n : durée de la rotation en années

Une suggestion de valeurs-seuils pour EEN est proposée dans le tableau 25 (ces valeurs-seuils peuvent être adaptées, en tenant compte de la diversité des efficacités calculées pour les systèmes de cultures en évaluation) :

Tableau 25 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser EEF

Efficace énergétique (EEF)	Classe qualitative
EEF < 6	Faible
6 ≤ EEF < 9	Moyenne
EEF ≥ 9	Elevée

**Références bibliographiques :**

Risoud B., 2000. Energy efficiency of various French farming systems: questions to sustainability. In Sustainable energy: new challenges for agriculture and implications for land use International Conference. Wageningen University, the Netherland, May 2000. 9p.

Risoud B., 2002. Analyse énergétique d'exploitations agricoles et pouvoir de réchauffement global. Méthode et résultats sur 140 fermes françaises. Méthode PLANETE, SOLAGRO.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Pression Phosphore

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

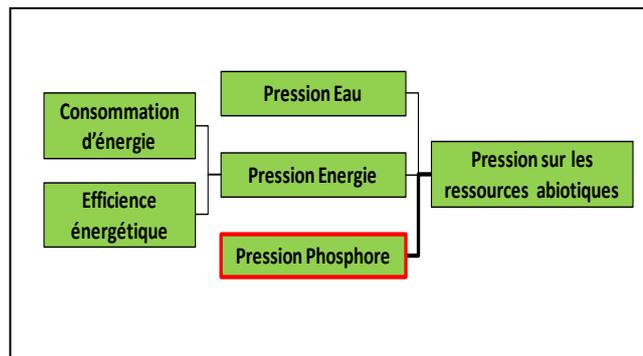
Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Pression sur les ressources

**Nom de variable :**

PSPH



**Objet :**

Ce critère qualifie la pression exercée par un système de culture sur les ressources biogéochimiques non renouvelables en phosphore, par le recours à des matières fertilisantes fabriquées à partir des gisements de phosphates minéraux ou organo-minéraux (guano). De nombreuses matières, sous-produits d'autres activités agricoles, industrielles ou domestiques, présentent une valeur agronomique satisfaisante en tant que source de P renouvelable. Toutefois des contraintes diverses peuvent en limiter l'usage, outre leur indisponibilité locale : contraintes agronomiques (incompatibilité avec les types de sols), réglementaires, contractuelles (cahier des charges), ou préférences professionnelles collectives (réticences à utiliser les boues de station d'épuration par exemple dans certaines filières). Le niveau de recours à de tels produits pour satisfaire la demande en phosphore des systèmes de cultures peut donc être très variable, en fonction des contextes naturels et socio-techniques.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très élevée ; moyenne à élevée ; faible à moyenne ; très faible

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Ce critère est calculé à l'échelle de la succession culturale en effectuant la moyenne sur le système de culture des apports de  $P_2O_5$  provenant de ressources non renouvelables (gisements de phosphates minéraux ou organo-minéraux).

Une suggestion de valeurs-seuils pour PSPH est proposée dans le tableau 26 (ces valeurs-seuils peuvent être adaptées, en tenant compte de la diversité des pressions exercées par les systèmes de cultures en évaluation) :

**Tableau 26 : Suggestion de valeurs-seuils permettant de discrétiser PSPH**

Pression Phosphore (PSPH) <i>en kg <math>P_2O_5</math>/ha/an</i>	Classe qualitative
$PSPH \leq 20$	très faible
$20 < PSPH \leq 40$	faible à moyenne
$40 < PSPH \leq 60$	moyenne à élevée
$60 < PSPH$	très élevée

**Références bibliographiques :**

Morel C., Linères M., Guivarch A., Kvarnström E., Parnaudeau V., Nicolardot B., Morel J.L., 2003. Phytodisponibilité et valeur fertilisante du phosphore de déchets urbains. pp. 35-44. In Tercé M. (dir.), Agriculture et épandage de déchets urbains et agro-industriels. Les Dossiers de l'environnement de l'INRA, 25, Paris, 154 p.

Steen I. 1998, Phosphorus Availability in the 21st Century: Management of a Non Renewable Resource. Phosphorus and Potassium, 217, p. 25–31.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Conservation de la biodiversité

## Type de critère :

Agrégé

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

Contribution à la dimension environnementale

## Nom de variable :

CBIODI

## Objet :

Compte tenu de l'échelle d'évaluation, ce critère estime l'impact du système de culture sur la biodiversité peu mobile inféodée aux milieux agricoles. La conservation de la biodiversité est évaluée en considérant à la fois la valeur patrimoniale des espèces présentes et les services éco-systémiques qu'elles sont susceptibles de fournir.

## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

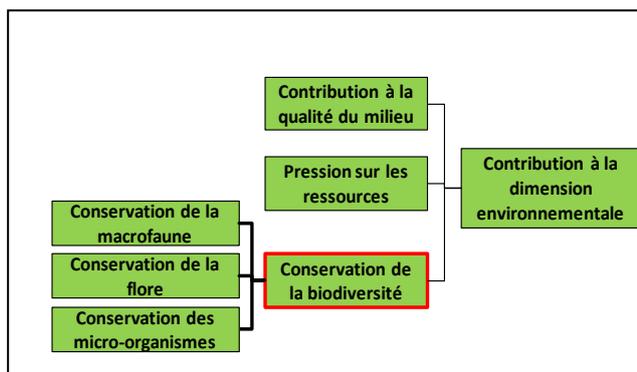
## Mode de calcul ou d'évaluation :

Agrégation des critères :

- Conservation de la macrofaune (CMF)
- Conservation de la flore (CFLO)
- Conservation des micro-organismes (CMO)

Chacun des critères ayant quatre classes, 64 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Conservation de la biodiversité**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les trois critères CMF, CFLO et CMO ont été affectés des poids respectifs suivants : 25%, 50% et 25%. Un poids plus important est accordé à la **Conservation de la flore** pour considérer ses effets indirects sur les autres espèces *via* la constitution d'une ressource trophique primaire importante. Ces pondérations peuvent être modifiées afin d'adapter l'évaluation aux enjeux locaux. Cependant, un seuil minimum de 20% pour chacun de ces critères agrégés devra être respecté de manière à éviter une sous-pondération excessive d'un de ces domaines de préoccupation.



[Retour au sommaire ↗](#)

# Conservation de la macrofaune

## Type de critère :

Agrégé

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

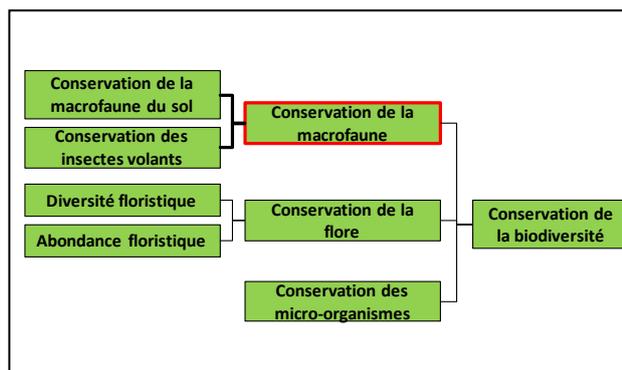
Conservation de la biodiversité

## Nom de variable :

CMF

## Objet :

Ce critère propose une estimation par expertise de l'impact du système de culture sur l'abondance et la diversité de la macrofaune en considérant sa valeur patrimoniale et les services écosystémiques qu'elle est susceptible de fournir. Dans cette évaluation, le critère **Conservation de la macrofaune** ne considère que les espèces ayant une faible mobilité et une taille supérieure à 2 mm (macrofaune du sol et insectes volants). Les oiseaux ne seront pas considérés dans cette évaluation, car leur présence est beaucoup plus dépendante de la structure et de la composition du paysage que des pratiques réalisées sur la parcelle.



## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Agrégation des critères :

- Conservation de la macrofaune du sol (CMS)
- Conservation des insectes volants (CIV)

Ces deux critères ayant quatre classes, 16 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Conservation de la macrofaune**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les critères CMS et CIV ont été affectés des poids respectifs de 60% et 40%. Un poids plus faible a été accordé à la **Conservation des insectes volants** car, de par leur mobilité plus importante, ces organismes sont moins sensibles que la macrofaune du sol aux pratiques réalisées sur la parcelle. Cette pondération peut être modifiée. Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Conservation de la macrofaune du sol

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

Conservation de la macrofaune

## Nom de variable :

CMS

## Objet :

La macrofaune du sol regroupe l'ensemble des animaux vivants dans le sol et dont la taille est supérieure à 2 mm (mille-pattes, vers de terre, nombreux insectes et leurs larves...). Ce critère propose une estimation par expertise de l'impact du système de culture sur l'abondance et la diversité de la macrofaune du sol en considérant leur valeur patrimoniale et les services écosystémiques qu'ils sont susceptibles de fournir. La macrofaune influence significativement les fonctions du sol par ses activités biologiques (stimulation de la microflore du sol), mécaniques (bioturbation, construction de galeries et production d'agrégats organo-minéraux) et chimiques (humification, minéralisation et interactions avec les microorganismes). Les effets néfastes d'une partie de la biodiversité sur les cultures de la rotation (prédation et parasitisme) seront captés par le critère **Maîtrise des maladies et des ravageurs** de la dimension économique.

## Modalités de qualification :

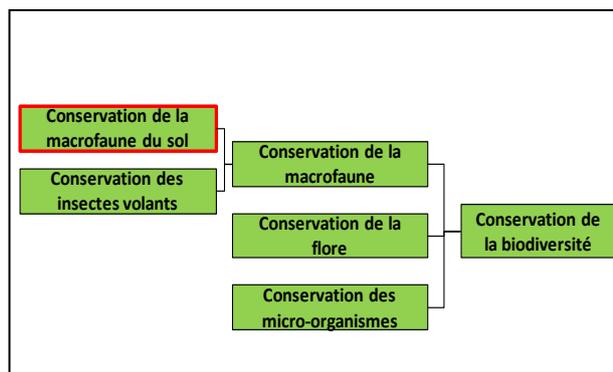
Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Dans MASC 2.0, la **Conservation de la macrofaune du sol** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXI dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle disponible localement jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

L'arbre satellite proposé dans MASC 2.0 permettant de qualifier la [Conservation de la macrofaune du sol](#) est détaillé par ailleurs dans la section des documents d'accompagnement de MASC 2.0 intitulée « Présentation des arbres satellites ». Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée de **l'Effet du travail du sol**, de **l'Effet des apports de matières organiques** et de **l'IFT Insecticides**.



[Retour au sommaire ↗](#)

# Conservation des insectes volants

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

Conservation de la macrofaune

## Nom de variable :

CIV

## Objet :

Ce critère d'évaluation s'intéresse à la conservation de toutes les espèces appartenant à la classe des insectes capables de voler tels que les coléoptères (coccinelles, certaines espèces de carabes...), les hyménoptères (abeilles, bourdon, guêpes...), les diptères (Syrphes...). Ce compartiment de la biodiversité est composé notamment d'un grand nombre de pollinisateurs des cultures et d'auxiliaires. En raison de leur mobilité, la biodiversité des insectes volants est dépendante à la fois des pratiques agricoles réalisées sur la parcelle et de la structure du paysage. A l'échelle du système de culture, ces éléments contextuels ne peuvent pas être considérés et les interactions entre les pratiques agricoles réalisées sur la parcelle et la structure du paysage ne seront par conséquent prises en compte dans l'évaluation de ce critère.

## Modalités de qualification :

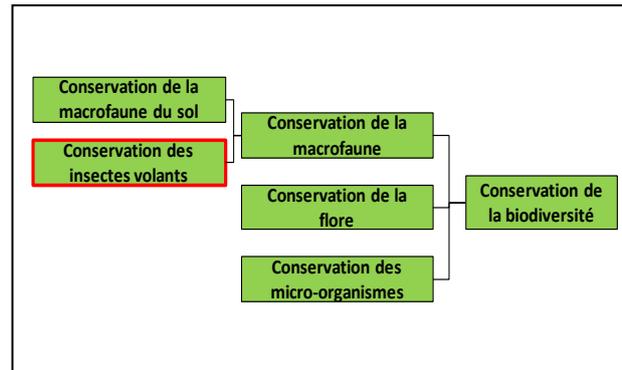
Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Dans MASC 2.0, la **Conservation des insectes volants** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXI dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle disponible localement jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

L'arbre satellite proposé dans MASC 2.0 permettant de qualifier la **Conservation des insectes volants** est détaillé par ailleurs dans la section des documents d'accompagnement de MASC 2.0 intitulée « Présentation des arbres satellites ». Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée de l'**IFT Insecticides** et de l'**Effet de la diversité des familles cultivées**.



[Retour au sommaire ↗](#)

# Conservation de la flore

**Type de critère :**

Agrégé

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Conservation de la biodiversité

**Nom de variable :**

CFLO

**Objet :**

La flore est une composante essentielle de la biodiversité des parcelles agricoles qui contribue à favoriser d'une part la biodiversité ordinaire (comprenant notamment la diversité des auxiliaires des cultures) et celle des espèces emblématiques végétales et animales d'autres part. La diversité floristique contribue aussi directement à la valeur esthétique et culturelle des paysages. L'évaluation de la conservation de la flore vise à estimer l'impact des pratiques agricoles sur à la fois l'abondance et la diversité floristique.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

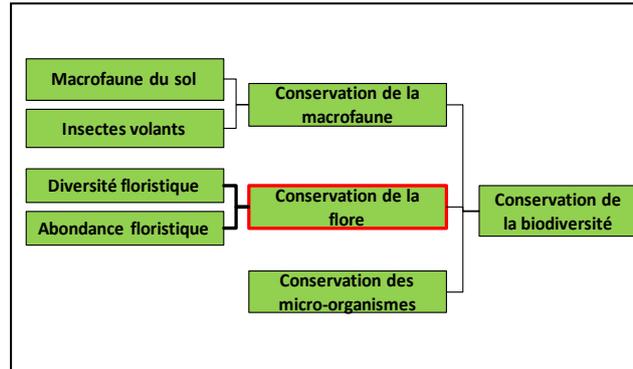
**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Agrégation des critères :

- Diversité floristique (DIVF)
- Abondance floristique (ABOF)

Ces deux critères ayant chacun quatre classes, 16 règles de décision sont à spécifier dans la fonction d'utilité permettant la qualification de la **Conservation de la flore**.

Dans la version livrée de MASC 2.0, les deux critères DIVF et ABOF ont été affectés d'un poids équivalent de 50% afin de ne pas négliger l'effet positif de l'abondance floristique sur de nombreuses espèces animales en fournissant une ressource trophique primaire importante. Cette pondération peut être modifiée. Pour ce critère, les poids sont laissés au libre choix de l'utilisateur.



[Retour au sommaire ↗](#)

# Diversité floristique

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

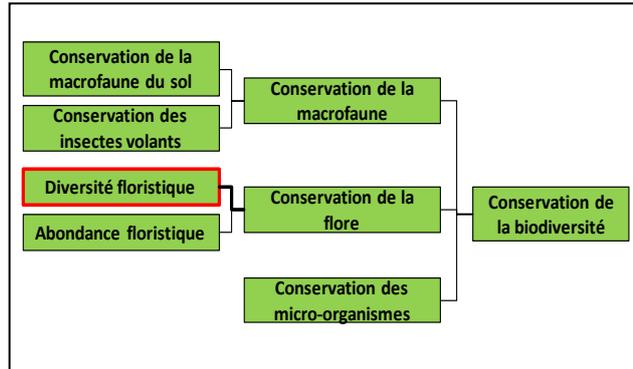
Conservation de la flore

**Nom de variable :**

DIVF

**Objet :**

La diversité floristique est un composante essentielle de la biodiversité des parcelles agricoles. La diversité floristique contribue aussi directement à la valeur esthétique et culturelle des paysages.

**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

Dans MASC 2.0, la **Diversité floristique** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle disponible localement jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

L'arbre satellite proposé dans MASC 2.0 permettant de qualifier la **Diversité floristique** est détaillé par ailleurs dans la section des documents d'accompagnement de MASC 2.0 intitulée « Présentation des arbres satellites ». Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée de **la diversité des dates de semis**, de **l'Utilisation d'herbicides à spectre large** et de la **Gestion des bords de champs**.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Abondance floristique

**Type de critère :**

Basique

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Conservation de la flore

**Nom de variable :**

ABOF

**Objet :**

L'abondance floristique est une composante essentielle de la biodiversité des parcelles agricoles en constituant une ressource trophique primaire importante favorisant la présence de nombreuses autres espèces (mollusques, insectes pollinisateurs, carabes, oiseaux...).

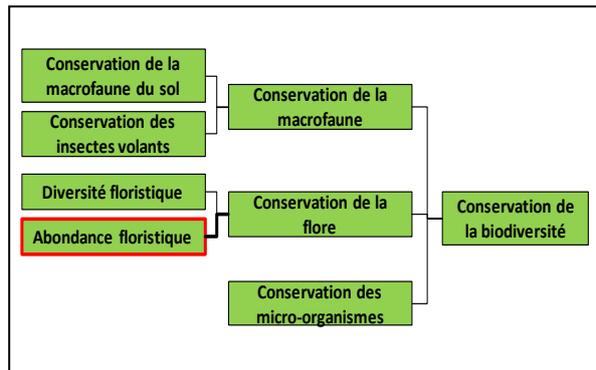
**Modalités de qualification :**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

**Mode de calcul ou d'évaluation :**

L'abondance floristique dans les parcelles cultivées est souvent considérée comme nuisible et combattue par des moyens de lutte spécifiques à cause de la nuisibilité que ces plantes peuvent exercer sur les cultures. Ainsi, le critère **Abondance floristique** sera estimé par le critère **Maîtrise des adventices** de la dimension économique en inversant l'échelle de classes de ce critère. Ainsi, une faible maîtrise des adventices correspond ici à une abondance floristique élevée.



[Retour au sommaire ↗](#)

# Conservation des micro-organismes du sol

## Type de critère :

Basique

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

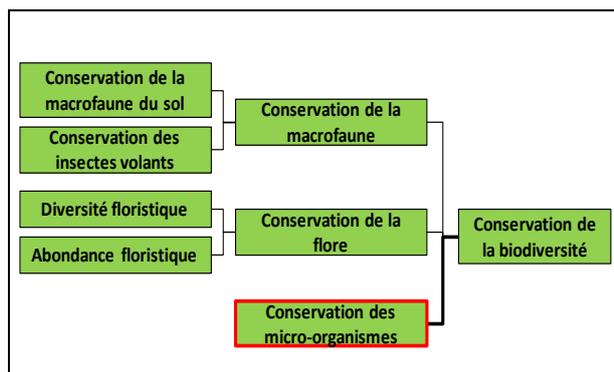
Conservation de la biodiversité

## Nom de variable :

CMOS

## Objet :

Les micro-organismes du sol sont une composante essentielle de la biodiversité des parcelles agricoles. Composés entre autres de bactéries, d'algues et de champignons, ils assurent des fonctions essentielles comme la biodégradation de la matière organique, la production de nutriments pour les plantes, la fixation d'azote, la dégradation des polluants... L'évaluation de la conservation des micro-organismes du sol estime à la fois l'impact des pratiques agricoles sur l'abondance et la diversité de ces organismes. Leur abondance permet de donner une indication sur le niveau d'activité biologique du sol et sur l'intensité des services écosystémiques potentiellement rendus tandis que la diversité des espèces permet d'estimer la résilience et la stabilité du milieu face à des perturbations diverses.



## Modalités de qualification :

Nombre de classes : 4

Classes : très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée

## Mode de calcul ou d'évaluation :

Dans MASC 2.0, la **Conservation des micro-organismes du sol** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXI dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle disponible localement jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

L'arbre satellite proposé dans MASC 2.0 permettant de qualifier la [conservation des micro-organismes du sol](#) est détaillé par ailleurs dans la section des documents d'accompagnement de MASC 2.0 intitulée « Présentation des arbres satellites ». Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée de l'**Effet des apports de matières organiques**, de l'**Effet des pesticides** et de l'**Effet de la diversité des familles cultivées**.

[Retour au sommaire ↗](#)

---

## II- Présentation des arbres satellites

---

Des arbres satellites ont été construits pour renseigner certains critères basiques de MASC, dont le domaine de préoccupation est considéré comme trop complexe pour être évalué par un calcul simple ou directement par expertise. Les arbres satellites sont des indicateurs composites implémentés sur DEXi dans lesquels le critère racine (résultat final d'évaluation de l'arbre) correspond à un critère basique de l'arborescence de MASC 2.0.

L'utilisation des arbres satellites étant facultative, ces derniers ont été implémentés dans deux fichiers .dxi spécifiques :

- un fichier intitulé « arbres satellites.dxi » dans lequel tous les arbres satellites sont implémentés un à un.
- un fichier intitulé « arbre MASC + arbres satellites.dxi » dans lequel tous les arbres satellites proposés sont connectés à l'arbre de MASC 2.0 *via* les critères basiques concernés.

Ces arbres satellites ont été construits à partir de la littérature scientifique et en sollicitant un ou plusieurs experts des domaines concernés. Ces pondérations, qui ne sont a priori pas sujettes à variation selon le contexte de l'évaluation, sont par conséquent fixées et ne doivent pas être modifiées. Les différents critères constituant ces arbres satellites sont renseignés soit directement de manière qualitative ou par l'intermédiaire de calculs simples.

Les critères de base renseignés par des arbres satellites sont décrits successivement à l'aide d'une fiche type qui rassemble les informations suivantes :

- le nom du critère
- le sous-arbre d'évaluation d'appartenance
- le critère parent
- le nom de la variable correspondante
- l'objet du critère (ce sur quoi il porte)
- les modalités de qualification
- le mode de calcul ou d'évaluation
- des références bibliographiques (quand elles existent).

# Maîtrise de l'état structural du sol

## Type de critère :

Arbre satellite

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension économique

## Critère parent :

Maîtrise de la fertilité physico-chimique

## Nom de la variable :

MESS

## Objet :

Les passages répétés d'engins agricoles en conditions défavorables sont souvent responsables d'une dégradation de l'état structural du sol par compaction. Le tassement du sol induit, en réduisant la pénétration et la circulation de l'eau, de l'air, des organismes et des racines des cultures, peut fortement diminuer le potentiel de production de la parcelle. La régénération d'un sol compacté étant longue et coûteuse, la maîtrise de l'état structural du sol s'avère indispensable au maintien de la capacité productive à moyen et long terme de la parcelle.

## Modalité de classification

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

## Mode d'évaluation :

Dans MASC 2.0, la **Maîtrise de l'état structural du sol** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée des facteurs jouant sur la dégradation de la structure du sol (**Proportion de cultures récoltées en mauvaises conditions** et **Effet des équipements limitant le tassement**) et des facteurs de régénération de la structure du sol (**Aptitude du sol à la fissuration** et **Régénération mécanique de la structure**).

### Maîtrise de l'état structural du sol

#### Degradation de la structure du sol

- Proportion de cultures récoltées en mauvaises conditions
- Effet des équipements limitant le tassement

#### Régénération de la structure du sol

- Aptitude du sol à la fissuration
- Régénération mécanique de la structure

## 1- Dégradation de la structure du sol

### 1-1 Proportion de cultures récoltées en mauvaises conditions (CRMC)

Le tassement des sols induit par le matériel agricole est fortement dépendant du type de sol et de son état hydrique. Dans le cadre d'une évaluation multicritère et *ex ante*, il peut être évalué simplement à partir de la proportion de cultures récoltées en mauvaises conditions (périodes pendant lesquelles les sols sont humides). Cette proposition d'évaluation repose sur l'hypothèse que les agriculteurs, pour le reste du cycle cultural, ne font pas d'intervention mécanique lorsque le sol n'est pas suffisamment ressuyé. Ce critère est évalué en calculant la proportion (en pourcentage) dans la rotation de cultures « à risque » impliquant une récolte en condition probablement humide.

$$\text{CRMC} = (\text{CRMC}_i / \text{NC}) * 100$$

Avec :

CRMC<sub>i</sub> : Nombre de cultures faisant l'objet d'une récolte en conditions souvent humides (exemple : maïs, betterave, pomme de terre, sorgho, cultures dérobées, cultures légumières de plein champ récoltées au printemps ou en automne...)

NC : Nombre total de cultures dans la rotation

CRMC est ensuite discrétisé en classes qualitatives grâce aux valeurs-seuils préconisées dans le tableau 27.

Tableau 27 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser CRMC

Proportion de cultures récoltées en mauvaises conditions (CRMC)	Classe qualitative
CRMC = 0%	très faible
0% < CRMC ≤ 20 %	faible à moyenne
20 % < CRMC ≤ 40%	moyenne à élevée
CRMC > 40 %	très élevée

### 1-2 Effet des équipements limitant le tassement

L'effet néfaste des passages d'engins lourds en période défavorable peut être atténué par l'utilisation d'équipements limitant le tassement. Ce critère peut être qualifié directement par expertise en fonction du matériel utilisé en se référant aux classes qualitatives préconisées dans le tableau 28.

Tableau 28 : Classes qualitatives préconisées pour renseigner le critère Effet des équipements limitant le tassement

Effet des équipements limitant le tassement	Classe qualitative
Absence d'équipement limitant le tassement	faible
Pneumatiques basse pression, roues jumelées	élevé

### 1-3 Combinaison des critères pour l'évaluation de la Dégradation de la structure du sol

La **Dégradation de la structure du sol** sera jugée très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée. Le diagnostic est réalisé par combinaison des critères **Proportion de cultures récoltées en mauvaises conditions** et **Effet des équipements limitant le tassement** en leur accordant des poids respectifs de 40% et 60%<sup>6</sup>. Ces pondérations traduisent l'importance des équipements limitant le tassement pour réduire l'impact des interventions au champ en conditions défavorables.

<sup>6</sup> Pondérations définies par expertise (J. Roger-Estrade, communication personnelle, février 2011)

## 2- Régénération de la structure du sol

### 2-1 Aptitude du sol à la fissuration

Ce critère caractérise l'aptitude d'un sol à se régénérer naturellement après un tassement sous l'alternance des phénomènes de gel-dégel et d'humectation-dessiccation. Monnier et Stengel (1982) identifient cinq classes d'aptitude à la fissuration selon la texture du sol (figure 1).

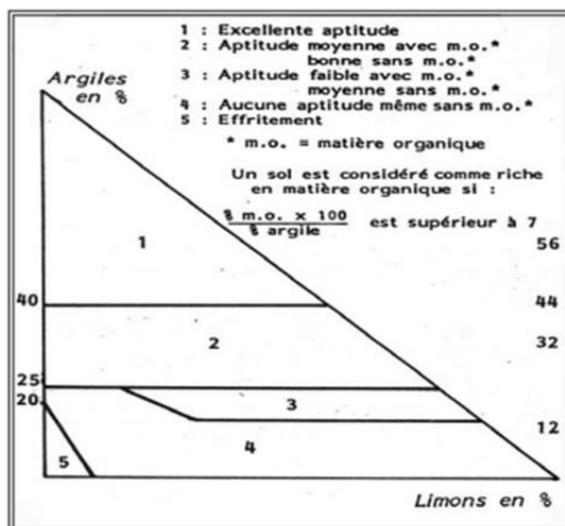


Figure 1 : Triangle des textures adapté à l'aptitude des sols à la fissuration (Monnier & Stengel, 1982)

Le critère **Aptitude du sol à la fissuration** est renseigné sur cette base selon quatre classes qualitatives (cf. tableau 29).

Tableau 29 : Classes qualitatives préconisées pour renseigner le critère Aptitude du sol à la fissuration

Aptitude du sol à la fissuration	Classe qualitative
Classe IV et V	très faible
Classe III	faible à moyenne
Classe II	moyenne à élevée
Classe I	très élevée

#### Remarque :

La texture du sol peut être obtenue en se référant à des analyses de sol lorsqu'elles sont disponibles ou à dire d'expert. Il est possible de conforter cette expertise en consultant la base de données nationale des analyses de terre proposée sur le site Internet du GIS SOL<sup>7</sup>.

### 2-2 Régénération mécanique de la structure :

Cet indicateur rend compte de la présence ou non d'opérations culturales ayant pour effet une restructuration profonde du sol. La correspondance entre les pratiques de travail du sol et les classes qualitatives de ce critère est présentée dans le tableau 30. Cette table traduit le fait qu'en absence de travail du sol, la régénération de la structure est plus lente qu'en système travaillé.

<sup>7</sup> GIS SOL – BDAT : Base de données des analyses de terre [en ligne]. Disponible sur : <http://bdat.gissol.fr/geosol/index.php>.

**Tableau 30 : Classes qualitatives préconisées pour renseigner le critère Effet du travail du sol**

Régénération mécanique de la structure	Classe qualitative
Travail superficiel exclusivement sur la ligne de semis (ex : semis-direct)	très faible
Travail superficiel avec déchaumages (plusieurs interventions à moins de 15 cm de profondeur)	faible à moyenne
Travail profond occasionnel (une intervention moins d'un an sur 3 à plus de 15 cm de profondeur)	moyenne à élevée
Travail profond régulier (au moins une intervention tous les 3 ans à plus de 15 cm de profondeur)	très élevée

### 2-3 Combinaison des critères pour l'évaluation de la **Régénération de la structure du sol**

La **Régénération de la structure du sol** sera jugée très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée. Le diagnostic est réalisé par combinaison des indicateurs **Aptitude du sol à la fissuration** et **Régénération mécanique de la structure** en leur accordant des poids équivalents de 50 %<sup>8</sup>.

### 2-2 Diagnostic général pour évaluer la maîtrise de l'état structural

La **Maîtrise de l'état structural** sera qualifiée de très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée. Les critères **Régénération de la structure du sol** et **Dégradation de la structure du sol** ont des poids respectifs de 40% et 60%<sup>10</sup>. Un poids plus faible a été accordé au critère **Régénération de la structure du sol** car ce processus est généralement plus long et plus difficile à mettre en oeuvre.

### Références bibliographiques

- Combe L., Picard D., 1990. Un point sur...Les systèmes de cultures. INRA Editions, 190 p.
- Girard M-C., Walter C., Rémy J-C. , Berthelin J., Morel J-L., 2005. Sols et environnement, Edition Dunod, p. 538-559.
- Monnier G., Stengel P., 1982. La composition granulométrique des sols un moyen de prévoir leur fertilité physique – BTI, n°370-372, p. 503-511.
- UMR AGIR INRA, INP ENSAT, 2009. MASC-AB : Un outil d'aide à l'évaluation multicritère des Systèmes de Grandes cultures Biologiques, Version 1.0. Mobilisation de connaissances expertes pour l'évaluation d'indicateurs de MASC-AB, 77 p.

[Retour au sommaire ↗](#)

<sup>8</sup> Pondérations définies par expertise (J. Roger-Estrade, communication personnelle, février 2011)

# Maîtrise du statut acido-basique du sol

**Type de critère :**

Arbre satellite

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension économique

**Critère parent :**

Maîtrise de la fertilité physico-chimique

**Nom de la variable :**

MSAB

**Maitrise du statut acido-basique**

— Statut acido-basique initial

— CEC (pouvoir tampon)

**Effet du système de culture**

— Effet des pratiques acidifiantes

— Effet des amendement basiques

**Objet :**

Du fait de processus naturels (activité biologique, lessivage...) et anthropiques (effet des pratiques) les sols ont tendance à s'acidifier progressivement. Une mauvaise maîtrise du statut acido-basique causée par une diminution (ou augmentation) excessive du pH engendre une baisse de la fertilité des sols : réduction de la capacité d'échange cationique, risque de toxicité de certains éléments minéraux (aluminique par exemple), diminution de la stabilité structurale, blocage dans le sol de certains éléments nutritifs, baisse de l'activité biologique... La maîtrise du statut acido-basique est donc indispensable pour maintenir le potentiel de production de la parcelle et contribue, par conséquent, à préserver la durabilité des systèmes de culture.

**Modalité de classification**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode d'évaluation :**

Dans MASC 2.0, la **Maîtrise du statut acido-basique du sol** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle disponible s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée du **Statut acido-basique initial**, de la **CEC** (pouvoir tampon) et de l'**Effet du système de culture** (combinaison de l'effet des pratiques acidifiantes et de l'effet des amendements basiques).

## 1- Statut acido-basique initial

Le statut acido-basique initial est obtenu en se référant à des analyses de sol récentes lorsqu'elles sont disponibles, à dire d'expert et/ou en consultant la base de données des analyses de terre proposée sur le site Internet du GIS SOL<sup>9</sup>. Les classes qualitatives correspondantes sont indiquées dans le tableau 31.

Tableau 31 : Affectation des classes qualitatives pour renseigner le critère Statut acido-basique initial

Statut acido-basique initial	Classe qualitative
$\text{pH} \leq 6$	faible
$6 < \text{pH} \leq 7$	moyen
$\text{pH} > 7$	élevé

## 2- CEC (Pouvoir tampon)

La CEC (capacité d'échange cationique) exprime entre autres la capacité d'un sol à résister aux changements de pH (pouvoir tampon) et est fortement liée à sa composition. Le critère CEC (pouvoir tampon) est renseigné en se référant à des analyses de terre, à dire d'expert en fonction de la texture du sol et/ou en consultant la base de données des analyses de terre proposée sur le site Internet du GIS SOL<sup>11</sup>. Les classes qualitatives préconisées pour discrétiser la CEC sont indiquées dans le tableau 32.

Tableau 32 : Valeurs-seuils préconisées pour renseigner le critère CEC (pouvoir tampon)

CEC (Pouvoir tampon (CEC exprimée en méq/100g)	Classe qualitative
$\text{CEC} \leq 8$ (ex : sol sableux)	faible
$8 < \text{CEC} \leq 14$ (ex : sol sablo-limoneux riche en matière organique, sol limoneux et sol sablo-argileux)	moyenne
$\text{CEC} > 14$ (ex : sol argileux, sol limono-argileux riche en matière organique)	élevée

## 3-Effet du système de culture

### 3-1 Effet des pratiques acidifiantes

Le système de culture, de par les différentes interventions mises en œuvre, participe à l'acidification des sols. Les interventions y contribuant le plus sont listées par ordre d'importance ci-après (COMIFER, 2009) :

- Utilisation importante d'engrais acidifiants (forme ammoniacale et uréique),
- Balance azotée excédentaire,
- Proportion élevée de légumineuses dans la rotation,
- Exportations importantes des résidus de récolte,

<sup>9</sup> GIS SOL – BDAT : Base de données des analyses de terre [en ligne]. Disponible sur : <http://bdat.gissol.fr/geosol/index.php>

Le critère **Effet des pratiques acidifiantes** (EPA) est estimé en effectuant une somme de plusieurs indices qualifiant le système de culture dans son ensemble :

$$\text{EPA} = \text{UEA} + \text{BA} + \text{PLR} + \text{EXC}$$

Avec :

UEA : Indice caractérisant l'utilisation d'engrais acidifiants

BA : Indice caractérisant la balance azotée

PLR : Indice caractérisant l'effet de la proportion de légumineuses dans la rotation

EXC : Indice caractérisant l'effet induit par les exportations des cultures

Chacun de ces indices est attribué sur l'ensemble de la rotation en se référant au tableau 33. Ces indices ont été attribués et étalonnés en s'appuyant sur la bibliographie et par expertise. Ce paramétrage pourra être précisé à terme en fonction de l'évolution des connaissances et des références sur le bilan de protons à l'échelle de la parcelle.

**Tableau 33 : Table de référence permettant d'affecter les indices qualifiant l'effet des pratiques acidifiantes.**

Effet des pratiques acidifiantes (EPA)	Indices
<b>Utilisation d'engrais acidifiants</b>	<b>UEA</b>
Aucune utilisation d'engrais acidifiant	0
Utilisation faible (quantités utilisées < 50 unités équivalents valeurs neutralisantes/ha/an)	1
Utilisation modérée (quantités utilisées comprises entre 50 et 100 unités équivalents valeurs neutralisantes/ha/an)	2
Utilisation importante (quantités utilisées > 100 unités équivalents valeurs neutralisantes/ha/an)	3
<b>Balance azotée</b>	<b>BA</b>
Balance azotée déficitaire à équilibrée ( $\leq 0$ kg N/ha/an) (ex : systèmes de culture en production biologique ou à bas niveaux d'intrants)	0
Balance azotée équilibrée (entre 0 et 30 kg N/ha/an) (ex : système de culture en production intégrée ou raisonnée)	1
Balance azotée excédentaire (entre 30 et 60 kg N/ha/an) (ex : système de culture en production intensive-raisonnée)	2
Balance azotée très excédentaire ( $> 60$ kg N/ha/an) (ex : système de culture en production intensive ne tenant pas compte des arrières effets des apports de matières fertilisantes organiques)	3
<b>Proportion de légumineuses dans la rotation</b>	<b>PLR</b>
PLR = 0%	0
0% < PLR $\leq$ 30 %	1
PLR > 30 %	2
<b>Exportation des cultures</b>	<b>EXC</b>
Pas d'exportation des résidus de récolte	0
Exportation occasionnelle des résidus de récolte	1
Exportation fréquente des résidus de récolte	2

Les valeurs-seuils préconisées pour discrétiser en classes qualitatives l'**Effet des pratiques acidifiantes** sont indiquées dans le tableau 34. Ces valeurs sont été déterminées par expertise et en considérant la gamme des valeurs explorées dans le tableau 33.

**Tableau 34 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser EPA**

Effet des pratiques aciifiantes (EPA)	Classe qualitative
$EPA \leq 3$	très faible
$3 < EPA \leq 5$	faible à moyen
$5 < EPA \leq 7$	moyen à élevé
$7 < EPA$	très élevé

### 3-2 Effet des amendements basiques

L'acidification des sols sous l'effet d'un système de culture et des phénomènes naturels peut être compensée par des amendements basiques. Le critère EAB sera estimé par expertise ou calculé en fonction de la fréquence des apports, de la quantité amendée et de la valeur neutralisante des amendements basiques utilisés (en équivalent de valeurs neutralisantes/ha/an). Les classes qualitatives permettant de renseigner le critère EAB sont indiquées dans le tableau 35.

**Tableau 35 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser l'Effet des amendements basiques**

Effet des amendements basiques (EAB)	Classe qualitative
Apports moyens inférieurs à 150 unités neutralisantes/ha/an (impasses ou chaulage d'entretien très faible)	très faible
Apports moyens compris entre 150 à 250 unités neutralisantes/ha/an (chaulage d'entretien faible à moyen)	faible à moyen
Apports moyens compris entre 250 à 350 unités neutralisantes/ha/an (chaulage d'entretien moyen à élevé)	moyen à élevé
Apports moyens supérieurs à 350 unités neutralisantes/ha/an (chaulage de redressement ou d'entretien très élevé)	très élevé

### 3-3 Agrégation pour évaluer l'Effet du système de culture

Le critère agrégé **Effet du système de culture** sera qualifié de très acidifiant, acidifiant, neutre, alcalinisant, très alcalinisant. Les critères **Effet des pratiques acidifiantes** (AIE) et **Effet des amendements basiques** (EAB) ont des poids équivalents de 50%<sup>10</sup> car **l'Effet des pratiques acidifiantes** peut être compensé par **l'Effet des amendements basiques**.

### 4- Diagnostic général pour évaluer la Maîtrise du statut acido-basique du sol

La **Maîtrise du statut acido-basique du sol** sera qualifiée de très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée. Les critères **Statut acido-basique initial**, **Pouvoir tampon du sol**, **Effet du système de culture** ont un poids respectif de 35%, 15% et de 50%. Ces pondérations ont été établies par expertise<sup>10</sup> et en se référant aux diverses ressources bibliographiques citées à la fin de ce document.

### Références bibliographiques

- Coppennet M., Ailliot B., Cariou G., Colomb B., Darre J., Haut R., 1986. Etat calcique des sols et fertilité : le chaulage. COMIFER, Edition ACTA, 159 p.
- Girard M-C, Walter C., Rémy J-C, Berthelin J., Morel J-L. , 2005. Sols et environnement, Edition Dunod, p. 285-305.
- COMIFER-Groupe chaulage, 2009. Le chaulage : des bases pour le raisonner (Version 2), COMIFER, 110P.
- Vilain M., 1989. La production végétale : Volume 2, la maîtrise technique de la production. Techniques et documentation, 350 p.
- Schwartz C. Muller J-C, Decroux J., 2005. Guide de la fertilisation raisonnée. Editions France Agricole, 405 p.
- Tessier D., Bruand A., Le Bissonnais Y., Dambrine E., 1996. Qualité chimique et physique des sols, Etude et gestion des sols, numéro spécial 3, 4, p. 229-244.

[Retour au sommaire ↗](#)

<sup>10</sup> Pondérations définies par expertise (F.X. Gaumont, communication personnelle, février 2011)

# Maîtrise de la fertilité phospho-potassique

**Type de critère :**

Arbre satellite

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

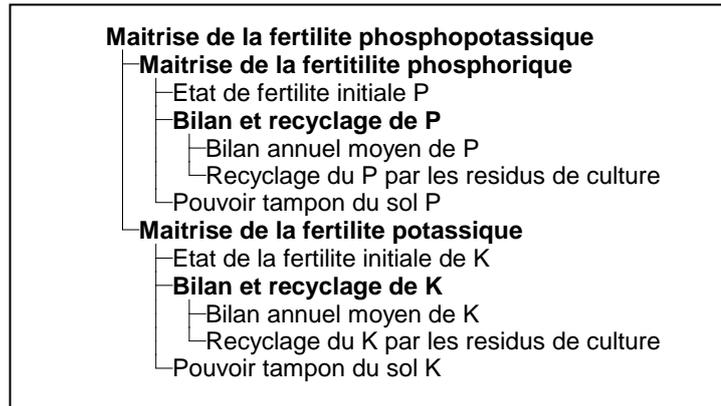
Contribution à la dimension économique

**Critère parent :**

Maîtrise de la fertilité physico-chimique

**Nom de la variable :**

MFPP



**Objet :**

Le phosphore et le potassium sont des éléments minéraux indispensables à la croissance des cultures. Par opposition à l'azote, le phosphore et le potassium font l'objet d'une gestion à plus long terme car ces éléments sont peu labiles. Une mauvaise maîtrise de la fertilité phospho-potassique peut, à moyen et long terme, conduire à une diminution de la capacité productive de la parcelle.

**Modalité de classification**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode d'évaluation :**

Dans MASC 2.0, la **Maîtrise de la fertilité phospho-potassique** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle disponible s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

Dans cette proposition, l'indicateur **Maîtrise de la fertilité phospho-potassique** sera évalué en considérant séparément pour le potassium et le phosphore l'**Etat de fertilité initiale**, le **Pouvoir tampon du sol** et le **Bilan et le recyclage par des résidus de cultures** de ces éléments dans le système de culture.

## 1- Etat de la fertilité initiale de P et K

Ce critère peut être estimé pour le potassium et le phosphore à partir d'une analyse de terre récente en se référant aux classes d'exigence des cultures décrites ci-dessous. A défaut, on pourra considérer les bilans des éléments à long terme, couplés à la prise en compte des rendements sur la même période.

Trois classes de fertilité sont retenues, correspondant aux définitions génériques suivantes, telles que définies dans REGIFERT (Denoroy *et al.*, 2004) :

- **Fertilité élevée** : capacité à satisfaire les besoins des diverses cultures, quels que soient leurs degrés d'exigence.
- **Fertilité moyenne** : capacité à satisfaire les besoins des cultures moyennement exigeantes ou peu exigeantes, mais pas ceux des cultures exigeantes.
- **Fertilité faible** : ne peut satisfaire que les besoins des cultures faiblement exigeantes

## 2- Bilan et recyclage de P et K

### 2-1 Bilan annuel de P et K

Le **Bilan cultural annuel moyen (BCA)** est calculé sur l'ensemble de la rotation, en comptabilisant les entrées et les sorties de phosphore et de potassium dans le système.

$$BCA_{P,K} = [\sum_i (Q \text{ apport}_{i,P,K} - (Rdt_i * Teneur_{i,P,K}))] / n$$

Avec :

Q apport<sub>i</sub> : Quantité de P et K apportée en kg/ha/an de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O pour la culture i,

Rdt<sub>i</sub> : Rendement attendu ou réalisé pour la culture i,

Teneur : Teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O dans les produits de récolte exportés pour la culture i.

n : Durée en années de la succession

Les valeurs-seuils préconisées pour discrétiser les bilans annuels moyens calculés pour le phosphore et le potassium sont présentées dans le tableau 36.

Tableau 36 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser le critère BCA

Bilan cultural annuel moyen (BcaP) <i>en kg de P2O5/ha/an</i>	Bilan cultural annuel moyen (BcaK) <i>en kg de K2O/ha/an</i>	Classe qualitative
BcaP < -30	BcaK < -50	très faible
-30 ≤ BcaP < -10	-50 ≤ BcaK < -20	faible
-10 ≤ BcaP < +10	-20 ≤ BcaK < +20	moyen
+10 ≤ BcaP < +30	+20 ≤ BcaK < +50	élevé
BcaP ≥ +30	BcaK ≥ +50	très élevé

### 2-2 Recyclage du P et K par des résidus de culture

Cette notion recouvre le niveau annuel moyen des restitutions par le biais des résidus de culture, qui relocalisent dans les horizons de surface les éléments nutritifs (rapidement sous forme minérale pour K et essentiellement sous forme organique pour P). Ce niveau peut être très différent selon les rotations pratiquées et les pratiques de gestion des résidus de culture, notamment dans les systèmes mixtes (polyculture-élevage). Un niveau de « restitution organique » annuel moyen élevé peut favoriser le maintien d'un pool de phosphore et de potassium ayant une meilleure biodisponibilité (relocalisation dans les horizons de surface pour le potassium et maintien d'un pool de phosphore organique minéralisable, non soumis aux processus de fixation du sol).

$$RI_{P,K} = [\sum_i (QRES_i \times Teneur_{i,P,K})] / n$$

Avec :

QRES<sub>i,P,K</sub> : Quantité de résidus de récolte en tonnes/ha pour la culture i,

Teneur<sub>i,P,K</sub> : Teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O présente dans les résidus de culture,

n : Durée en années de la rotation

Les valeurs-seuils préconisées pour renseigner le critère **Recyclage interne par des résidus de culture** (RI) pour le phosphore et le potassium sont présentées dans le tableau 37.

**Tableau 37 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser le critère RI**

Recyclage interne de P (RI) <i>en kg de P2O5/ha/an</i>	Recyclage interne de K (RI) <i>en kg de P2O5/ha/an</i>	Classe qualitative
RiP < 30	RiP < 50	faible
30 ≤ RiP < 60	50 ≤ RiP < 90	moyen
RiP ≥ 60	RiP ≥ 90	élevé

### 2-3 Agrégation pour évaluer le critère Bilan et recyclage

Le critère agrégé **Bilan et recyclage pour le phosphore et le potassium** sera qualifié de faible, moyen, élevé. Les critères **Bilan annuel** <sub>P,K</sub> et **Recyclage interne par des résidus de récolte** <sub>P,K</sub> ont des poids respectifs de 60% et 40%<sup>11</sup>.

### 3- Pouvoir tampon du sol

La notion de pouvoir tampon du sol reflète la capacité du sol à réalimenter le pool d'ions dans lequel puisent les plantes (P ou K en solution) à partir des espèces organo-minérales existantes.

Pour le phosphore, des mesures de pouvoir tampon établies par l'INRA sur plusieurs dizaines d'essais de longue durée, dérivant des cinétiques d'échange isotopique, illustrent la variabilité de ce critère en fonction des sols et du passé de fertilisation. Des travaux sont en cours pour identifier les déterminants physico-chimiques importants (texture, constituants importants du sol (oxydes de fer et d'aluminium, argile, MOS, carbonate de calcium), pH...) pour élaborer des fonctions de pédo-transfert. Dans l'état actuel des connaissances et à défaut d'analyse de terre récente disponible ce critère pourra être renseigné par la classe qualitative « moyen ». Pour le potassium, ce critère pourra être qualifié à dire d'expert en s'appuyant sur la texture, la nature dominante des argiles, et l'importance du potassium échangeable (*cf.* tableau 38).

**Tableau 38 : Valeurs-seuils préconisées pour estimer par expertise le pouvoir tampon des sols vis-à-vis du potassium**

Pouvoir tampon K (fonction de la texture)	Classe qualitative
Sable, Limon sableux	faible
Limon léger, Limon moyen	moyen
Argile, Limon argileux, Limon argilo-sableux	élevé

### 4- Agrégation qualitative pour évaluer la Maîtrise de la fertilité phosphorique et potassique

Les critères agrégés **Maîtrise de la fertilité phosphorique** et **Maîtrise de la fertilité potassique** seront qualifiés de très faible, faible, moyen, élevé.

Les critères **Fertilité initiale en P et K**, **Bilan et Recyclage de P et K** et **Pouvoir tampon du sol** ont des poids respectif de 35%, 55% et 10%<sup>1</sup>.

<sup>11</sup> Pondérations définies par expertise (B. Colomb, communication personnelle, mars 2011)

## 5- Diagnostic général pour évaluer la Maîtrise de la fertilité phospho-potassique

Le critère agrégé **Maîtrise de la fertilité phospho-potassique** sera qualifié de très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée ou très élevée. Les critères **Maîtrise de la fertilité phosphorique** et **Maîtrise de la fertilité potassique** ont un poids équivalent de 50%.

### Références bibliographiques

- Antoni V., 2009. Le phosphore dans les sols : nécessité agronomique, préoccupation environnementale. Le point sur, n°14, 4 p. Disponible sur :  
<<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/119/1097/phosphore-sols-necessite-agronomique-preoccupation.html>>
- Combe L., Picard D., 1990. Un point sur les systèmes de cultures. INRA Editions, 190 p.
- COMIFER-groupe PKMg, 2007. Teneur en P, K, Mg des organes de végétaux récoltés pour les cultures de plein champs et les principaux fourrages, COMIFER, 4 p. Disponible sur :  
<<http://www.comifer.asso.fr/index.php/publications/les-brochures-du-comifer.html>>
- Denoroy P., Dubrulle P., Vilette C., Colomb B., Fayet G., Schoelsen M., Marin-Lafèche A., Pellerin F., Pellerin S., Boiffin J., 2004. REGIFERT, Interpréter les résultats d'analyse de terre. Module Phosphore et module potassium, INRA, p. 23-55.
- Girard M-C, Walter C., Rémy J-C, Berthelin J., Morel J-L, 2005. Sols et environnement, Edition Dunod, p. 285-305.
- UMR AGIR INRA, INP ENSAT, 2009. MASC-AB : Un outil d'aide à l'évaluation multicritère des Systèmes de Grandes cultures Biologiques, Version 1.0. Mobilisation de connaissances expertes pour l'évaluation d'indicateurs de MASC-AB, 77 p.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise des adventices

**Type de critère :**

Arbre satellite

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension économique

**Critère parent :**

Maîtrise des bioagresseurs

**Nom de la variable :**

MADV

**Objet :**

Les populations d'adventices, lorsqu'elles sont insuffisamment maîtrisées dans un système de culture, peuvent envahir progressivement la parcelle jusqu'à des niveaux incontrôlables ou préjudiciables pour les cultures. La maîtrise des adventices, c'est-à-dire le maintien du stock semencier dans le sol à des niveaux suffisamment bas pour éviter de tels risques à moyen et long terme, est par conséquent très importante pour préserver la capacité productive à long terme de la parcelle.

**Modalité de classification**

Nombre de classes : 4

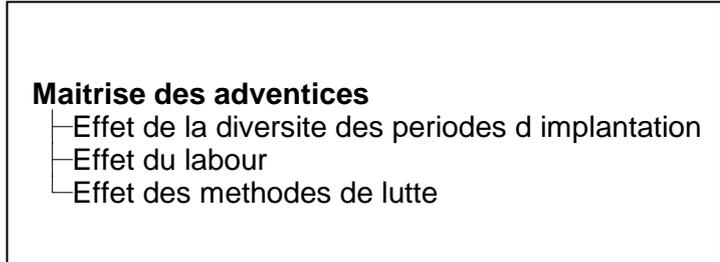
Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode d'évaluation :**

Dans MASC 2.0, la **Maîtrise des adventices** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée de **l'Effet de la diversité des périodes d'implantation**, de **l'Effet du labour** et de **l'Effet des méthodes de lutte**. Cette décomposition distingue :

- L'effet des méthodes de lutte regroupant les interventions mises en œuvre spécifiquement pour maîtriser les adventices.
- L'Effet des principales méthodes de contrôle cultural (**Effet de la diversité des périodes d'implantation** et **Effet du labour**) ayant un impact important sur le niveau de maîtrise des adventices mais qui ne sont généralement pas mises en œuvre uniquement dans cet objectif.



## 1- Effet de la diversité des périodes d'implantation

Les adventices présentent des périodes de levées préférentielles, calées sur le semis des cultures principales. La diversité des périodes d'implantation des cultures dans une rotation permet donc de contrôler le développement d'une flore spécialisée et concurrentielle dans la parcelle. Le critère **Effet des périodes d'implantation** est calculé en comptabilisant le nombre de classes se référant à des périodes de semis différentes dans la rotation. Cinq classes ont été définies :

- **Classe A : Semis d'automne précoce** (semis avant le 1<sup>er</sup> octobre) : ex : Colza, Orge d'hiver...
- **Classe B : Semis d'automne moyennement précoce** (semis entre le 1<sup>er</sup> octobre et 1<sup>er</sup> novembre) : ex : Céréales d'hiver, Féverole d'hiver, Pois d'hiver...
- **Classe C : Semis culture d'hiver tardif** (semis après le 1<sup>er</sup> novembre) : Blé dur et Orge de printemps (Sud de la Loire), Céréales d'hiver, Féverole d'hiver, Pois d'hiver...
- **Classe D : Semis de printemps précoce** (avant le 1<sup>er</sup> Avril) : ex : Pois de printemps, Orge de printemps, Lupin, Féverole de printemps, Betterave précoce...
- **Classe E : Semis de printemps tardif** (après le 1<sup>er</sup> Avril) : ex : Maïs, Tournesol, Soja, Sorgho, Betterave tardive, Pomme de terre...

Le nombre de classes comptabilisées dans la rotation sera majoré d'une classe lorsqu'une culture pluriannuelle est présente dans la rotation car ces couverts, semés dans une rotation une seule fois pour plusieurs années, contribuent à rompre le cycle biologique des adventices et à étouffer les jeunes plantules.

L'**Effet de la diversité des périodes d'implantation** (EPI) est ensuite discrétisé en classes qualitatives grâce aux valeurs-seuils préconisées dans le tableau 39<sup>12</sup>.

Tableau 39 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser EPI

Effet de la diversité des périodes d'implantation (EPI)	Classe qualitative
EPI = 1	très faible
EPI = 2	faible
EPI = 3	moyenne
EPI = 4	élevée
EPI ≥ 5	très élevée

A titre d'exemple, pour une rotation Colza/Blé d'hiver/Orge d'hiver on comptabilise deux classes différentes (A et B ; on considérant ici que les deux céréales sont semées entre le 1<sup>er</sup> octobre et le 1<sup>er</sup> novembre), par conséquent EPI = 2 (classe faible).

<sup>12</sup> Valeurs définies par expertise (N. Munier-Jolain, communication personnelle, janvier 2010).

## 2- Effet du labour

---

Le labour est un élément important de contrôle du stock semencier. L'enfouissement des semences d'adventices leur fait perdre, plus ou moins rapidement selon les espèces, leur capacité germinative. Ce critère sera évalué directement en termes de "présence" ou "absence" de labour dans le système de culture évalué (tableau 40).

**Tableau 40 : Affectation préconisée des classes qualitatives pour renseigner le critère Effet du labour**

Effet du labour	Classe qualitative
Présence	élevé
Absence	faible

### Remarque :

La fréquence du labour n'est pas considérée dans cette évaluation pour les raisons suivantes :

- L'efficacité du labour sur la maîtrise des adventices est dépendante de la durée de survie dans le sol des semences d'adventices présentes dans une parcelle. Dans le cadre d'une évaluation *ex ante*, cette information n'est pas disponible et il n'est donc pas possible de prédire si un labour tous les ans est préférable à un labour beaucoup moins régulier.
- L'effet de la fréquence du labour sur la maîtrise des adventices ne peut pas être représenté de manière pertinente dans cet indicateur en raison de la complexité des interactions entre la fréquence du labour et la succession culturale.

## 3- Effet des méthodes de lutte

---

Il existe plusieurs moyens de lutte permettant d'agir directement sur les adventices. Parmi ces méthodes de lutte on retiendra ici :

- La lutte physique par le recours aux interventions de désherbage mécanique et thermique.
- La lutte chimique par le recours à des herbicides de synthèse,
- Le contrôle par le couvert végétal caractérisant le pouvoir de compétition des cultures (et des cultures intermédiaires) sur les adventices.

L'effet de ces méthodes de lutte sur la maîtrise des adventices sera estimé à l'aide d'un tableau renseigné en deux temps (tableau 42) :

1) calcul d'un indice (EMLC<sub>i</sub>) caractérisant l'effet combiné des méthodes de lutte spécifiques pour chaque campagne de la rotation (cycle cultural + interculture).

2) calcul d'un indice global (EML) caractérisant l'effet des méthodes de lutte sur la rotation.

Les indices de lutte physique (LP<sub>i</sub>), de lutte chimique (LC<sub>i</sub>) et de contrôle par le couvert (ICC<sub>i</sub>) à affecter à chaque culture de la rotation sont obtenus par lecture dans le tableau 41.

**Tableau 41 : Table de référence permettant d'affecter les indices de lutte physique (LP<sub>i</sub>) de lutte chimique (LC<sub>i</sub>) et de contrôle par le couvert (ICC<sub>i</sub>) à chaque culture de la rotation. Ces valeur seuils ont été étalonnées à dire d'expert (N. Munier-Jolain, communication personnelle, janvier 2011).**

Indices de lutte physique (LP <sub>i</sub> )		
Interculture	Deux interventions mécaniques superficielles en moyenne (un déchaumage + préparation du lit de semence)	0
	Trois interventions mécaniques superficielles en moyenne	1
	Plus de trois interventions mécaniques superficielles en moyenne	2
Culture	Aucune intervention de désherbage mécanique	0
	Une à deux interventions de désherbage mécanique	1
	Au moins trois interventions de désherbage mécanique	2
Indices de lutte chimique (LC <sub>i</sub> )		
Interculture	Aucun passage d'herbicide	0
	Au moins un passage d'herbicide	1
Culture	IFT herbicide = 0	0
	0 < IFT herbicide ≤ 1	1
	1 < IFT herbicide ≤ 2	2
	IFT herbicide > 2	3
Indices de contrôle par le couvert (CC <sub>i</sub> )		
Interculture	Pas de culture intermédiaire	0
	Culture intermédiaire moyennement à peu couvrante	1
	Culture intermédiaire très couvrante et/ou présence d'un mulch épais et dense	2
Culture	Culture peu couvrante (maïs, tournesol, pomme de terre, betterave...)	1
	Culture moyennement couvrante (févérole, colza, pois, céréales moyennement à peu couvrantes)	2
	Culture couvrante (cultures associées, cultures avec semis sous-couvert variétés de céréales très couvrantes : triticale, orge d'hiver...)	3
	Culture très couvrante (chanvre, prairie, luzerne, culture avec présence d'un mulch dense...)	4

**Tableau 42 : Exemple de tableau permettant de calculer l'indice caractérisant l'effet des moyens de lutte sur le système (EML)**

Campagne	1		2		3	
	Interculture	culture 1	Interculture	culture 2	Interculture	culture 3
Indice de lutte physique (LP <sub>i</sub> )	0	2	0	0	1	1
Indice de lutte chimique (LC <sub>i</sub> )	1	0	0	2	0	1
Indice de contrôle par le couvert (ICC <sub>i</sub> )	0	2	0	1	1	2
Effet des méthodes de lutte sur chaque campagne (EMLC <sub>i</sub> ) : EMLC <sub>i</sub> = LP <sub>i</sub> + LC <sub>i</sub> + ICC <sub>i</sub>	5		3		6	
Effet moyen des méthodes de lutte sur le système de culture (EML) : EML = (Σ EMLC <sub>i</sub> ) / n	4.7					

En considérant la gamme de valeurs explorées dans le tableau 41, un exemple de valeurs-seuils est proposé dans le tableau 43 pour discrétiser en classes qualitatives l'Effet des méthodes de lutte. Ces valeurs-seuils pourront être adaptées par expertise locale (pour mieux appréhender l'effet des méthodes de lutte en considérant le stock semencier initial par exemple) et/ou pour mieux discriminer les systèmes de culture évalués.

**Tableau 43 : Exemple de valeurs-seuils pouvant être utilisées pour discrétiser EML**

Effet des méthodes de lutte (EML)	Classe qualitative
EML ≤ 4	faible
4 < EML ≤ 5	moyen
EML > 5	élevé

#### 4- Diagnostic général pour évaluer la Maîtrise des adventices

La **Maîtrise des adventices** sera qualifiée de très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée. Les critères **Effet de la diversité des périodes d'implantations**, **Effet du labour** et **Effet des moyens de lutte** ont des poids respectifs de 35%, 20% et 45%. Ces pondérations ont été attribuées par expertise<sup>13</sup>. Un poids un peu plus faible a été accordé au labour car cette technique bien qu'efficace contre les graines d'adventices « fragiles » a peu d'effets sur les graines persistantes comme le chardon ou le rumex (enfouissement puis remontée en surface de semences viables dans l'horizon superficiel).

#### Références bibliographiques :

- Attoumami-Ronceux A., Aubertot J.-N., L. Guichard, Jouy L., Mischler P., Omon B., Petit M.-P., Pleyber E., Reau R., Seiler A., 2010. Guide pratique pour la conception de systèmes de culture plus économes en produits phytosanitaires : Application aux systèmes de polyculture (Document 1), 74 p.
- Aubertot J.-N., Clerjeau M., David C., Debaeke P., Jeuffroy M.-H, Lucas P., Monfort F., Nicot P., Sauphanor B., 2005. Expertise scientifique collective : Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Chapitre 4 : Stratégie de protection des cultures, 104 p.
- Doré T., Le Bail M., Martin P., Ney B., Roger-Estrade J., 2006. L'agronomie aujourd'hui. Synthèses, Edition Quae, Versailles, 314 p.
- Gran A., 2006. Solutions agronomiques limitant le recours aux herbicides, Annexe du rapport de fin d'études Agro Montpellier, 41 p.
- Munier-Jolain N., Deytieux V., Guillemin J.P., Granger S., Gaba S., 2008. Conception et évaluation multicritères de prototypes de systèmes de culture dans le cadre de la Protection Intégrée contre la flore adventice en grandes cultures. Innovations Agronomiques, volume 3, p. 75-88
- Viaux P., 1995. Une 3e voie en grande culture: environnement, qualité, rentabilité. Editions Agridécisions, Paris, 211 p.

[Retour au sommaire ↗](#)

<sup>13</sup> Pondérations définies par expertise (N. Munier-Jolain, communication personnelle, janvier 2011)

# Maîtrise des maladies et ravageurs

**Type de critère :**

Arbre satellite

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension économique

**Critère parent :**

Maîtrise des bioagresseurs

**Nom de la variable**

MMR

**Maitrise des maladies et ravageurs**

- └ Effet de la diversité des familles cultivées
- └ Effet du travail du sol (Gestion des résidus)
- └ Effet des méthodes de lutte

**Objet :**

Les maladies et ravageurs telluriques ou à faible dispersion, lorsqu'ils sont insuffisamment contrôlés dans le système de culture, peuvent coloniser et infester progressivement la parcelle, jusqu'à des niveaux préjudiciables pour les cultures. La maîtrise des maladies et ravageurs telluriques, c'est-à-dire le maintien de la taille des populations à des niveaux suffisamment bas pour éviter de tels risques à moyen et long terme, est par conséquent très importante pour préserver la capacité productive à long terme de la parcelle.

**Modalité de classification**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode d'évaluation :**

Dans MASC 2.0, la **Maîtrise des maladies et ravageurs** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être remplacé par un autre modèle s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée de l'**Effet de la diversité des familles cultivées**, de l'**Effet du travail du sol** et de l'**Effet des méthodes de lutte**.

- L'**Effet des méthodes de lutte** regroupant les interventions mises en œuvre spécifiquement pour maîtriser les maladies et ravageurs.
- L'effet des principales méthodes de contrôle cultural (**Effet de la diversité des familles cultivées** et **Effet du travail du sol - gestion des résidus**) ayant un impact important sur le niveau de maîtrise des maladies et des ravageurs mais qui ne sont généralement pas mises en œuvre uniquement dans cet objectif.

### 3- Effet de la Diversité des familles cultivées

Plus la diversité des familles cultivées dans une rotation est élevée, plus grandes sont les chances que ces plantes soient éloignées génétiquement, et qu'elles aient moins de parasites en commun. Cependant, ce critère n'est pas absolu : des pathogènes peuvent être inféodés à une famille et non une espèce, comme l'antracnose chez les protéagineux, et inversement certains agents pathogènes, comme le *sclerotinia*, trouvent leurs hôtes dans plusieurs familles.

La diversité des familles cultivées (DFC) dans une rotation peut être calculée grâce à l'indice de diversité de Simpson rendant compte à la fois du nombre de familles et de leur équitabilité (plus la répartition des cultures au sein de chaque famille est similaire, plus l'équitabilité est élevée).

$$DFC = 1 / [\sum_i (p_i^2)]$$

Avec :

$$P_i = n_i / N$$

$n_i$  = nombre de cultures appartenant à la famille  $i$

$N$  = nombre de cultures dans la rotation

Les principales familles rencontrées en cultures de plein champ sont indiquées dans le tableau 44.

**Tableau 44 : principales familles rencontrées en cultures de plein champ**

Familles	Cultures
Fabacées	Féverole, Pois, Soja, Trèfle, Luzerne, Lupin...
Poacées	Céréales à paille, Maïs, Sorgho...
Astéracées	Tournesol, Artichaut, Laitue...
Chénopodiacées	Betterave...
Solanacées	Pomme de terre, Tomate...
Cannabinaées	Chanvre...
Brassicacées	Colza, Moutarde, Navette, Choux...
Polygonacées	Sarrasin...
Liliacées	Oignon, Poireau...
Linacées	Lin...

**Exemples d'application sur quelques rotations :**

Maïs/Blé :  $1/(2/2)^2 = 1.00$

Maïs/Blé/Colza/Triticale :  $1/[(3/4)^2 + (1/4)^2] = 1.60$

Colza/Blé/Orge =  $1/[(1/3)^2 + (2/3)^2] = 1.80$

Maïs/Triticale/Colza/Pois/Blé/Orge =  $1/[(4/6)^2 + (1/6)^2 + (1/6)^2] = 2.00$

Pois/Blé/Tournesol/Orge =  $1/[(2/4)^2 + (1/4)^2 + (1/4)^2] = 2.67$

Pois/Blé/Colza/Betterave =  $1/[(1/4)^2 + (1/4)^2 + (1/4)^2 + (1/4)^2] = 4.00$

DFC est ensuite discrétisé en classes qualitatives grâce aux valeurs-seuils préconisées dans le tableau 45. Ces valeurs-seuils ont été définies en considérant le profil de performance des rotations testées ci-dessus.

**Tableau 45 : Classes qualitatives préconisées pour renseigner le critère DFC**

Diversité des familles cultivées (DFC)	Classe qualitative
$DFC \leq 1.7$	faible
$1.7 < DFC \leq 2.5$	moyen
$DFC > 2.5$	élevé

#### Remarque :

- Lorsque deux cultures sont cultivées en association, l'indice de diversité sera calculé en attribuant un demi-point à chaque culture associée pour le numérateur (ni) et ces cultures associées seront comptabilisées comme une seule et même culture au niveau du dénominateur (N). Ce procédé permet de relativiser leur contribution à la diversification des familles dans la rotation en fonction de leur plus faible densité dans la parcelle. Exemple d'application :

▪ Rotation : Colza/association Blé-Pois/Orge

$$\text{Formule : } = 1 / [(1/3)^2 + (0.5/3)^2 + (1.5/3)^2] = \underline{2.57}$$

- Les cultures intermédiaires sont généralement implantées sur une durée plus courte que les autres cultures de la rotation et ont par conséquent un impact plus faible sur la pression de maladies et de ravageurs. Cette différence sera ici prise en compte dans le calcul de cet indicateur en comptabilisant un demi-point pour chaque culture intermédiaire de la rotation au niveau du numérateur (Ni) et du dénominateur (N). Exemple d'application :

▪ Rotation : Pois/Blé/culture intermédiaire de Seigle/Tournesol/Orge

$$\text{Formule : } 1 / [(1/4,5)^2 + (2,5/4,5)^2 + (1/4,5)^2] = \underline{2.45}$$

#### 4- Effet du travail du sol

Le travail du sol conditionne, par l'enfouissement des résidus de récolte, l'évolution de la pression parasitaire dans la parcelle. Même si certains parasites sont favorisés par le labour, en tendance l'effet semble plutôt globalement inverse. Ainsi, la culture sans labour augmente la quantité de résidus laissée à la surface du sol ce qui peut accroître les populations de ravageurs nécrotrophes (limaces, par exemple). Ces résidus peuvent aussi représenter des réservoirs d'inoculum d'une année sur l'autre (maladies telluriques comme le Phoma) ou favoriser la survie de certains ravageurs pendant la période hivernale (pyrales...).

Ce critère sera directement renseigné en fonction du type de travail du sol effectué sur la rotation. Les classes qualitatives préconisées sont indiquées dans le tableau 46.

**Tableau 46 : Classes qualitatives préconisées pour renseigner le critère ETS**

Effet du travail du sol	Classe qualitative
Semis direct	très faible
Techniques culturales sans labour (avec déchaumages)	faible à moyen
Labour occasionnel (moins d'un an sur trois)	moyen à élevé
Labour régulier (plus d'un an sur trois)	très élevé

#### 5- Effet des méthodes de lutte

Il existe plusieurs méthodes de lutte permettant d'agir directement sur les maladies et ravageurs telluriques. Parmi ces méthodes de lutte on retiendra ici :

- le contrôle génétique par le recours à des variétés résistantes,
- la lutte biologique par le recours à des agents de contrôle,
- la lutte chimique par le recours à des pesticides.

L'effet de ces méthodes de lutte sur l'évolution de la pression parasitaire sera estimé à l'aide d'un tableau renseigné en deux temps (tableau 48) :

- 1) calcul d'un indice (EMLC<sub>i</sub>) caractérisant l'effet des moyens de lutte pour chaque culture de la rotation.
- 2) calcul d'un indice global (EML) caractérisant l'effet des méthodes de lutte sur la rotation.

Les indices de contrôle génétique (CG<sub>i</sub>), de lutte biologique (LB<sub>i</sub>) et de lutte chimique (LC<sub>i</sub>) affectés à chaque culture de la rotation sont obtenus par lecture dans le tableau 47.

**Tableau 47 : Table de référence permettant d'affecter les indices de contrôle génétique (CG<sub>i</sub>), de lutte biologique (LB<sub>i</sub>) et de lutte chimique (LC<sub>i</sub>) à chaque culture de la rotation.**

Indices de contrôle génétique (CG <sub>i</sub> )	
Variétés pas ou peu résistantes aux parasites telluriques	0
Variétés moyennement résistantes aux parasites telluriques	1
Variétés résistantes aux parasites telluriques	2
Indices de lutte biologique (LB <sub>i</sub> )	
Aucun	0
Utilisation d'un ou plusieurs agent(s) biologique(s) de contrôle (ex : biofumigation, organismes antagonistes...)	1
Indices de lutte chimique (LC <sub>i</sub> )	
IFT hors herbicide = 0	0
IFT hors herbicide correspondant à une stratégie de lutte intégrée	1
IFT hors herbicide correspondant à une stratégie de lutte conventionnelle	2

Remarque : Les indices de lutte chimique devront tenir compte des applications éventuelles de molluscicides.

**Tableau 48 : Exemple de tableau permettant de calculer l'indice EML caractérisant l'effet des moyens de lutte à la culture et sur le système**

Système de culture	Culture 1	Culture 2	Culture 3	Culture 4
Contrôle génétique (CG <sub>i</sub> )	1	2	2	0
Lutte biologique (LB <sub>i</sub> )	0	0	0	1
Lutte chimique (LC <sub>i</sub> )	1	0	1	1
Effet des méthodes de lutte sur chaque culture (EMLC <sub>i</sub> ) : EMLC <sub>i</sub> = CG <sub>i</sub> + LB <sub>i</sub> + LC <sub>i</sub>	2	2	3	2
Effet moyen des méthodes de lutte sur le système de culture (EML) : EML = (Σ EMLC <sub>i</sub> ) / n	<b>2.3</b>			

En considérant la gamme de valeurs explorées dans le tableau 47, les valeurs-seuils préconisées pour discrétiser en classes qualitatives l'Effet des méthodes de lutte (EML) sont indiquées dans le tableau 49 :

**Tableau 49 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser EML**

Effet des méthodes de lutte (EML)	Classe qualitative
EML < 1.5	faible
1.5 ≤ EML < 2.5	moyen
EML ≥ 2.5	élevé

## 6- Diagnostic général pour évaluer la Maîtrise des ravageurs et des maladies

La **Maîtrise des maladies et des ravageurs** sera qualifiée de très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée. Les critères **Effet de la diversité des familles**, **Effet du travail du sol** et **Effet des moyens de lutte** ont des poids respectifs de 50%, 30% et de 20%. Ces pondérations, définies à dire d'expert<sup>14</sup>, accordent un poids plus faible à l'**Effet des moyens de lutte** car en grande culture les moyens disponibles d'ordre chimique, génétique et biologique ont une influence globalement plus faible sur l'évolution à long terme des maladies et des parasites telluriques.

### Références bibliographiques :

- Attoumami-Ronceux A., Aubertot J.-N., L. Guichard, Jouy L., Mischler P., Omon B., Petit M.-P., Pleyber E., Reau R., Seiler A., 2010. Guide pratique pour la conception de systèmes de culture plus économes en produits phytosanitaires : Application aux systèmes de polyculture (Document 1), 74 p.
- Aubertot J.-N., Clerjeau M., David C., Debaeke P., Jeuffroy M.-H., Lucas P., Monfort F., Nicot P., Sauphanor B. (2005). Expertise scientifique collective : Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Chapitre 4 : Stratégie de protection des cultures, 104 p.
- Bockstaller C., Girardin P., 2006. Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo : version 1.8 du logiciel. UMR-INPL (ENSAIA)-INRA Agronomie et Environnement Nancy-Colmar, 117 p.
- Boller E. F., Malavolta C., Jörg E., 1997. Guidelines for integrated production of arable crops in Europe. Technical guidelines III. IOBC/WPRS Bulletin, volume 5, Issue 5, p. 5-19. Disponible sur : <http://www.iobc.ch/IOBCAraCrops.pdf>
- Delos M., Eychenne N., Folcher L., Debaeke P., Laporte F., Raulic I., Maumené C., Naïbo B., Pinochet X., 2004. Les méthodes alternatives pour lutter contre les maladies en grandes cultures. Phytoma, La défense des végétaux, n°567, p. 14-18.
- Polley, R. W., Thomas, M. R., 1991. Surveys of diseases of winter wheat in England and Wales 1976-1988. Annals of Applied Biology, volume 119, issue 1, p. 1-20
- Viaux P., 1995. Une 3e voie en grande culture: environnement, qualité, rentabilité. Editions Agridécisions, Paris, 211 p.
- Vullioud P., 2005. Rotation des cultures en terres assolées 3eme édition. Agroscope - Revue suisse Agric.

[Retour au sommaire ↗](#)

<sup>14</sup> Pondérations définies par expertise (P. Lucas, communication personnelle, février 2011)

# Maîtrise des pertes de phosphore

## Type de critère :

Arbre satellite

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

Contribution à la qualité de l'eau

## Nom de variable :

MPPH

## Objet :

Ce critère estime le risque de transfert vers les eaux de phosphore contenu dans le sol soumis au système de culture, évalué dans le contexte pédoclimatique de son implantation. La présence de phosphore dans les eaux est la cause principale de l'eutrophisation accélérée.

## Modalité de classification

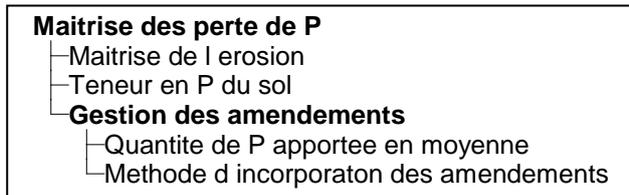
Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

## Mode d'évaluation :

Dans MASC 2.0, la **Maîtrise des pertes de phosphore** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

Le critère **Maîtrise des pertes de phosphore** repose sur la prise en considération simultanée de la **Maîtrise de l'érosion**, de la **teneur en P du sol** et de la **gestion des amendements**. Ce critère a été mis au point à partir de la méthode du « *Phosphorus Index* » (Lemunyon & Gilbert, 1993).



## 1- Maîtrise de l'érosion (MERO)

L'érosion de sols est le principal mécanisme responsable du transfert de phosphore de la parcelle vers les eaux. Ce critère d'évaluation existe par ailleurs dans MASC 2.0 dans la branche **Préservation de la qualité du sol** de la dimension environnementale (cf. Fiche [Maîtrise de l'érosion](#)). Lors de l'évaluation, ce critère ne sera renseigné qu'une seule fois grâce à la fonctionnalité de DEXI « critère linked » représentée par le symbole suivant dans DEXi : 

## 2- Teneur en P du sol (IMO)

Ce critère estime la quantité de phosphore présente dans le sol et susceptible de rejoindre les eaux sous l'action de l'érosion. La teneur en phosphore du sol sera estimée par la teneur en phosphore biodisponible en se référant à une analyse de terre conventionnelle. Bien que cette mesure ne traduise pas directement la teneur en phosphore totale du sol, elle peut être utilisée dans le cadre de cette évaluation grâce à la corrélation existant entre les différentes formes de phosphore du sol (organique, adsorbée et labile).

Ce critère d'évaluation est renseigné par un critère "linked" renvoyant au critère [Maîtrise de la fertilité phosphopotassique](#) de la dimension économique. Lors de l'évaluation, ce critère ne sera renseigné qu'une seule fois grâce à la fonctionnalité de DEXI « critère linked » représentée par le symbole suivant dans DEXi : 

## 3- Gestion des amendements phosphatés (GAP)

### 3-1 Quantité de phosphore apportée en moyenne (QAP)

Plus les quantités de phosphore apportées sont importantes plus le risque de transfert vers les eaux est élevé. L'intensité de la fertilisation phosphatée apporte une indication sur l'évolution de la teneur en phosphore du sol et sur le risque de transfert vers les eaux pouvant subvenir lorsqu'un événement pluvieux succède à un apport de phosphore sur la parcelle. La quantité de phosphore apportée en moyenne sur le système de culture est calculée en kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/an et comprend les apports de phosphore sous forme à la fois minérale et organique. QAP sera discrétisé selon les valeurs-seuils préconisées dans le tableau 50.

Tableau 50 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser QAP

Quantité apportée de P (QAP) (Kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/an)	Classe qualitative
QAP ≤ 40	faible
40 < QAP < 100	moyenne
QAP ≥ 100	élevée

### 3-2 Méthode d'incorporation des amendements (MIA)

Le procédé d'application des amendements phosphatés et la durée durant laquelle la matière fertilisante est exposée à la surface du sol conditionnent le risque de transfert vers les eaux. Ce critère MIA est estimé en tenant compte à la fois de ces deux paramètres en se référant au tableau 51. Si les amendements sont réalisés selon différents procédés dans un même système de culture, ce critère sera renseigné en se basant sur la méthode d'incorporation la plus à risque.

**Tableau 51 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser MIA**

Méthode d'incorporation des amendements phosphatés (MIA)	Classe qualitative
Pas d'apport ou incorporation avec le semoir lors du semis	faible
Incorporation juste avant le semis	moyenne
Incorporation plus de trois mois avant le semis ou application sans incorporation au sol	élevée

#### 4- Diagnostic général pour évaluer la Maîtrise des pertes de Phosphore

Le critère agrégé **Maîtrise des pertes de phosphore** sera qualifié de très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée. Les critères **Gestion des amendements**, **Maîtrise de l'érosion** et **Teneur en P du sol** ont des poids respectifs de 50%, 30% et 20%. Ces pondérations ont été définies à partir des coefficients utilisés dans la méthode du « *Phosphorus Index* » (Lemunyon & Gilbert, 1993).

#### Références bibliographiques

- Buczko, U., Kuchenbuch, R. O., 2007. Phosphorus indices as risk-assessment tools in the USA and Europe - a review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science-Zeitschrift Fur Pflanzenernahrung Und Bodenkunde*, 170, p. 445-460.
- Ekholm P., Turtola E., Grönroos J., Seuri P., Ylivainio K., 2005. Phosphorus loss from different farming systems estimated from soil surface phosphorus balance. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, p. 266–278.
- Gendre S., 2007. Application d'indices de risque de perte de phosphore aux conditions de l'ouest de la France. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, ENITA Clermont Ferrand, 99 p.
- Girard M-C, Walter C., Rémy J-C, Berthelin J., Morel J-L, 2005. *Sols et environnement*, Edition Dunod, p. 563-580.
- Hilborn D., Stone P. R., 2005. Determining the Phosphorus Index for a Field. OMAFRA Factsheet : *Agricultural engineering*, 8 p.
- Jordan L., Trevisan D., 2006. Transfert du phosphore dans les bassins versants agricoles : variabilité des mécanismes et des impacts. In : *Actes de la journée AFES 2006. Le phosphore dans l'environnement : bilan des connaissances sur les impacts, les transferts et la gestion environnementale du phosphore*.
- Lemunyon J.L., Gilbert R.G., 1993. The concept and need for a phosphorus assessment tool. *J. Prod. Agric.*, Vol 6, Issue 4 : p. 483-486.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Maîtrise de l'érosion des sols

**Type de critère :**

Arbre satellite

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Maîtrise des bioagresseurs

**Nom de la variable :**

MERO

**Objet :**

L'érosion des sols correspond au détachement, au transport et au dépôt de particules du sol sous l'action, en général combinée, de la pluie et du ruissellement. A long terme, l'érosion peut avoir de graves conséquences car elle mobilise les particules de sol fines dont la perte altère la fertilité des sols et contribue aux transferts d'éléments polluants vers les milieux aquatiques (pesticides, phosphore, particules en suspension...).

**Modalité de classification**

Nombre de classes : 4

**Mode d'évaluation :**

Dans MASC 2.0, la [Maîtrise de l'érosion des sols](#) est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

Le critère **Maîtrise de l'érosion** repose sur la prise en considération de la **Sensibilité du milieu** et de l'**Effet du système de culture**. On distingue généralement l'érosion diffuse (ou en nappe), l'érosion en rigole parallèle et l'érosion de talweg (Le Bissonnais *et al.*, 2002 ; ADEME, 2007). L'érosion de talweg ne sera pas considérée ici car son estimation implique de mobiliser des informations extra-parcellaires ne pouvant pas être considérées dans cette évaluation (localisation de la parcelle dans le bassin-versant, occupation du sol dans les parcelles situées en amont, présence d'aménagements anti-érosifs...). L'évaluation de la **Maîtrise de l'érosion** sera donc focalisée sur la maîtrise de l'érosion diffuse et en rigoles parallèles.

**Maîtrise de l'érosion**

- Sensibilité du milieu

**Effet du système de culture**

- Defauts de couverture du sol en périodes à risque

- Effet du travail du sol

- Maîtrise de l'état structural du sol

## 1- Sensibilité du milieu (SENS)

La sensibilité du milieu à l'érosion peut être évaluée en considérant la sensibilité du sol à l'érosion, l'érodabilité, la pente et la quantité et l'intensité des précipitations dans le contexte d'évaluation. Pour faciliter cette expertise, il est possible de se référer au modèle réalisé par l'INRA en 2002 pour estimer l'érosion hydrique des sols en France pour des terres arables (Le Bissonnais *et al.*, 2002) (Figure 2).

TYPES CORINE	BATTANCE	PENTE	ERODIBILITE	ALEA - SENSIBILITE				
				Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
TERRES ARABLES	0	0-5	1-2	0	0	0	0	0
		5-15	3-4	1	1	1	1	2
	1	> 15	1-2	1	1	2	2	3
			3-4	2	2	3	3	4
	2	0-2	1-2	1	1	1	1	2
			3-4	1	2	2	3	3
	3	2-5	1-2	1	2	2	3	4
			3-4	2	2	3	3	4
	4	5-10	1-2	1	2	2	3	4
			3-4	2	3	3	4	5
	5	> 10	1-2	2	3	3	4	4
			3-4	2	3	4	4	5
	0-2	0-1	1-2	1	1	1	1	2
			3-4	1	2	2	3	3
	2-5	1-2	1-2	1	2	2	3	4
			3-4	2	2	3	4	4
	5	> 5	1-2	2	2	3	4	5
			3-4	3	3	4	4	5
	0-1	0-1	1-2	1	1	1	1	2
			3-4	1	2	2	3	3
1-2	2-5	1-2	1	2	2	3	3	
		3-4	2	3	3	4	4	
3	> 5	1-2	2	2	3	4	4	
		3-4	3	3	4	4	5	
4	1-2	1-2	1	2	2	3	3	
		3-4	2	2	3	4	4	
5	> 2	1-2-3	3	3	4	4	5	
		4-5	3	4	4	5	5	

### Légende :

- La battance et l'érodabilité sont estimées par une note de 1 à 5 (0 = sensibilité nulle et 5= sensibilité forte).
- La pente est estimée en %.
- L'intensité et la hauteur des précipitations sont estimées de Q1 à Q5 (Q1 : indice de précipitation faible et Q5 : indice de précipitation élevée)
- La sensibilité est estimée de 1 à 5 (1= très faible et 5 = très fort).

Figure 2 : Module "Terres arables" du modèle d'évaluation des risques d'érosion hydrique des sols en France (Le Bissonnais *et al.*, 2002)

L'affectation de ces indices à chacun de ces paramètres peut être effectuée par expertise ou en se référant aux différentes cartes établies au niveau national pour chaque petite région agricole française<sup>15</sup>. La valeur du coefficient Aléa-Sensibilité sera ensuite utilisée pour qualifier le critère **Sensibilité du milieu à l'érosion** selon les classes suivantes (1= très faible, 2=faible, 3=moyenne, 4=élevée, 5= très élevée).

<sup>15</sup> Ces cartes sont accessibles dans le rapport édité par l'INRA et l'IFEN en 2002 (Le Bissonnais *et al.*, 2002) et disponibles sur Internet à l'adresse suivante :

< <http://erosion.orleans.inra.fr/rapport2002> >

## 2- Effet du système de culture

### 2-1 Défauts de couverture en période à risque (DCPR)

La couverture du sol par des cultures ou des résidus de récolte est susceptible de réduire le caractère érosif d'une pluie en protégeant le sol contre des impacts des gouttes d'eau diminuant le ruissellement. Une couverture du sol par la végétation de l'ordre de 30% permet de diminuer de moitié le ruissellement et de 50 à 80% les pertes en terre par érosion diffuse (ADEME, 2007). Ainsi, le risque d'érosion est d'autant plus important que la couverture du sol est susceptible d'être inférieure à cette valeur de référence. Le critère **Défauts de couverture du sol en périodes à risque** (DCPR) est estimé en calculant la fréquence des périodes à risque durant lesquelles la couverture du sol est jugée insatisfaisante.

$$\text{DCPR} = (\text{NDC} / \text{NPR}) \times 100$$

Avec :

NDC : Nombre de fois où un défaut de couverture du sol est observé dans la rotation sur une période à risque.

NPR : Nombre de périodes à risque comptabilisées sur l'ensemble de la rotation.

NPR est obtenu en identifiant et comptabilisant les périodes sur la rotation pendant lesquelles le risque d'érosion est important (printemps-été et/ou automne-hiver). Les périodes à risque peuvent être identifiées à dire d'experts ou à partir des cartes saisonnières du risque d'érosion pour chaque petite région agricole de France proposées par Le Bissonnais *et al.* (2002).

NDC est obtenu en comptabilisant le nombre de fois où la protection du sol par le couvert est jugée insatisfaisante (taux de couverture du sol inférieur à 30%) pour chaque période à risque identifiée sur la rotation. Pour faciliter cette qualification, une description des situations pour lesquelles le niveau de couverture est jugée insatisfaisant en période à risque est proposée dans le tableau 52.

**Tableau 52 : table de référence permettant de caractériser l'indice NDC en fonction des deux périodes à risques pouvant être identifiées localement.**

Périodes à risque	Couverts jugés insatisfaisants pour les périodes à risque concernées
" printemps-été "	Cultures d'été à fort écartement et semées tardivement (Maïs, Sorgho, Tournesol, Pomme de terre, Betterave, Soja...)
" automne-hiver "	Intercultures sans couverture
	Céréales semées en automne (Blé, Orge, Triticale...)
	Cultures intermédiaires (ou repousses) labourées avant le 15 janvier

Un exemple d'application du calcul du critère DCPR est présenté dans le tableau 53.

**Tableau 53 : Exemple d'application du calcul de DCPR dans deux contextes d'évaluation différents (avec identification des risques en « Printemps-été » et « Automne-hiver »).**

Système de culture	Printemps-été	Automne-hiver
Maïs (précédé d'un CIPAN)	1	0
Blé d'hiver	0	1
Tournesol (précédé d'un CIPAN)	1	0
Orge de printemps (précédé d'un CIPAN)	0	0
<b>Nombre de défauts de couverture (NDC)</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Nombre de périodes à risque (NPR)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>DCPR = (NDC/NPR)</b>	<b>50%</b>	<b>25%</b>

Remarques : Lorsque le risque d'érosion est identifié toute l'année (période « printemps-été » et « Automne-hiver »), on affectera à ce critère le plus mauvais résultat obtenu sur les deux périodes à risque.

DCPR est ensuite discrétisé selon les classes qualitatives faible, moyen et élevé. Un exemple de discrétisation est présenté dans le tableau 54. Les classes qualitatives seront spécifiées localement par expertise.

**Tableau 54 : Exemple de valeurs-seuils permettant de discrétiser DCPR**

Défauts de couverture en périodes à risque (DCPR)	Classe qualitative
DCPR ≤ 20 %	faible
20 % < DCPR ≤ 40 %	moyen
DCPR > 40 %	élevé

## 2-2 Effet du travail du sol (ETS)

L'effet des principales interventions de travail du sol contribue à qualifier l'exposition du système de culture aux aléas érosifs. Les techniques culturales simplifiées sont souvent jugées positivement vis-à-vis de la préservation des sols. Cependant, ce n'est pas ici le non-labour en tant que tel qui diminue le risque d'érosion mais l'effet indirect de cette technique sur les conditions du milieu. Ainsi, les systèmes de culture conduits en non-labour contribuent à maintenir une couverture du sol (par la formation d'un mulch en surface), à augmenter la teneur en matière organique dans les premiers centimètres et à favoriser la formation de biopores par les lombriciens (ADEME, 2007).

Le critère ETS est renseigné en se référant au tableau 55.

**Tableau 55 : classes qualitatives préconisées pour discrétiser ETS**

Effet du travail du sol (ETS)	Classe qualitative
Semis direct	très faible
Techniques culturales sans labour (avec déchaumages)	faible à moyen
Labour occasionnel (moins d'un an sur trois)	moyen à élevé
Labour régulier (plus d'un an sur trois)	très élevé

## 2-3 Maîtrise de l'état structural du sol

Une mauvaise maîtrise de l'état structural du sol par compaction des premiers centimètres engendre une diminution de la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol. Cet état dégradé du milieu couplé à des épisodes pluvieux significatifs peut conduire à un ruissellement de surface (ou ruissellement hortonien) contribuant à amplifier le risque d'érosion.

Ce critère est évalué par ailleurs dans la dimension économique par le critère intitulé **Maîtrise de l'état structural du sol**. Par conséquent, lors de l'évaluation, ce critère ne sera renseigné qu'une seule fois grâce à la fonctionnalité de DEXI « critère linked » représentée par le symbole suivant dans DEXi : 

## 2-4 Combinaison des critères pour l'évaluation de l'effet du système de culture

L'**Effet du système de culture** sera jugé très défavorable, favorable, défavorable, très défavorable. Les critères **Défauts de couverture du sol en périodes à risque**, **Effet du travail du sol** et **Maîtrise de l'état structural du sol** ont respectivement un poids de 55%, 35% et 10%<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Pondérations définies par expertise (P. Martin, communication personnelle, février 2011)

### 3- Diagnostic général pour évaluer la maîtrise de l'érosion

Le critère agrégé **Maîtrise de l'érosion** sera qualifié de très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée. Les critères **Sensibilité du milieu** et **Effet du système de culture** ont respectivement des poids de 45% et 55%<sup>18</sup>.

#### Références bibliographiques :

- ADEME – ARVALIS – Institut du végétal – INRA – APCA –AREAS – ITB – CETIOM – IFVVADEME, 2007, Evaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturelles Sans Labour (TCSL) en France, 390 p. Disponible sur : <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=51256&p1=02&p2=11&ref=17597>
- Cerdan, O., Souchère, V., Lecomte, V., Couturier, A., Le Bissonnais, Y., 2002. Incorporating soil surface crusting processes in an expert-based runoff model: sealing and transfer by runoff and erosion related to agricultural management, CATENA, Volume 46, Issues 2-3, p. 189-205.
- Doré T., Le Bail M., Martin P., Ney B., Roger-Estrade J., 2006. L'agronomie aujourd'hui. Synthèses, Edition Quae, Versailles, 314 p.
- Girard M-C, Walter C., Rémy J-C, Berthelin J., Morel J-L. , 2005. Sols et environnement, Edition Dunod, p. 563-580.
- Le Bissonnais Y., Thorette J., Bardet C., Daroussin J., 2002. L'érosion hydrique des sols en France. IFEN, INRA, 106 p. Disponible sur : <http://erosion.orleans.inra.fr/rapport2002/>
- Martin P., 1997. Pratiques culturales, ruissellement et érosion diffuse sur les plateaux limoneux du Nord Ouest de l'Europe. Thèse de doctorat, INA P-G, Paris, 184 p.
- Martin P., 1999. Reducing flood risk from sediment-laden agricultural runoff using intercrop management techniques in northern France, Soil and Tillage Research, Volume 52, Issues 3-4, p. 233-245 .

[Retour au sommaire ↗](#)

## Dépendance vis-à-vis de la ressource en eau

### Type de critère :

Arbre satellite

### Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension environnementale

### Critère parent :

Pression Eau

### Nom de variable :

DPEAU

### Objet :

Ce critère qualifie l'autonomie d'un système de culture vis-à-vis de la ressource en eau. Un système très autonome (consommant seulement de l'eau pluviale ou peu d'eau pour l'irrigation) aura moins de chance d'impacter la disponibilité de la ressource locale lors des périodes sèches.

### Modalité de classification

Nombre de classes : 3

Classes : élevée ; moyenne ; faible

### Mode d'évaluation :

Dans MASC 2.0, la **Dépendance vis-à-vis de la ressource en eau** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

Le critère **Dépendance vis-à-vis de la ressource en eau** repose sur la prise en considération simultanée de la **Demande en eau des cultures** et de l'**Autonomie vis-à-vis de la ressource**.

### Dépendance vis à vis de la ressource en eau

- └ Demande en eau des cultures
- └ Autonomie de la ressource

## 1- Demande en eau des cultures (DMEAU)

Ce critère reflète la demande en eau des cultures mises en place lors de la succession. Il permet ainsi de différencier les systèmes de culture fortement demandeurs en eau de ceux qui le sont moins. L'évaluation de la **Demande en eau des cultures** doit considérer à la fois la demande climatique (températures, précipitations et évapotranspiration) et la stratégie de conduite des cultures (date de semis, variétés, durée du cycle cultural...). Le besoin en eau d'une culture peut-être évalué par la somme des évapotranspirations maximales (ETM) de la date de semis à la date de récolte ramenée à l'année.

$$\text{DMEAU} = (\sum_i \text{ETM}_i) / n$$

Avec :

ETMi : Somme des ETM journaliers (ou par décade) d'une culture i, du semis à la récolte

ETM : Kc × ETP

ETP : Evapotranspiration potentielle, disponible quotidiennement ou par décade

Kc : Coefficient cultural spécifique

n : Nombre d'années de la succession

Les valeurs-seuils pour la correspondance entre les valeurs quantitatives et les classes qualitatives permettant de renseigner le critère DMEAU seront à fixer en fonction du contexte local. Un exemple de valeurs-seuils est proposé dans le tableau 56.

Tableau 56 : Exemple de valeurs-seuils permettant de discrétiser DMEAU

Demande en eau des cultures (DMEAU)	Classe qualitative
DMEAU > 750 mm/an	élevée
500 mm/an < DMEAU ≤ 750 mm/an	Moyenne
DMEAU ≤ 550 mm/an	faible

## 2- Autonomie de la ressource (AUTEA)

Cet attribut reflète l'autonomie vis-à-vis de la ressource en eau du système de culture. Cette autonomie est fonction à la fois de la demande en eau du système de culture et de la stratégie d'irrigation (rationnement ou non) de l'agriculteur. Un système de culture non autonome, fortement irrigué peut exercer une pression importante sur la ressource en eau. En effet dans le cas où la ressource est limitée, l'eau d'irrigation prélevée dans les nappes et cours d'eau entre en concurrence avec la demande en eau d'autres systèmes (écosystèmes naturels, agrosystèmes, autres secteurs d'activité humaine).

L'autonomie est évaluée *via* le rapport moyen annuel entre la quantité d'eau d'irrigation apportée et la demande en eau du système de culture :

$$\text{AUTEA} = [\sum_i \{1 - (I_i / \text{DMEAU}_i)\}] / n$$

Avec :

I<sub>i</sub> : Quantité d'eau d'irrigation apportée au cycle cultural i en mm

DMEAU<sub>i</sub> : Demande en eau des cultures pour le cycle cultural i en mm

n : durée de la rotation en année

AUTEA est traduit en appréciation qualitative (faible, moyenne, élevée, très élevée) à l'aide de valeurs-seuils à définir dans le contexte locale d'évaluation. Un exemple de valeurs-seuils est présenté dans le tableau 57 :

**Tableau 57 : Exemple de valeurs-seuils permettant de discrétiser le critère AUTEA**

Autonomie de la ressource en eau (AUTEA)	Classe qualitative
AUTEAU = 100%	très élevée
100% > AUTEAU ≥ 85%	élevée
85 % > AUTEAU ≥ 75%	moyenne
AUTEAU > 75%	faible

### 3- Diagnostic général pour évaluer la Dépendance vis-à-vis de la ressource en eau

Le critère agrégé **Dépendance vis-à-vis de la ressource en eau** sera qualifié de faible, moyenne, élevée. Les critères **Demande en eau des cultures** et **Autonomie de la ressource** ont un poids équivalent de 50% chacun.

#### Référence bibliographique

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Disponible sur : <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>

[Retour au sommaire ↗](#)

# Conservation de la macrofaune du sol

**Type de critère :**

Arbre satellite

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Conservation de la macrofaune

**Nom de variable :**

CMS

**Objet :**

La macrofaune du sol regroupe l'ensemble des animaux vivants dans le sol et dont la taille est supérieure à 2 mm (mille-pattes, vers de terre, ainsi que de nombreux insectes et leurs larves tels que les carabes). Ce critère propose une estimation par expertise de l'impact du système de culture sur l'abondance et la diversité de la macrofaune du sol. La macrofaune influence significativement les fonctions du sol par ses activités biologiques (stimulation de la microflore du sol), mécaniques (bioturbation, construction de galeries et production d'agrégats organo-minéraux) et chimiques (humification, minéralisation et interactions avec les microorganismes). Les effets néfastes d'une partie de la biodiversité sur les cultures de la rotation (prédation et parasitisme) seront captés par le critère **Maîtrise des ravageurs et maladies** de la dimension économique.

**Modalité de classification**

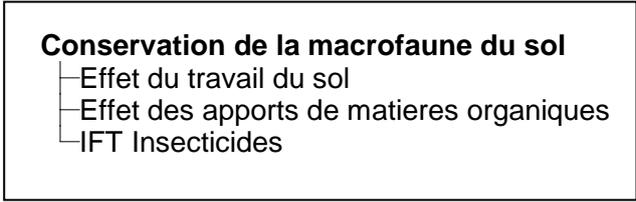
Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode d'évaluation :**

Dans MASC 2.0, la **Conservation de la macrofaune du sol** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

Le critère **Conservation de la macrofaune du sol** repose sur la prise en considération simultanée de **l'Effet du travail du sol**, de **l'Effet des apports de matières organiques** et de **l'IFT Insecticides**.



## 1- Effet du travail du sol (ETS)

Globalement, une forte intensité du travail du sol affecte négativement la macrofaune du sol. Bien que le labour puisse favoriser le développement de certaines espèces comme certains carabes et des vers de terre endogés (Wardle, 1995 in Aubertot *et al.*, 2006), en tendance, la plupart des études indiquent un effet positif d'une réduction du travail du sol et plus particulièrement du labour. Le travail du sol impact la macrofaune du sol de deux manières : en provoquant des blessures mortelles aux organismes et indirectement en perturbant et en modifiant les conditions du milieu (ADEME, 2007 ; Le Roux *et al.*, 2008). Ainsi sur les lombrics, d'après différentes études, les effectifs et la biomasse des lombriciens augmentent avec la diminution du travail du sol profond (Mauer-Troxler *et al.*, 2006 ; Epperlein, 2003 ; Wyss et Glasstetter, 1992 ; Cunningham *et al.*, 2002).

Les techniques culturales sans labour permettent aussi une augmentation des populations de limaces, carabes et araignées (ADEME, 2007 ; Andersen, 1995). Le développement de ces espèces s'explique en grande partie par la présence d'un mulch assurant une fonction de refuge et de ressource alimentaire. L'effet de ce mulch peut être plus ou moins important selon l'intensité du travail du sol et du niveau de restitution des résidus de récolte dans le système de culture.

Le critère ETS est renseigné directement par expertise en se référant au tableau 58.

**Tableau 58 : classes qualitatives préconisées pour discrétiser ETS**

Effet du travail du sol (ETS)	Classe qualitative
Semis direct	très faible
Techniques culturales sans labour (avec déchaumages)	faible à moyen
Labour occasionnel (moins d'un an sur trois)	moyen à élevé
Labour régulier (plus d'un an sur trois)	très élevé

## 2- Effet des apports de matière organiques (IMO)

Le maintien d'une teneur suffisante en matière organique dans les sols et l'apport régulier de matières organiques fraîches (résidus de récolte, matières fertilisantes organiques, retournement de cultures intermédiaires) contribuent à favoriser l'abondance et la diversité des macro-organismes détritivores du sol et de leurs prédateurs (Le Roux *et al.*, 2008).

L'effet des apports de matières organiques sur la macrofaune du sol sera estimé par l'indicateur IMO de la méthode INDIGO. Bien que cet indicateur soit initialement destiné à évaluer l'impact des pratiques culturales (succession, travail du sol, gestion des résidus, amendements organiques) sur la teneur en humus en sol, il peut aussi permettre d'approcher indirectement le niveau global des restitutions de matières organiques dans le sol.

Le critère **Effet des apports de matières organiques** sera par conséquent renseigné par un « critère linked » renvoyant au critère **Maitrise du statut organique** (évalué par l'indicateur IMO) de la dimension environnementale.

### 3- IFT insecticides (IFTI)

Ce critère évalue l'intensité de l'utilisation des insecticides dans le système de culture considéré. Les insecticides sont l'un des responsables majeurs du déclin de la biodiversité dans les agro-écosystèmes et impactent principalement les arthropodes (auxiliaires et ravageurs). Ce critère sera discrétisé selon les valeurs-seuils préconisées dans le tableau 59.

Tableau 59 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser IFTI

IFT insecticides (IFTI)	Classe qualitative
IFTI = 0	nulle
$0 < \text{IFTI} \leq 0,75$	faible
$0,75 < \text{IFTI} \leq 1,5$	moyen
IFTI > 1,5	élevé

Remarque : Les molluscicides et les insecticides utilisés pour traiter les semences seront comptabilisés dans l'IFTI en raison de leur impact sur les limaces, les carabes et leurs prédateurs (Le Roux *et al.* 2008).

Ce critère d'évaluation existe par ailleurs dans MASC 2.0 dans l'arbre satellite proposé pour estimer le critère **Conservation des insectes volants** dans la dimension environnementale. Lors de l'évaluation, ce critère ne sera renseigné qu'une seule fois grâce à la fonctionnalité de DEXI «critère linked» représentée par le symbole suivant dans DEXI : 

### 4- Diagnostic général pour évaluer la Conservation de la macrofaune du sol

Le critère agrégé **Conservation de la macrofaune du sol** sera qualifié de très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée. Les critères **Effet du travail du sol**, **Effet des apports de matières organiques** et **IFT Insecticides** ont respectivement un poids de 40%, 35% et 25%<sup>17</sup>. Ces pondérations résultent d'un compromis entre l'effet de ces pratiques sur les communautés lombriciennes et sur les arthropodes. Un poids plus faible est accordé à l'effet des insecticides car leur impact sur la macrofaune du sol est dépendant de l'importance de la couverture végétale du sol au moment des applications (Le Roux *et al.*, 2008 ; ADEME, 2007).

### Références bibliographiques

- ADEME – ARVALIS – Institut du végétal – INRA – APCA –AREAS – ITB – CETIOM – IFVVADEME, 2007. Evaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturelles Sans Labour (TCSL) en France, 390 p. Disponible sur : <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=51256&p1=02&p2=11&ref=17597>
- Altieri M.A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystem. Agriculture, Ecosystems and Environment, volume 74, p. 19–31.
- Aubertot J., Colbach N., Félix I., Munier-Jolain N., Roger-Estrade J., 2006. La composante biologique: contrôle des maladies et ravageurs, p. 213-218. In : T. Doré, *et al.*, eds. L'agronomie aujourd'hui. Quae, Versailles.
- Le Roux X., Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade J., Sarthou J-P, Trometter M., 2008. Agriculture et biodiversité : valoriser les synergies, expertise collective de l'Inra, Éditions Quae, 184 p.

<sup>17</sup> Pondérations définies par expertise (Aude Barbottin et Michel Bertrand, communication personnelle, février 2011)

- Andersen A., 1999. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. II. Pests and beneficial insects. *Crop-Protection*, Volume 18, Issue 10, p. 651-657.
- Cunningham H.M., Chaney K., Bradbury R.B., Wilcox A., 2004. Non-inversion tillage and farmland birds : a review with special reference to the UK and Europe. *IBIS*, volume 16, p. 192–202
- Epperlein J., 2003. Development of the biological activity in different tillage systems. In : *Conservation agriculture : environment, farmers experiences, innovations, socio-economy, policy*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht Netherlands, p. 387-393
- Maurier-Troxler C., Cheverta A. , Ramseier L., Sturny W.G., Oberholzer H.R., 2006. Soil biology after ten years of no- and conventional tillage. *Revue Suisse d'Agriculture*, volume 38, p.89-94.
- Postma-Blaauw MB., de Goede RGM, Bloem J., Faber JH., Brussaard L., 2010. Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. *Ecology*, volume 91, p. 460–473
- McLaughlin A., Mineau P. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume: 55, Issue: 3, p. 201-212
- Wyss E., Glasstetter M., 1992. Tillage treatments and earthworm distribution in a Swiss experimental corn field. *Soil Biology & Biochemistry*, volume 24, issue 12, p. 1635-1639.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Conservation des insectes volants

**Type de critère :**

Arbre satellite

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Conservation de la macrofaune

**Nom de variable :**

CIV

**Objet :**

Ce critère d'évaluation s'intéresse à la conservation de toutes les espèces appartenant à la classe des insectes capables de voler tels que les coléoptères (coccinelles, certaines espèces de carabes...), les hyménoptères (abeilles, bourdon, guêpes...), les diptères (Syrphes...)... Ce compartiment de la biodiversité est notamment composé d'un nombre important de pollinisateurs des cultures et d'auxiliaires. En raison de leur mobilité, la biodiversité des insectes volants est dépendante à la fois des pratiques agricoles réalisées sur la parcelle et du contexte paysager. A l'échelle du système de culture, ces éléments contextuels ne peuvent pas être considérés et les interactions entre les pratiques agricoles réalisées sur la parcelle et la structure du paysage ne seront par conséquent pas prises en compte dans l'évaluation de ce critère.

**Modalité de classification**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode d'évaluation :**

Dans MASC 2.0, la **Conservation des insectes volants** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée des critères **Effet de la diversité des familles cultivées** et **IFT Insecticides**.

**Conservation des insectes volants**

- └ Effet de la diversité des familles cultivées
- └ IFT Insecticides

## 1- Effet de la diversité des familles cultivées (DFC)

En règle générale, l'hétérogénéité du paysage est un facteur important pour expliquer la richesse spécifique des groupes d'espèces mobiles. D'un point de vue fonctionnel, la diversité interne des paysages agricoles favorise les populations d'insectes auxiliaires et limite les ravageurs (Le Roux *et al.*, 2008). L'hétérogénéité du paysage étant en partie liée à la succession des cultures sur les parcelles de ce territoire, ce critère sera estimé par la diversité des familles de cultures cultivées dans les rotations. On fait l'hypothèse ici que cette diversité reflète l'assolement sur une année donnée. Pour estimer cette diversité, un indice de Simpson réciproque<sup>18</sup> rendant compte à la fois du nombre de familles et de leur équitabilité sera utilisé. L'équitabilité traduit le degré de régularité des effectifs (ici le nombre de cultures) dans chaque groupe de famille rencontré dans le système de culture.

Ce critère d'évaluation existe par ailleurs dans MASC 2.0 dans l'arbre satellite proposé pour estimer le critère **Maîtrise des parasites et maladies** dans la dimension économique. Lors de l'évaluation, ce critère ne sera renseigné qu'une seule fois grâce à la fonctionnalité de DEXI « critère linked » représentée par le symbole suivant dans DEXi : 

## 2- IFT Insecticides (IFTI)

Les insecticides sont l'un des responsables majeurs du déclin de la biodiversité dans les agro-écosystèmes. Ils impactent principalement les arthropodes dont font partie les insectes volants (auxiliaires et ravageurs). Ce critère estime l'intensité d'utilisation des insecticides dans les systèmes de culture considérés en effectuant la moyenne sur la rotation des IFT parcellaires annuels pour les insecticides.

$$IFT_i = \sum IFTI_i / n$$

Avec :

IFTI<sub>i</sub> : IFT parcellaire annuel comptabilisant seulement les insecticides

N : durée de la rotation en années

Pour information, L'IFT se calcule de la manière suivante :

Avec :

DA : dose appliquée

ST : surface traitée

DH : dose homologuée

SP : surface parcellaire

$$IFT = (DA \times ST) / (DH \times SP)$$

Ce critère évalue l'intensité de l'utilisation des insecticides dans le système de culture considéré. Les insecticides sont l'un des responsables majeurs du déclin de la biodiversité dans les agro-écosystèmes et impactent principalement les arthropodes (auxiliaires et ravageurs). Ce critère sera discrétisé selon les valeurs-seuils préconisées dans le tableau 60.

Tableau 60 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser IFTI

IFT insecticides (IFTI)	Classe qualitative
IFTI = 0	nulle
0 < IFTI ≤ 0,75	faible
0,75 < IFTI ≤ 1,5	moyen
IFTI > 1,5	élevé

<sup>18</sup> L'indice de Simpson réciproque est égale à  $1/[(\sum p_i)^2]$  (avec  $p_i$  : proportion d'une famille de culture dans la rotation). L'indice est égal au nombre de cultures si ces dernières sont équitablement réparties et diminue quand la répartition devient inéquitable.

Remarque : Les molluscicides et les insecticides utilisés pour traiter les semences seront comptabilisés dans l'IFTI en raison de leur impact sur les limaces, les carabes et leurs prédateurs (Le Roux *et al.* 2008).

Ce critère d'évaluation existe par ailleurs dans MASC 2.0 dans l'arbre satellite proposé pour estimer le critère **Conservation de la macrofaune** de la dimension environnementale. Lors de l'évaluation, ce critère ne sera renseigné qu'une seule fois grâce à la fonctionnalité de DEXI « critère linked » représentée par le symbole suivant dans DEXi : 

### **3- Diagnostic général pour évaluer la Conservation des insectes volants**

Le critère agrégé **Conservation des insectes volants** sera qualifié de très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée. Les critères **Diversité des familles cultivées** et **IFT Insecticides** ont un poids équivalent de 50%<sup>19</sup>.

### **Références bibliographiques**

Le Roux X., Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade J., Sarthou J-P, Trometter M., 2008. Agriculture et biodiversité : valoriser les synergies, expertise collective de l'Inra, Éditions Quae, 184 p.

Mc Laughlin A., Mineau P. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. Agriculture, Ecosystems and Environment, p. 201-212

M.A. Altieri, 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystem. Agriculture, Ecosystems and Environment, volume 74, p. 19–31.

[Retour au sommaire ↗](#)

<sup>19</sup> Pondérations définies par expertise (A. Barbotin, communication personnelle, février 2011).

# Diversité Floristique

**Type de critère :**

Arbre satellite

**Sous-arbre d'évaluation de MASC :**

Contribution à la dimension environnementale

**Critère parent :**

Conservation de la Flore

**Nom de variable :**

DIVF

**Objet :**

La diversité floristique est une composante essentielle de la biodiversité des parcelles agricoles, qui contribue à favoriser la biodiversité ordinaire (comprenant notamment la diversité des auxiliaires des cultures) et celle des espèces emblématiques végétales et animales. La diversité floristique contribue aussi directement à la valeur esthétique et culturelle des paysages.

**Modalité de classification**

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

**Mode d'évaluation :**

Dans MASC 2.0, la **Diversité floristique** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

Le critère **Diversité floristique** repose sur la prise en considération simultanée de l'**Effet de la diversité des périodes d'implantation**, de l'**Utilisation d'herbicides à spectre large** et de la **Gestion des bords de champs**.

**Diversite Floristique**

- Effet de la diversité des dates de semis
- Utilisation d'herbicides à spectre large
- Gestion des bords de champs

## 1- Effet de la diversité des périodes d'implantation (EPI)

Les adventices présentent des périodes de levées préférentielles, calées sur le semis des cultures principales. La diversité des périodes d'implantation des cultures dans une rotation permet donc de contrôler la pression d'une flore spécialisée concurrentielle pour les cultures et participe par la même occasion à la diversification de la flore présente. Le critère **Effet de la diversité des périodes d'implantation** est calculé en comptabilisant le nombre de classes se référant à des périodes de semis différentes dans la rotation. Cinq classes ont été définies :

- **Classe A** : Semis d'automne précoce (semis avant le 1<sup>er</sup> octobre) : ex : Colza, Orge d'hiver...
- **Classe B** : Semis d'automne moyennement précoce (semis entre le 1<sup>er</sup> octobre et 1<sup>er</sup> novembre) : ex : Céréales d'hiver, Féverole d'hiver, Pois d'hiver...
- **Classe C** : Semis culture d'hiver tardif (semis après le 1<sup>er</sup> novembre) : Blé dur et Orge de printemps (Sud de la Loire), Céréales d'hiver, Féverole d'hiver, Pois d'hiver...
- **Classe D** : Semis de printemps précoce : ex : Pois de printemps, Orge de printemps, Lupin, Féverole de printemps, Betterave précoce...
- **Classe E** : Semis de printemps tardif : ex : Maïs, Tournesol, Soja, Sorgho, Betterave tardive, Pomme de terre...

Le nombre de classes comptabilisées dans la rotation sera majoré d'une classe lorsqu'une culture pluriannuelle est présente dans la rotation car ces couverts, semés dans une rotation une seule fois pour plusieurs années, contribuent à rompre le cycle biologique des adventices et à étouffer les jeunes plantules.

L'**Effet de la diversité des périodes d'implantation** (EPI) est ensuite discrétisé en classes qualitatives grâce aux valeurs-seuils préconisées dans le tableau 61.

Tableau 61 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser EPI

Effet de la diversité des périodes d'implantation (EPI)	Classe qualitative
EPI = 1	très faible
EPI = 2	faible
EPI = 3	moyenne
EPI = 4	élevée
EPI ≥ 5	très élevée

A titre d'exemple, pour une rotation Colza/Blé d'hiver/Orge d'hiver on comptabilise deux classes différentes (A et B), par conséquent EPI = 2 (affectation de la classe « faible »).

Ce critère d'évaluation existe par ailleurs dans MASC 2.0 dans l'arbre satellite proposé pour estimer le critère **Maitrise des adventices** de la dimension économique. Lors de l'évaluation, ce critère ne sera renseigné qu'une seule fois grâce à la fonctionnalité de DEXI « critère linked » représentée par le symbole suivant dans DEXi : 

## 2- Utilisation d'herbicides à spectre large (UHSL)

Le recours aux herbicides à spectre large (non-sélectifs) affecte directement la diversité floristique en agissant sans distinction sur toutes les espèces présentes dans la parcelle. Ce critère estime l'intensité d'utilisation des herbicides à spectre dans les systèmes de culture considérés à partir de l'IFT parcellaires annuels pour les herbicides à spectre large.

$$IFT_{HSL} = \sum IFT_{HSLi} / n$$

Avec :

$IFT_{HSLi}$  : IFT parcellaire annuel comptabilisant seulement les herbicides à spectre large (anti-graminées **et** anti-dicotylédones).

n : durée de la rotation en années

Pour information, L'IFT se calcule de la manière suivante :

Avec :

$$IFT = (DA \times ST) / (DH \times SP)$$

DA : dose appliquée

ST : surface traitée

DH : dose homologuée

SP : surface parcellaire

Le critère UHSL est renseigné directement par expertise en se référant au tableau 62.

**Tableau 62 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser UHSL**

IFT herbicides à spectre large ( $IFT_{HSL}$ )	Classe qualitative
$IFT_{HSL} = 0$	nulle
$0 < IFT_{HSL} < 1$	faible à moyenne
$IFT_{HSL} \geq 1$	élevée

## 3- Gestion des bords de champs (GBC)

Une gestion extensive et différenciée des bords de champs cultivés participe activement à favoriser un réservoir de diversité floristique important dans la parcelle. La notion de "bords de champs" caractérise ici une bande de quelques mètres **située dans la bordure intérieure de la parcelle cultivée**. La flore qui se développe dans ces zones est généralement très différente de la flore poussant plus au centre de la parcelle qui est plus adaptée aux conditions de perturbations écologiques induites par les pratiques agricoles. Cette diversité floristique favorise aussi la présence d'auxiliaires des cultures et améliore la qualité des connexions écologiques des éléments naturels ou semi-naturels du paysage (haies, talus, fossés...). Le critère GBC est renseigné directement en se référant au tableau 63.

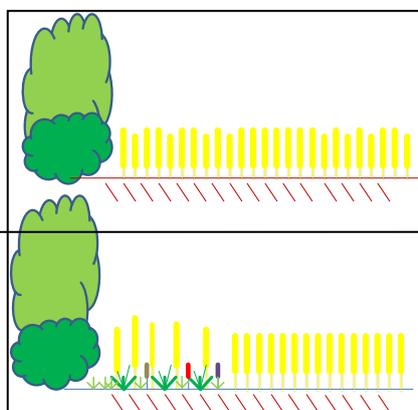
**Tableau 63 : Classes qualitatives préconisées pour renseigner GBC**

Gestion des bords de champs (GBC)	Classe
Gestion non différenciée du reste de la parcelle	faible
Conduite différenciée et extensive (réduction importante des intrants, réduction du travail du sol...)	moyenne
Implantation d'un mélange multi-espèces adaptées ou d'un couvert naturel spontané	élevée

#### Remarques :

- La note « moyenne » sera affectée au système de culture si l'ensemble de la parcelle (bords de champ et intérieur de la parcelle) est conduite de manière **très extensive** (très peu ou pas d'intrants de synthèse, faible pression du travail du sol...).

- La notion de bords de champs utilisée ici pour renseigner cet indicateur est illustrée dans la figure suivante :



→ **Gestion non différenciée et non extensive des bords de champs**

→ **Bande de quelques mètres à l'intérieur de la parcelle cultivée faisant l'objet d'une gestion différenciée du reste de la parcelle (ou d'une gestion très extensive).**

### 3- Diagnostic général pour évaluer la Diversité floristique

Le critère agrégé **Diversité floristique** sera qualifié de très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée. Les critères **Effet de la diversité des périodes d'implantation**, **Utilisation d'herbicide à spectre large** et **Gestion des bords de champs** ont respectivement un poids de 45%, 40% et 15%.

#### Références bibliographiques

- Andreasen C., 2008. Stryhn H., Increasing weed flora in Danish arable fields and its importance for biodiversity. *Weed Research*, volume 48, issue 1, p. 1–9
- Le Roux, R. Barbault, J. Baudry, F. Burel, I. Doussan, E. Garnier, F. Herzog, S. Lavorel, R. Lifran, J. Roger-Estrade, J.P. Sarthou, M. Trommetter (éditeurs), 2008. *Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies*, 84 p. Disponible sur : <https://www.inra.fr/content/download/13767/170042/version/4/file/synthesepartie2-expertise-agricultureetbiodiversite.pdf>
- Marshall E. J. P., Arnold G.M., 1995. Factors affecting field weed and field margin flora on a farm in Essex, UK. *Landscape and Urban Planning*, p. 205-216.
- Marshall E. J. P., Weist. M., Moonen A. C., 1997. Creating and managing perennial field margin strips for botanical diversity in farmland. *Congress of the International Union of Game Biologists (IUGB) n°23*, Lyon, France.
- Mc Laughlin A., Mineau P. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, volume 55, issue 3, p. 201-212
- Altieri M.A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, volume 74, p. 19–31.
- Walker, K. J., Critchley, C. N. R., Sherwood, A. J., Large, R., Nuttall, P., Hulmes, S., Rose, R., Mountford, J. O., 2007. The conservation of arable plants on cereal field margins: An assessment of new agri-environment scheme options in England, UK. *Biological Conservation*, Volume 136, p. 260-270.

[Retour au sommaire ↗](#)

# Conservation des micro-organismes du sol

## Type de critère :

Arbre satellite

## Sous-arbre d'évaluation de MASC :

Contribution à la dimension environnementale

## Critère parent :

Conservation de la biodiversité

## Nom de variable :

CMO

## Objet :

Les micro-organismes du sol sont une composante essentielle de la biodiversité des parcelles agricoles. Composés entre autres de bactéries, d'algues et de champignons, ils assurent des fonctions essentielles comme la biodégradation de la matière organique, la production de nutriments pour les plantes, la fixation d'azote, la dégradation des polluants, etc. Malgré cette importance, les micro-organismes du sol sont encore mal connus et l'approche des services fournis difficile à apprécier en fonction de leur abondance et de leur diversité. L'abondance et la diversité des micro-organismes véhiculent pourtant des informations complémentaires. Leur abondance permet de donner une indication sur le niveau d'activité biologique du sol et sur l'intensité des services écosystémiques potentiellement rendus tandis que la diversité des communautés permet d'estimer la résilience et la stabilité du milieu face à diverses perturbations du milieu.

## Modalité de classification

Nombre de classes : 4

Classes : très faible ; faible à moyenne ; moyenne à élevée ; très élevée

## Mode d'évaluation :

Dans MASC 2.0, la **Conservation des micro-organismes du sol** est un critère basique. Toutefois, il s'agit d'un indicateur de nature composite qui peut être évalué à l'aide d'un arbre satellite développé sur DEXi dans lequel il apparaît alors comme l'attribut agrégé racine. Cet arbre satellite se présente comme un module d'évaluation pouvant éventuellement être substitué par un autre modèle s'il est jugé plus précis ou plus adapté aux conditions locales.

L'évaluation de la conservation des micro-organismes du sol proposée vise à estimer l'impact des pratiques agricoles sur à la fois l'abondance et la diversité des organismes.

D'après différents auteurs, l'effet des pratiques agricoles sur la diversité des micro-organismes est difficile à mettre en évidence pour un grand nombre d'entre elles (effet du travail du sol, effet des engrais minéraux) car si ces pratiques peuvent modifier la composition des communautés microbiologiques du sol, il n'y a souvent pas d'augmentation (ou de diminution) significative de la diversité totale mesurée *in fine* (Le Roux *et al.*, 2008 ; ADEME, 2007 ; Aubertot *et al.*, 2006).

Le mode d'évaluation de cet indicateur est fondé sur la prise en compte des facteurs d'impacts reconnus comme les plus importants et dont le sens d'action est identifié. Dans cette proposition, l'évaluation repose sur la prise en considération simultanée des critères **Effet des apports de matières organiques**, **Effet des pesticides** et **Effet de la diversité des familles cultivées**. Le contexte pédologique et climatique peut avoir un effet significatif sur la conservation des micro-organismes du sol, mais il ne sera pas intégré dans cette évaluation afin notamment de mieux faire ressortir l'effet des pratiques agricoles réalisées.

### Conservation des micro-organismes du sol

- Effet des apports de matières organiques
- Effet des pesticides
- Effet de la diversité des familles cultivées

#### 4- Effet des apports de matières organiques (IMO)

Dans les sols cultivés, l'abondance des micro-organismes est souvent très liée à l'importance des ressources carbonées dans le sol (Chaussod, 1996 ; Le Roux *et al.*, 2008 ; Altieri, 1999). Ainsi, les systèmes de culture qui restituent une forte biomasse sont favorables à leur développement. L'effet des apports de matières organiques sur la biodiversité des micro-organismes sera estimé par l'indicateur IMO de la méthode INDIGO. Cet indicateur étant initialement destiné à évaluer l'impact des pratiques culturales (succession, travail du sol, gestion des résidus, amendements organiques) sur la teneur en humus du sol, il peut permettre d'approcher le niveau global des restitutions de matières organiques et le maintien d'une ressource alimentaire importante pour les micro-organismes du sol.

Ce critère d'évaluation existe par ailleurs dans MASC 2.0 dans la branche **Préservation de la qualité du sol** de la dimension environnementale (*cf.* [Maîtrise du statut organique](#)). Lors de l'évaluation, ce critère ne sera renseigné qu'une seule fois grâce à la fonctionnalité de DEXI « critère linked » représentée par le symbole suivant dans DEXi : 

#### 5- Effet des pesticides (IFTT)

Même si la plupart des traitements pesticides sont appliqués sur les parties aériennes des plantes, une proportion conséquente du produit atteint toujours le sol où vivent les micro-organismes. Plusieurs auteurs indiquent que l'usage important de pesticides modifie les communautés microbiennes en conduisant à l'extinction de plusieurs espèces et en favorisant le développement d'autres espèces plus résistantes (Davet P., 1996 ; Van der Werf, 1997 ; Zobiolo *et al.*, 2011). Cela peut avoir des conséquences environnementales et agronomiques néfastes car ces espèces résistantes sont moins nombreuses et ne parviennent souvent pas à rendre autant de services écosystémiques que les espèces remplacées. L'impact négatif des pesticides sur les micro-organismes du sol sera estimé par l'indice de fréquence des traitements total.

$$\text{IFTT} = \sum \text{IFTT}_i / n$$

Avec :

IFTTi : IFT parcellaire annuel comptabilisant les insecticides, les fongicides et les herbicides.

n : durée de la rotation en années

Pour information, L'IFT se calcule de la manière suivante :

$$\text{IFT} = (\text{DA} \times \text{ST}) / (\text{DH} \times \text{SP})$$

Avec :

DA : dose appliquée

ST : surface traitée

DH : dose homologuée

SP : surface parcellaire

Le critère IFTT est renseigné en se référant au tableau 64.

**Tableau 64 : Valeurs-seuils préconisées pour discrétiser IFTT**

IFT Total (IFTT)	Classe
IFTT = 0	nul
0 < IFTT ≤ 3	faible
3 < IFTT ≤ 5	moyen
5 < IFTT	élevé

Remarque : Les molluscicides, les traitements de semences et les régulateurs de croissance seront comptabilisés au même titre qu'un autre traitement phytosanitaire dans l'IFTT.

## 6- Effet de la diversité des familles cultivées (DFC)

---

Bien que la diversité des cultures dans une rotation n'indique pas systématiquement une augmentation de la diversité des micro-organismes du sol, plusieurs études révèlent que la biodiversité des micro-organismes est intimement reliée à la biodiversité végétale de surface (Graystona *et al.*, 1998 ; Garbeva, 2004 ; Le Roux *et al.*, 2008 ; Milou, 2009). L'effet de la diversité des couverts sera par conséquent appréhendé ici par la diversité des familles cultivées dans la rotation en utilisant l'indice de diversité de Simpson rendant compte à la fois du nombre de familles et de leur équitabilité (plus la répartition des cultures au sein de chaque famille est similaire, plus l'équitabilité est élevée).

Ce critère d'évaluation existe par ailleurs dans MASC 2.0 dans l'arbre satellite proposé pour estimer le critère **Maîtrise des maladies et ravageurs** de la dimension économique. Lors de l'évaluation, ce critère ne sera renseigné qu'une seule fois grâce à la fonctionnalité de DEXI « critère linked » représentée par le symbole suivant dans DEXi : 

## 7- Diagnostic général pour évaluer la conservation des micro-organismes du sol

---

Le critère agrégé **Conservation des micro-organismes du sol** sera qualifié de très faible, faible à moyenne, moyenne à élevée, très élevée. Les critères **Effet des apports de matières organiques**, **Effet des pesticides** et **Effet de la diversité des familles cultivées** ont respectivement des poids de 50%, 25% et 25%. Ces pondérations permettent d'accorder autant d'importance au critère relatif à l'abondance des micro-organismes (**Effet des apports de matières organiques**) et aux critères relatifs à la diversité des micro-organismes (**Effet de la diversité des familles cultivées** et **Effet des pesticides**).

## Références bibliographiques

---

- ADEME – ARVALIS – Institut du végétal – INRA – APCA –AREAS – ITB – CETIOM – IFVVADEME, 2007. Evaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturelles Sans Labour (TCSL) en France, 390 p. Disponible sur : <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=51256&p1=02&p2=11&ref=17597>
- Le Roux, R. Barbault, J. Baudry, F. Burel, I. Doussan, E. Garnier, F. Herzog, S. Lavorel, R. Lifran, J. Roger-Estrade, J.P. Sarthou, M. Trommetter (éditeurs), 2008. Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies, 84 p. Disponible sur : <https://www.inra.fr/content/download/13767/170042/version/4/file/synthesepartie2-expertise-agricultureetbiodiversite.pdf>
- Aubertot J-N., Colbach N., Félix I., Munier-Jolain N., Roger-Estrade J., 2006. Chapitre 8 : La composante biologique. In Reau R. et Doré T. (Eds) Systèmes de culture innovants et durables : quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ? Dijon, Educagri Editions, p. 11-27
- Chaussod R., 1996. La qualité biologique des sols : évaluation et implications. Etude et gestion des sols, volume 3, issue 4, p. 261-278.
- Davet P., 1996. Vie microbienne du sol et production végétale. INRA Editions, p. 122-125
- Garbeva P., 2005. The Significance of Microbial Diversity in Agricultural Soil for Disease Suppressiveness. PhD Thesis, Leiden University, Leiden, The Netherlands, 170 p.
- Graystona S.J., Shenquiang W., Campbella Colin D., Edwards Anthony C., 1998. Selective influence of plant species on microbial diversity in the rhizosphere. Soil Biology and Biochemistry, volume 30, issue 3, p. 369-378.
- Van der Werf H.M.G, 1997. Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement. Le Courrier de l'Environnement de l'INRA, n°31. Disponible sur : <http://www.inra.fr/dpenv/hayowc31.htm>

- Hendrix P.F., Crossley D.A. Jr., Blair J.M., Coleman D.C., 1990. Soil biota as components of sustainable agroecosystems. In : Edwards C.A., Lal R., Madden P., Miller R.H., House G. (Eds.), Sustainable Agricultural Systems. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, USA , p. 637–654
- McLaughlin A., Mineau P. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. Agriculture, Ecosystems and Environment, Volume: 55, Issue: 3, p. 201-212
- Altieri M.A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystem. Agriculture, Ecosystems and Environment, volume 74, p. 19–31.
- Milou C., 2009. DOSSIER : Vie du sol, Quand fertilité rime avec diversité. Cultivar, n°630, p.55-56. Disponible sur : [http://www.agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/cultivar\\_biodiversite.pdf](http://www.agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/cultivar_biodiversite.pdf)
- Zobielle L.H.S., Kremer R.J., Oliveira R.S., Constantin J., 2011. Glyphosate affects micro-organisms in rhizospheres of glyphosate-resistant soybeans. Journal of Applied Microbiology, Volume 110, Issue 1, p. 118–127.

[Retour au sommaire ↗](#)

---

### III- Quelques données chiffrées pour faciliter l'évaluation des rendements en ex ante pour quelques cultures

---

Plusieurs critères d'évaluation de MASC 2.0 nécessitent dans leur mode d'évaluation de connaître le rendement de chaque culture de la rotation (critères **Rentabilité, Efficience énergétique, Autonomie économique, Efficience économique, Maîtrise de la fertilité phospho-potassique et Fourniture de matières premières**). L'évaluation des rendements des cultures dans le cadre d'une évaluation a priori est souvent difficile en raison de l'absence de données disponibles. Pour pallier cette difficulté, ce document propose plusieurs données chiffrées sur lesquelles les utilisateurs pourront s'appuyer pour approcher les rendements attendus des diverses cultures des systèmes à évaluer. Ces valeurs sont tirées du rapport EcoPhyto R&D, 200920. Dans ce rapport, des valeurs de rendements sont proposées pour les principales cultures assolées selon les régions concernées et selon les grandes stratégies de production mises en œuvre. Quatre stratégies de production ont été définies par rapport à l'usage des pesticides, qui est vu ici comme un indicateur permettant d'appréhender le niveau d'intensification de l'itinéraire technique.

- **La conduite Intensive (Int.) :** Il n'y a pas de stratégie de réduction des pesticides et l'agriculteur se place dans une logique d'assurance. Les rendements proposés proviennent de la sous-population des 30% de parcelles ayant les pratiques les plus consommatrices de pesticides.
- **La conduite Raisonnée (Rais.) :** Chaque intervention est raisonnée sur la base d'observations et le déclenchement des traitements est effectué sur la base de seuils. Les valeurs chiffrées proposées proviennent des chambres d'agriculture et d'enregistrements du réseau FARRE21.
- **La conduite Protection intégrée (Prot Int.) :** La stratégie de production s'appuie sur une combinaison cohérente de méthodes non chimiques de lutte agronomique et de moyens chimiques afin de limiter le recours aux pesticides. Dans cette stratégie, ces méthodes sont appliquées dans le cadre d'un raisonnement annuel, à l'échelle de l'itinéraire technique.
- **La conduite Système intégré (Syst. Int.) :** Chaque culture de la succession est conduite selon les principes de la protection intégrée et le choix des termes de la succession fait partie de la panoplie de mesures prophylactiques. Les données chiffrées ont été définies par expertise locale et à partir de résultats d'expérimentation.

Les rendements sont exprimés en q/ha et sont présentés dans les tableaux à la page suivante.

---

<sup>20</sup> Rapport Eco-phyto R&D (2009) disponible sur : [http://www.inra.fr/content/download/21913/306243/version/1/file/Ecophyto\\_RD\\_tome\\_II\\_Grandes\\_Cultures.pdf](http://www.inra.fr/content/download/21913/306243/version/1/file/Ecophyto_RD_tome_II_Grandes_Cultures.pdf)

<sup>21</sup> Forum de l'Agriculture Raisonnée Respectueuse de l'Environnement

Régions	Blé tendre				Blé dur				Orge d'hiver				Orge de printemps			
	Int.	Rais.	Prot. Int.	Syst. Int.	Int.	Rais.	Prot. Int.	Syst. Int.	Int.	Rais.	Prot. Int.	Syst. Int.	Int.	Rais.	Prot. Int.	Syst. Int.
Alsace	73.4	72	65	65	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Aquitaine	65.2	64	58	58	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Auvergne	65.2	64	58	58	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Basse-Normandie	81.4	81	73	73	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Bourgogne	81.4	81	73	73	/	/	/	/	71	70	64	64	62.6	62	56	56
Bretagne	72.8	71	65	65	/	/	/	/	71	70	64	64	62.6	62	56	56
Centre	72.8	71	65	65	57	55	50	51	71	70	64	64	62.6	62	56	56
Champagne-Ardenne	81.4	81	73	73	/	/	/	/	71	70	64	64	62.6	62	56	56
Franche-Comté	72.8	71	65	65	/	/	/	/	71	70	64	64	62.6	62	56	56
Haute-Normandie	81.4	81	73	73	/	/	/	/	78.3	78	71	71	72	70	64	64
Ile-de-France	81.4	81	73	73	/	/	/	/	71	70	/	/	62.6	62	56	56
Languedoc-Roussillon	65.2	64	58	58	45.3	44	40	41	/	/	/	/	/	/	/	/
Limousin	65.2	64	58	58	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Lorraine	73.4	72	65	65	/	/	/	/	71	70	64	64	62.6	62	56	56
Midi-Pyrénées	65.2	64	58	58	57	55	50	51	56	55	50	50	62.6	62	56	56
Nord-Pas-de-Calais	81.4	81	73	73	/	/	/	/	78.3	78	71	71	72	70	64	64
Pays de la Loire	72.8	71	65	65	57	55	50	51	/	/	/	/	/	/	/	/
Picardie	81.4	81	73	73	/	/	/	/	78.3	78	71	71	72	70	64	64
Poitou-Charentes	72.8	71	65	65	57	55	50	50	71	70	64	64	62.6	62	56	56
Provence-Alpes-Côte-d'Azur	65.2	64	58	58	35.7	35	31.8	31.8	/	/	/	/	/	/	/	/
Rhône-Alpes	65.2	64	58	58	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Régions	Maïs				Colza				Tournesol				Pois			
	Int.	Rais.	Prot. Int.	Syst. Int.	Int.	Rais.	Prot. Int.	Syst. Int.	Int.	Rais.	Prot. Int.	Syst. Int.	Int.	Rais.	Prot. Int.	Syst. Int.
Alsace	96,7	96,7	90,9	87	/	/	/	/	23,6	26,3	22,7	23,6	/	/	/	/
Aquitaine	96,7	96,7	90,9	87	/	/	/	/	23,6	26,3	22,7	23,6	35	35	33	33
Auvergne	96,7	96,7	90,9	87	/	/	/	/	23,6	26,3	22,7	23,6	35	35	33	33
Basse-Normandie	83,3	83,3	78,3	75	/	/	/	/	23,6	26,3	22,7	23,6	49	49	47	47
Bourgogne	96,7	96,7	90,9	87	31	29	26,3	25	23,6	26,3	22,7	23,6	49	49	47	47
Bretagne	83,3	83,3	78,3	75	/	/	/	/	23,6	26,3	22,7	23,6	49	49	47	47
Centre	96,7	96,7	56	87	31	29	26,3	25	23,6	26,3	22,7	23,6	49	49	47	47
Champagne-Ardenne	83,3	83,3	78,3	75	31	29	26,3	25	23,6	26,3	22,7	23,6	49	49	47	47
Franche-Comté	83,3	83,3	78,3	75	31	29	26,3	25	23,6	26,3	22,7	23,6	49	49	47	47
Haute-Normandie	83,3	83,3	78,3	75	31	29	26,3	25	23,6	26,3	22,7	23,6	49	49	47	47
Ile-de-France	96,7	96,7	90,9	87	31,3	29,3	26,6	25,3	23,6	26,3	22,7	23,6	49	49	47	47
Languedoc-Roussillon	/	/	/	/	/	/	/	/	23,6	26,3	22,7	23,6	35	35	33	33
Limousin	/	/	/	/	/	/	/	/	23,6	26,3	22,7	23,6	35	35	33	33
Lorraine	83,3	83,3	78,3	75	31	29	26,3	75	23,6	26,3	22,7	23,6	49	49	47	47
Midi-Pyrénées	96,7	96,7	90,9	87	/	/	/	/	23,6	26,3	22,7	23,6	35	35	33	33
Nord-Pas-de-Calais	83,3	83,3	78,3	75	/	/	/	/	23,6	26,3	22,7	23,6	49	49	47	47
Pays de la Loire	/	/	/	/	/	/	/	/	23,6	26,3	22,7	23,6	49	49	47	47
Picardie	83,3	83,3	78,3	75	31,3	29,3	26,6	25,3	23,6	26,3	22,7	23,6	49	49	47	47
Poitou-Charentes	96,7	96,7	90,9	87	31	29	26,3	25	23,6	26,3	22,7	23,6	49	49	47	47
Provence-Alpes-Côte-d'Azur	/	/	/	/	/	/	/	/	23,6	26,3	22,7	23,6	35	35	33	33
Rhône-Alpes	96,7	96,7	90,9	87	/	/	/	/	23,6	26,3	22,7	23,6	35	35	33	33

Régions	Pomme de terre				Betterave			
	Int.	Rais.	Prot. Int.	Syst. Int.	Int.	Rais.	Prot. Int.	Syst. Int.
Alsace	/	/	/	/	/	/	/	/
Aquitaine	/	/	/	/	/	/	/	/
Auvergne	/	/	/	/	/	/	/	/
Basse-Normandie	/	/	/	/	78.8	78.8	74	72
Bourgogne	/	/	/	/	78.8	78.8	74	/
Bretagne	42.6	40	47	34	/	/	/	/
Centre	42.6	40	47	34	/	/	/	/
Champagne-Ardenne	42.6	40	47	34	78.8	78.8	74	72
Franche-Comté	/	/	/	/	/	/	/	/
Haute-Normandie	42.6	40	47	34	78.8	78.8	74	72
Ile-de-France	/	/	/	/	78.8	78.8	74	/
Languedoc-Roussillon	/	/	/	/	/	/	/	/
Limousin	/	/	/	/	/	/	/	/
Lorraine	/	/	/	/	/	/	/	/
Midi-Pyrénées	/	/	/	/	/	/	/	/
Nord-Pas-de-Calais	42.6	40	47	34	78.8	78.8	74	72
Pays de la Loire	/	/	/	/	/	/	/	/
Picardie	42.6	40	47	34	78.8	78.8	74	72
Poitou-Charentes	/	/	/	/	/	/	/	/
Provence-Alpes-Côte-d'Azur	/	/	/	/	/	/	/	/
Rhône-Alpes	/	/	/	/	/	/	/	/

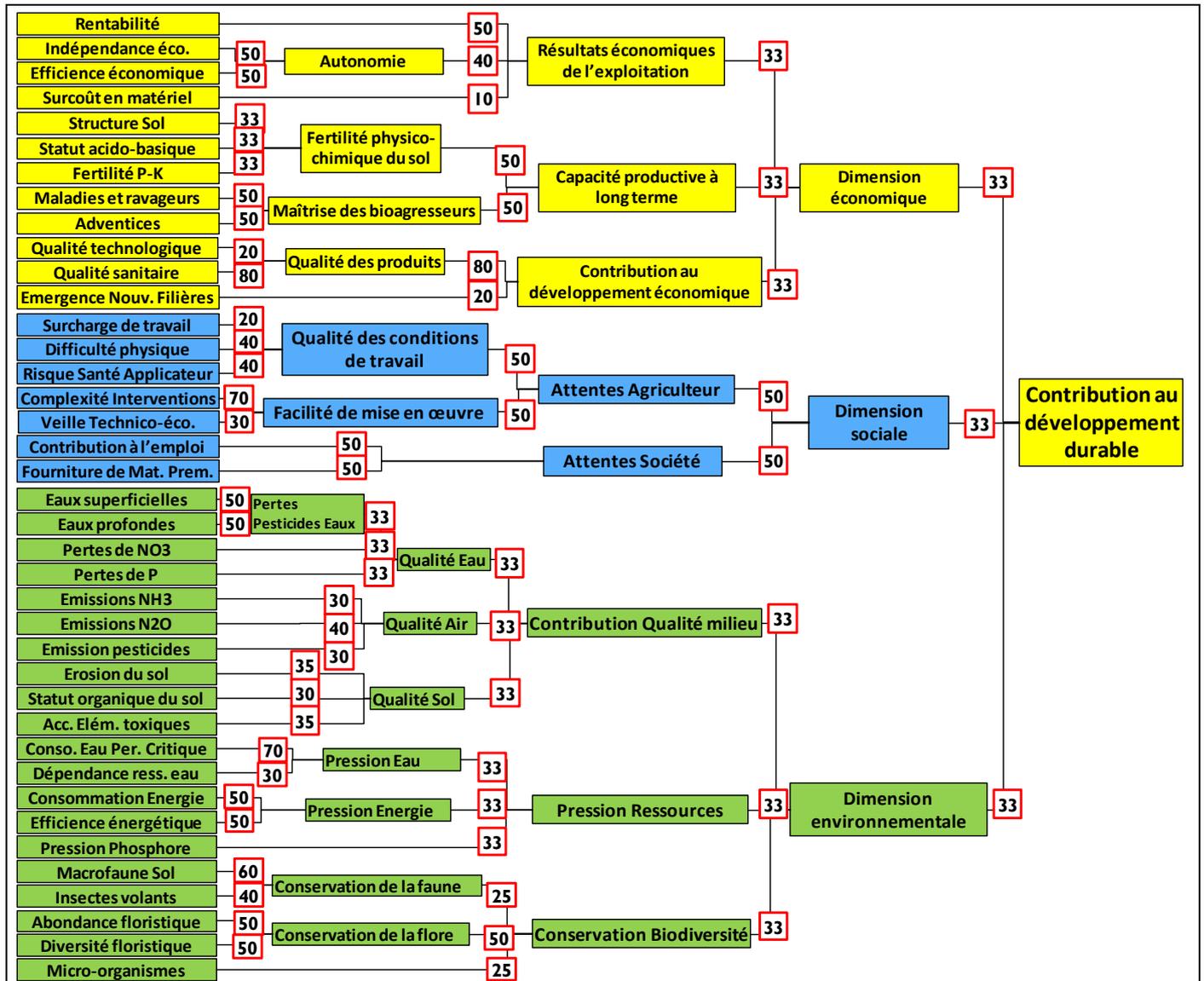
Pour l'agriculture biologique, on ne dispose pas actuellement de données statistiques suffisantes pour chaque région. Une estimation des rendements est néanmoins proposée dans le rapport EcoPhyto R&D. Les rendements proposés ont été définis au niveau national à dire d'experts par des opérateurs de la filière et sont exprimés en % de productivité par rapport à une conduite raisonnée.

Cultures	Productivité de la conduite en bio par rapport à une conduite raisonnée
Blé tendre d'hiver	40 à 50%
Triticale	50%
Orge d'hiver	40%
Maïs (sec ou irrigué)	60 à 90%
Tournesol	60 à 100%
Colza	10% à 70%
Pois : rarement cultivé seul. (en mélange avec de l'orge de printemps)	10 à 70%
Féverole	60 à 70%
Soja	80 à 90%
Luzerne	90 à 100%

*Les valeurs sont des données moyennes, généralisables France entière*

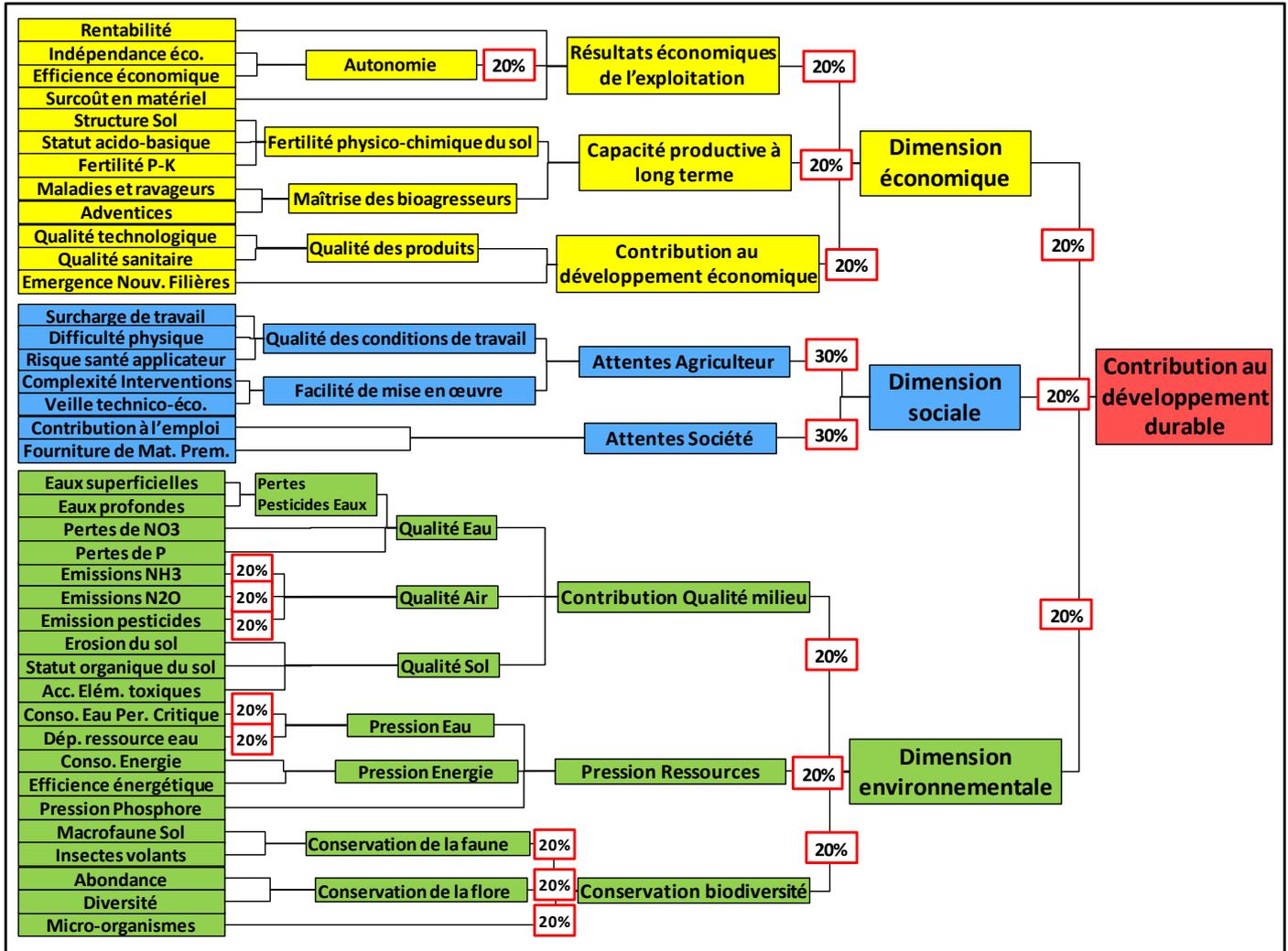
[Retour au sommaire ↗](#)

## IV- Pondérations livrées par défaut dans MASC 2.0



[Retour au sommaire ↗](#)

## V- Pondérations minimales à respecter pour éviter une dénaturation du modèle d'évaluation



[Retour au sommaire ↗](#)

## VI- Présentation des premiers utilisateurs et des experts sollicités lors de la mise au point de MASC 2.0

### A/ Liste des premiers utilisateurs de MASC

Organismes	Commanditaires de l'évaluation (Personnes ressources)	Stagiaires	Cadre d'utilisation de MASC
INRA Guadeloupe	JM. Blazy	J. Tirolien	Evaluation multicritères de la durabilité de systèmes de culture bananiers innovants en Guadeloupe : Adaptation et utilisation de l'outil MASC
CIRAD	E. Scopel	M-A. Flandin	Evaluation de la durabilité de systèmes de culture de petits producteurs de la réforme agraire dans les Cerrados brésiliens
CA Bretagne	MM. Cabaret J-L Giteau	C. Fisson	Evaluation <i>a priori</i> de sdc à bas niveau d'intrants en système spécialisé porcs-cultures
Lycée Agricole Public de Quetigny	D. Lelay	C. Perruche	Evaluation de la durabilité de systèmes de culture innovants à Tart-Le-bas
INRA Grignon/CA Eure	B. Omon R. Reau	B. Laglaise	Evaluation de systèmes de culture innovants dans l'Eure
CA Morbihan	D. Heddadj	V. Bors P. Herpin	Conception de sdc durables pour la mise en place d'une expérimentation en grandes cultures dans le contexte de l'agriculture bretonne
CRA Bourgogne	MS. Petit	D. Delange M. Dumas	Evaluation multicritère et globale de systèmes de culture avec et sans protégés dans des exploitations bourguignonnes
INRA Toulouse	B. Colomb	M. Blouin D. Craheix	Adaptation du modèle MASC aux particularités des systèmes de culture biologique (MASCOF)

## B/ Liste des experts sollicités lors de la mise au point de MASC 2.0 :

- A. Barbottin (INRA UMR SAD-ADPT, Grignon)
- M. Bertrand (INRA UMR Agronomie, Grignon)
- M. Cerf (INRA UMR Agronomie, Grignon)
- M. Dumas (INRA UMR Agronomie, Grignon)
- F.X. Gaumont (MEAC – groupe chaulage du COMIFER)
- M. Gosme (INRA UMR Agronomie, Grignon)
- F. Jacquet (INRA UMR Economie publique, Grignon)
- J. Lecomte (Université Paris-Sud 11)
- P. Lucas (INRA UMR BIO3P, Rennes)
- P. Martin (AgroParisTech, UMR SAD-APT, Grignon)
- N. Munier-Jolain (INRA, UMR BGA, Dijon)
- L. Prost (INRA UMR Agronomie, Grignon)
- J. Roger-Estrade (AgroParisTech, UMR Agronomie, Grignon)
- V. Souchère (INRA UMR SAD-APT, Grignon)
- M. Valantin-Morison (INRA UMR Agronomie, Grignon)

[Retour au sommaire ↗](#)