



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA PÊCHE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE
ET DU DÉVELOPPEMENT
DURABLE

Des indicateurs **AZOTE**



pour gérer des actions
de maîtrise des pollutions
à l'échelle de la parcelle,
de l'exploitation et du territoire



CORPEN

COMITE D'ORIENTATION POUR DES PRATIQUES AGRICOLES
RESPECTUEUSES DE L'ENVIRONNEMENT

GRUPE AZOTE / INDICATEURS – 2006

Le **premier chapitre** rappelle et utilise les **bases méthodologiques** du guide CORPEN "*Des indicateurs pour des actions locales de maîtrise des pollutions de l'eau d'origine agricole. Eléments méthodologiques. Applications aux produits phytosanitaires*" (2003).

Les indicateurs sont utilisés à tous les stades d'une action : diagnostic, suivi, pilotage et évaluation, pour répondre aux objectifs de l'action engagée par les différents acteurs.

La classification utilisée dans ce guide repose sur le modèle "Pression - Etat - Réponse" (P.E.R.). Celle-ci distingue la pression azotée (P) exercée par les activités agricoles, l'état (E) des ressources en eau ou de l'air, et les réponses apportées (R) à travers les moyens de lutte engagés. S'agissant des pratiques agricoles, le choix s'est porté d'emblée sur les indicateurs de pression dont la variation se traduit plus ou moins directement par une modification à terme des indicateurs d'état. Les indicateurs de réponse, s'ils traduisent plus fidèlement le niveau d'implication des acteurs, sont moins adaptés à une évaluation de la performance environnementale et n'ont donc pas fait l'objet d'un approfondissement particulier dans le cadre de ce guide.

Les indicateurs sont mobilisables à différentes échelles géographiques : parcelle, exploitation, territoire. Les échelles de temps sont également à considérer pour les indicateurs utilisés. Il apparaît que les objectifs, acteurs et usages conditionnent aussi le choix des indicateurs.

Face à cette multiplicité de critères, de fonctions et d'objectifs, il est préconisé d'organiser les indicateurs entre eux, de les hiérarchiser et de constituer un "tableau de bord" qui facilitera leur suivi tout au long de l'action.

Le **deuxième chapitre** présente des **indicateurs** retenus pour leur pertinence et leur facilité de mise en œuvre. Les indicateurs proposés sont classés et hiérarchisés en fonction des phénomènes en jeu aux différentes échelles : parcelle, exploitation et territoires.

À l'échelle de la parcelle, les facteurs pédo-climatiques, qui conditionnent le potentiel de lessivage des nitrates sont prépondérants. Les indicateurs de pression identifiés découlent de la connaissance des processus intervenant lors de la succession : culture précédente/interculture/culture suivante.

C'est à l'exploitation que se gèrent les grands flux d'azote qui résultent directement des orientations de productions et des choix techniques. Elle apparaît donc comme l'échelle pertinente pour engager l'amélioration des pratiques agricoles. Les démarches de diagnostic puis d'évaluation qui y sont mises en œuvre considèrent d'abord des indicateurs globaux pour identifier et analyser les principaux déséquilibres puis des indicateurs plus spécifiques relatifs à la gestion des fertilisants et à la gestion des intercultures et successions de cultures.

Le territoire est l'échelle la plus complexe où la pluralité des sources de pollution interfère avec la diversité des situations. Un schéma des processus gouvernant la qualité de la ressource est établi et va guider le choix pertinent d'indicateurs en s'appuyant sur la connaissance du contexte hydrologique et sur un diagnostic des pressions agricoles et non agricoles.

Le **troisième chapitre** est un recueil de **fiches descriptives** des vingt trois indicateurs retenus dans ce guide. Ces fiches sont organisées pour distinguer les objectifs poursuivis, les échelles de mise en œuvre, la méthodologie de construction de l'indicateur ainsi que ses modalités d'utilisation assorties, le cas échéant, d'exemples d'utilisation et des références bibliographiques.

Enfin le **quatrième chapitre** fait l'exercice du développement de l'ensemble de la démarche de suivi d'indicateurs, en s'appuyant sur une opération Ferti-Mieux de Lorraine labellisée en 1993 et en réinterprétant cette action à la lumière des éléments méthodologiques présentés dans ce guide, en conservant toutefois les principaux indicateurs mis en œuvre initialement. Ainsi, cet **exemple** traduit, à l'échelle du territoire, l'esprit de la démarche structurée de mise en œuvre des indicateurs, du diagnostic à l'évaluation.

LE CORPEN

COMITE D'ORIENTATION POUR DES PRATIQUES AGRICOLES RESPECTUEUSES DE L'ENVIRONNEMENT

www.ecologie.gouv.fr/ puis compléter la rubrique CHERCHER avec le mot CORPEN et cliquer sur OK

Le CORPEN a été créé en 1984, sur décision des ministres chargés de l'environnement et de l'agriculture. Son domaine d'action visait la pollution de l'eau par les nitrates et les phosphates provenant des activités agricoles. Il a été étendu en 1992 aux pollutions par les produits phytosanitaires. En 2001, son domaine d'action est élargi et devient les pratiques agricoles respectueuses de l'environnement (aquifères, milieux aquatiques, air et sols).

SES OBJECTIFS ET SES MISSIONS

- Le CORPEN est un **lieu de concertation** entre tous les acteurs concernés par les relations entre agriculture et environnement.
- Le CORPEN fait aux ministres chargés de l'agriculture et de l'environnement toutes **suggestions** qui lui paraissent appropriées pour réorienter, compléter ou renforcer les politiques publiques.
- Il élabore des **outils** servant aux agriculteurs pour modifier leurs pratiques en vue d'une réduction de leur incidence environnementale, en tenant compte de leur impact sur l'économie de l'exploitation.
- Il fournit des **éléments techniques** à l'administration et l'aide ainsi à adapter ses politiques publiques aux contextes locaux et à participer aux négociations internationales.

SES CIBLES

- Les agriculteurs par l'intermédiaire de leurs conseillers et prescripteurs
- Les enseignants agricoles
- Les administrations et les élus

SON MODE DE TRAVAIL

- **Des groupes** réunissant des experts de tous les organismes concernés par le sujet traité font la synthèse des connaissances scientifiques et techniques disponibles. Ils proposent ensuite des recommandations techniques pour les agriculteurs, ils évaluent leur coût de mise en œuvre et ils examinent leur incidence en terme de gestion de l'espace.
- **Un bureau**, qui se réunit trois ou quatre fois par an, approuve, sur la base des propositions des groupes, les messages faisant l'objet d'un consensus. Les recommandations formulées constituent les meilleures pratiques environnementales et font l'objet de publication.
- **Un comité plénier annuel**, en présence des représentants des ministres, évalue le travail effectué dans l'année écoulée et fixe les priorités pour l'année suivante.

SA COMPOSITION

- 1 - **Des organisations professionnelles** : Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture (APCA) - Agriculture biologique (FNAB) - Association Nationale des Industries Agro-alimentaires (ANIA) - Association Française de Protection des Plantes (AFPP) - Comité d'Etudes et de Liaison des Amendements minéraux basiques (CELAC) - Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée (COMIFER) - Fédération Nationale des Groupements de Protection des Cultures (FNGPC) - Fédération des entreprises du Commerce et de la Distribution (FCD) - Fédération du Négoce Agricole (FNA) - Fédération Française des Coopératives Agricoles de Collecte, d'Approvisionnement et de Transformation (FFCAT) - Mutualité, Coopération, Crédit (CNMCCA) - Syndicats agricoles (FNSEA, CNJA, Confédération Paysanne) - Syndicat Professionnel des Distributeurs d'Eau (SPDE) - Union des Industries de la Fertilisation (UNIFA) - Union des Industries de la Protection des Plantes (UIPP).
- 2 - **Des organisations d'usagers** : Association des Maires de France (AMF) - Confédération de la Consommation, du Logement et du Cadre de Vie (CSV) - Fédération Nationale des Collectivités Concédantes et Régies (FNCCR) - France Nature Environnement (FNE) - Union Fédérale des Consommateurs (UFC) - Union Nationale pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (UNPPMA).
- 3 - **Des instituts et centres techniques agricoles** : ACTA - ARVALIS (maïs, céréales et fourrages), ANITTA (tabac) - CETIOM (oléagineux) - CTIFL (fruits et légumes) - ITAB (agriculture biologique) - ITAVI (aviculture) - Institut de l'Elevage - ITB (betterave) - ITP (porc) - ITV (vigne).
- 4 - **Des établissements publics de recherche** : BRGM - Cemagref - IFREMER - INERIS - INRA.
- 5 - **Des agences de l'eau et autres établissements publics** : ADEME - CSP - IFEN.
- 6 - **Des ministères** : Agriculture - Écologie - Santé - Économie - Finances - Industrie - Intérieur.
- 7 - **Des acteurs d'opérations pilotes de terrain** : Ferti-Mieux - Irri-Mieux - Phyto-Mieux - FARRE.
- 8 - **Des personnalités qualifiées.**

NITRATES ET PHOSPHATES

- Programme d'action pour la réduction de la pollution des eaux par les nitrates et les phosphates provenant des activités agricoles (1984)
- Amélioration des pratiques agricoles pour réduire les pertes de nitrates vers les eaux (1986 et actualisations en 1989 et 1993)
- Bilan de l'azote à l'exploitation (1988)
- Cahier des charges des opérations de conseil aux agriculteurs en vue de protéger l'eau contre la pollution nitratée (1991)
- Interculture (1991)
- Recueil des bases de préconisations de la fertilisation azotée (1992)
- Propositions pour le Code des Bonnes Pratiques Agricoles (1993)
- L'élu face aux nitrates (1994)
- Programme national de réduction de la pollution des eaux par les nitrates provenant des activités agricoles (1994)
- Estimation des rejets d'azote et de phosphore des élevages de porcs - Impact des modifications de conduite alimentaire et des performances techniques (1996) + plaquette (4 pages)
- Estimation des rejets d'azote par les élevages avicoles (1996)
- Bien choisir et mieux utiliser son matériel d'épandage de lisiers ou de fumiers (1997)
- Estimation des rejets de phosphore par les élevages avicoles - Propositions de références provisoires (1997)
- Programme d'action concernant la maîtrise des rejets de phosphore provenant des activités agricoles (1998) + plaquette (6 pages)
- Fertilisation azotée de trois légumineuses : le haricot, la luzerne et le pois protéagineux (1999)
- Estimation des flux d'azote, de phosphore et de potassium associés aux vaches laitières et à leur système fourrager (1999)
- Estimation des rejets d'azote et de phosphore par les élevages cynicoles (1999)
- Estimation des flux d'azote, de phosphore et de potassium associés aux bovins allaitants et aux bovins en croissance et à l'engrais, issus des troupeaux allaitants et laitiers et à leur système fourrager (2001)
- Les émissions d'ammoniac d'origine agricole dans l'atmosphère. Etat des connaissances et perspectives de réduction des émissions (2001)
- Estimation des rejets d'azote, de phosphore, de potassium, de cuivre et de zinc des porcs - Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections produites (2003)

PRODUITS PHYTOSANITAIRES

- Programme d'action contre la pollution des eaux par les produits phytosanitaires provenant des activités agricoles (1994)
- Protection des cultures et prévention des risques de pollution des eaux par les produits phytosanitaires utilisés en agriculture - Recommandations générales (1995) + plaquette (4 pages)
- Qualité des eaux et produits phytosanitaires - Propositions pour une démarche de diagnostic (1996)
- Techniques d'application et de manipulation (TAM) des produits phytosanitaires utilisés en agriculture - Eléments pour prévenir les risques de pollution des eaux (1996)
- Jeu de transparents TAM
- Produits phytosanitaires et dispositifs enherbés - Etat des connaissances et propositions de mise en œuvre (1997) + plaquette (4 pages)
- Désherbage - Eléments de raisonnement pour une maîtrise des adventices limitant les risques de pollution des eaux par les produits phytosanitaires (1999)
- Désherber en limitant les risques de pollution des eaux (plaquette 6 pages)
- Diagnostic de la pollution des eaux par les produits phytosanitaires - Bases pour l'établissement de cahiers des charges des diagnostics de bassins versants et d'exploitations (2001)
- Mesures réglementaires concernant les produits phytosanitaires, leurs utilisateurs et leur incidence sur l'environnement (2003) = actualisation de la partie réglementaire de la brochure "TAM" de 1996
- Eléments méthodologiques pour un diagnostic régional et un suivi de la contamination des eaux liée à l'utilisation des produits phytosanitaires - Utilisation des Systèmes de traitement de l'Information Géographiques (SIG) (2003)
- Des indicateurs pour des actions locales de maîtrise des pollutions de l'eau d'origine agricole : éléments méthodologiques - application aux produits phytosanitaires (2003).

Documents téléchargeables depuis le site du CORPEN (voir page précédente) ou à commander (gratuitement) en renvoyant cette page au secrétariat du CORPEN par fax : 01 42 19 24 99.

Indiquez les documents souhaités ainsi que vos coordonnées :

Nom, prénom :

Organisme :

Adresse :

Tél. : Fax. : E-mail. :

Personnes ayant participé au groupe de travail

Le groupe de travail "Azote Indicateurs" est issu du groupe permanent "Azote", en réponse à la demande du groupe permanent "Indicateurs".

Animation et Secrétariat

Michel CARIOLLE
Laurence GUICHARD
Carine PAGLIARI-THIBERT
Christine SIMOENS

Membres et Organismes

Marcel BERTRAND	<i>DRAF 59/62</i>
Christian BOCKSTALLER	<i>INPL (ENSAIA) - INRA Nancy Colmar ARAA</i>
Marie-Line BURTIN	<i>ARAA</i>
Michel CARIOLLE	<i>ITB / délégué environnement</i>
Benoit CATHALA	<i>SCORPEN</i>
Hélène CHAMBAUT	<i>Institut de l'Elevage</i>
Philippe DESVIGNES	<i>Arvalis - Institut du Végétal</i>
Sandrine ESPAGNOL	<i>ITP</i>
Laurence GUICHARD	<i>INRA - INA Paris Grignon</i>
Anne HERMANT	<i>Chambre d'Agriculture de Côte d'Or</i>
Philippe JANNOT	<i>MEDD / Direction de l'Eau</i>
François LAURENT	<i>ARVALIS - Institut du Végétal</i>
Myriam LAURENT	<i>AGROTRANSFERT Poitou-Charentes</i>
Carine PAGLIARI-THIBERT	<i>SCORPEN</i>
Christiane RAYNAL	<i>CTIFL</i>
Raymond REAU	<i>CETIOM</i>
Corinne ROUSSEAU	<i>Chambre d'Agriculture d'Ille & Vilaine</i>
Christine SIMOENS	<i>ANDA puis SCORPEN</i>
Jérôme THIBIERGE	<i>INVIVO</i>
Laurent VERDIE	<i>Agence de l'Eau Adour Garonne</i>

Le groupe remercie pour leur relecture :

Sophie AGASSE (APCA), Louis-Pierre BALAY (CGGREF), Pierre-Yves BERNARD (CRA Lorraine), Paul BORDENAVE (CEMAGREF), Hervé BOSSUAT (SCORPEN), Philippe EVEILLARD (UNIFA), Annie KUNG-BENOIT (CA des Vosges), Vincent MANNEVILLE (Institut de l'Elevage), Michel SEBILLOTTE, Jean-Claude SOUTY (SCORPEN), Francis TROCHERIE (IFEN) et Jean-Louis VERREL (IGE),

et pour la maquette :

Evelyne SIMONNET (MAP-DGFAR-MAG)

Préambule

Introduction

Chapitre 1 Des indicateurs pour progresser dans l'action 13**1 - Diagnostic, suivi, pilotage, évaluation** 15

- 1.1. Le diagnostic de la situation 16
- 1.2. Le suivi et le pilotage de l'action 16
- 1.3. L'évaluation de l'action 16

2 - Les indicateurs 18

- 2.1. Définitions 18
- 2.2. Qualités recherchées 21
- 2.3. Structurer les indicateurs 21

3 - Mettre en œuvre et organiser des indicateurs dans l'espace et le temps 24

- 3.1. Les échelles spatiales privilégiées : la parcelle, l'exploitation et le territoire 24
- 3.2. L'échelle de temps 26
- 3.3. Un tableau de bord pour organiser des indicateurs et suivre leur mise en œuvre 27

Chapitre 2 Choisir et mettre en œuvre les indicateurs AZOTE 31**1 - Des indicateurs de pression à l'échelle de la parcelle** 33

- 1.1. Décrire les processus en jeu 33
- 1.2. Choisir et mettre en œuvre les indicateurs 39

2 - Des indicateurs de pression à l'échelle de l'exploitation 42

- 2.1. Décrire les processus en jeu 42
- 2.2. Choisir et mettre en œuvre les indicateurs 47

3 - Des indicateurs de pression à l'échelle d'un territoire 52

- 3.1. Décrire les processus en jeu 52
- 3.2. Choisir et mettre en œuvre les indicateurs 58

4 - Les indicateurs de réponse 64**Chapitre 3** Les indicateurs AZOTE - Fiches détaillées 65**Chapitre 4** Un exemple d'utilisation des indicateurs : les plateaux du Haut-Saintois 97**1 - Description de la zone d'action et diagnostic initial** 98**2 - Le plan d'action** 99**3 - Résultats** 101**4 - Bilan et perspectives** 104

● Conclusion 105

● Pour en savoir plus 109

● Glossaire : abréviations et termes techniques (suivis d'une astérisque* dans le texte) 107

● Références bibliographiques 111

Les milieux aquatiques sont sensibles à des concentrations trop importantes de l'ion nitrate, qui se traduisent par des déséquilibres des écosystèmes, des nuisances, ou des eaux brutes non "potabilisables" au regard des normes de santé publique. Le citoyen est de plus en plus sensible et réactif à ces perturbations qui sont autant de troubles à son cadre de vie, troubles dont les juridictions sont parfois saisies.

Aussi, sur de nombreux territoires de taille variable, les acteurs impliqués - collectivités territoriales, établissements publics, organisations professionnelles et organismes économiques agricoles, instituts techniques... - mènent ou préparent des actions ayant pour but de maîtriser les transferts d'azote vers les ressources et de limiter la concentration de nitrates dans les eaux souterraines ou superficielles.

Les actions retenues dans le cadre des programmes de reconquête ou de stabilisation de la qualité des eaux s'étendent, en règle générale, sur plusieurs années, années qui vont connaître des séquences climatiques et des successions culturelles diverses. Acteurs et maîtres d'ouvrages doivent donc entourer du plus grand soin la définition des indicateurs qu'ils choisiront de mettre en œuvre en fonction, à la fois, des problématiques locales et des moyens, humains et financiers, qui seront dévolus à la collecte et à la mise en forme des données nécessaires à l'élaboration des indicateurs puis à leur suivi.

Les indicateurs sont en effet multiples, interdépendants, plus ou moins adaptés à tels ou tels contextes et échelles géographiques et porteurs de degrés d'intégration variables.

Cette brochure est d'abord destinée à ces acteurs. Elle est une contribution au choix et à l'utilisation des indicateurs qu'ils retiendront pour élaborer, conduire et évaluer les programmes d'actions.

Elle aborde en premier lieu la construction d'un programme de maîtrise des pollutions azotées et le rôle des indicateurs pour le diagnostic et l'évaluation des actions locales. La description des processus en œuvre dans les phénomènes de pollution par l'azote aboutit à proposer des modalités de choix et d'organisation d'indicateurs adaptés aux problématiques et aux enjeux.

Les indicateurs retenus font l'objet de fiches descriptives qui détaillent leur construction, leur utilisation ainsi que les limites à prendre en compte dans l'interprétation des résultats. Enfin, un exemple pratique de mise en œuvre sur un cas réel est présenté pour illustrer et concrétiser la démarche.

Jusqu'à maintenant, les rapports de l'IFEN* mettaient en évidence une dégradation de la qualité de l'eau, de l'air, et du sol. Concernant plus particulièrement l'azote, ils montraient une augmentation globale des concentrations en nitrates dans les ressources en eau. Le rapport 2006, sous presse, note heureusement l'amorce d'une stabilisation des pollutions diffuses d'origine agricole. Ces problèmes inquiètent de longue date l'opinion publique qui attend des améliorations rapides.

Les conséquences sanitaires et environnementales liées aux composés azotés sont maintenant bien connues. Les dépassements du plafond de 50 mg/l de nitrates (NO_3) dans les eaux destinées à l'alimentation entraînent des restrictions d'usage. Il existe également des risques de toxicité pour le milieu aquatique par l'ammonium notamment, tandis que l'ion nitrate peut contribuer dans certaines situations à l'eutrophisation* des eaux. Enfin, les émissions gazeuses d'azote se font principalement sous deux formes : l'ammoniac (NH_3), dont les retombées contribuent à l'acidification des pluies, à l'enrichissement des sols et des eaux superficielles ; le protoxyde d'azote (N_2O), qui participe à l'effet de serre et à la diminution de l'ozone stratosphérique.

La part agricole de ces pollutions, à l'échelle de la France entière, est importante. Ces pollutions sont pour partie ponctuelles*, pour partie diffuses. Pour la pollution de l'eau, il y a un large accord pour considérer que ce sont les pollutions diffuses, à partir des parcelles agricoles, qui sont les plus importantes et souvent difficiles à maîtriser. Pour les émissions gazeuses, des estimations nationales de pertes existent mais l'état des connaissances au niveau local reste insuffisant.

Les pollutions sont extrêmement variables dans l'espace et dans le temps selon les conditions pédo-climatiques, les systèmes de production, les successions de cultures pratiquées et les pratiques agricoles elles-mêmes. Les agriculteurs et consommateurs ont peu d'informations ou d'ordres de grandeur sur les mécanismes en jeu. Pour estimer ces risques dans leurs conditions de production, améliorer leurs pratiques agricoles et évaluer leurs effets sur l'environnement, les agriculteurs et leurs conseillers ont besoin d'outils simples et pratiques.

Les "indicateurs" font partie de ces outils. Ils peuvent répondre à une grande diversité d'utilisations (encadré 1).

Ils pourront être utilisés à différentes échelles (parcelle, exploitation, territoire) et par différents publics : organismes agricoles (Chambres d'Agriculture, Instituts Techniques, coopératives...), acteurs de l'eau (Agences de l'Eau, distributeurs d'eau...), administrations, etc.

Ce guide traite des indicateurs "azote".

Il s'inscrit dans la continuité du guide du CORPEN "*Des indicateurs pour des actions locales de maîtrise des pollutions de l'eau d'origine agricole : éléments méthodologiques, applications aux produits phytosanitaires*".

Il a pour objectif d'aider les acteurs locaux à gérer les actions entreprises pour améliorer les performances environnementales de l'agriculture vis-à-vis des pollutions par l'azote.

Il propose une démarche permettant de choisir un ensemble d'indicateurs pertinents en fonction du contexte et des objectifs poursuivis.

Le chapitre 1 développe les aspects méthodologiques généraux spécifiques à l'azote.

Le chapitre 2, traite du choix et de l'utilisation des indicateurs azote en fonction de l'échelle (parcelle, exploitation, territoire).

Le chapitre 3 décrit les principaux indicateurs azote, avec un mode opératoire explicite.

Le chapitre 4 présente, à l'échelle d'un bassin versant, un exemple d'utilisation des indicateurs.

Une diversité d'utilisations faisant appel à des indicateurs "azote"

Au niveau de la parcelle (par culture ou par produit) :

- **Suivi des pratiques par filière** : chartes "Qualité" ou "Environnement" concernant l'itinéraire technique, mises en place par les instituts techniques et les industries agro-alimentaires.
- **Traçabilité*** des produits agricoles : certification par les signes de qualité. Par exemple, vérification des formes d'azote utilisées dans le cas de l'agriculture biologique, respect de bonnes pratiques agricoles, dont la fertilisation raisonnée pour le signe "Atout Certifié Confiance" ou d'autres cahiers de charges entre producteurs et distributeurs.

Au niveau de l'exploitation :

- **Conseil technique** des agents de développement agricole (chambres d'agriculture, coopératives...) auprès des agriculteurs.
- **Certification*** des exploitations : mise en place de la norme ISO 14001.
- **Qualification*** des exploitations : chartes environnement, comme Agri-confiance, développée par les coopératives agricoles, mise en place de l'agriculture raisonnée par le Ministère chargé de l'Agriculture et la profession agricole
- **Incitations financières** : mise aux normes des bâtiments d'élevage dans le cadre du Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole, Contrats d'Agriculture Durable, Mesures Agri-Environnementales.

Actions collectives de protection de l'environnement au niveau de territoires :

- **Actions volontaires** : programmes de protection de l'eau dans le cadre d'actions collectives comme Ferti-Mieux ou Bretagne Eau Pure, menées en partenariat entre les acteurs de l'eau et les acteurs de l'agriculture.
- **Réglementation** : mesures gérées par le Ministère de l'écologie et du développement durable et/ou le Ministère de l'agriculture et de la pêche, en application de la directive nitrates ; de la loi sur l'eau dans les périmètres de protection de captages ; de la directive cadre sur l'eau (DCE) ou de la PAC.

CHAPITRE 1

Des indicateurs
pour progresser
dans l'action

Bâtir, mener et évaluer des actions de maîtrise des pollutions azotées d'origine agricole nécessite de :

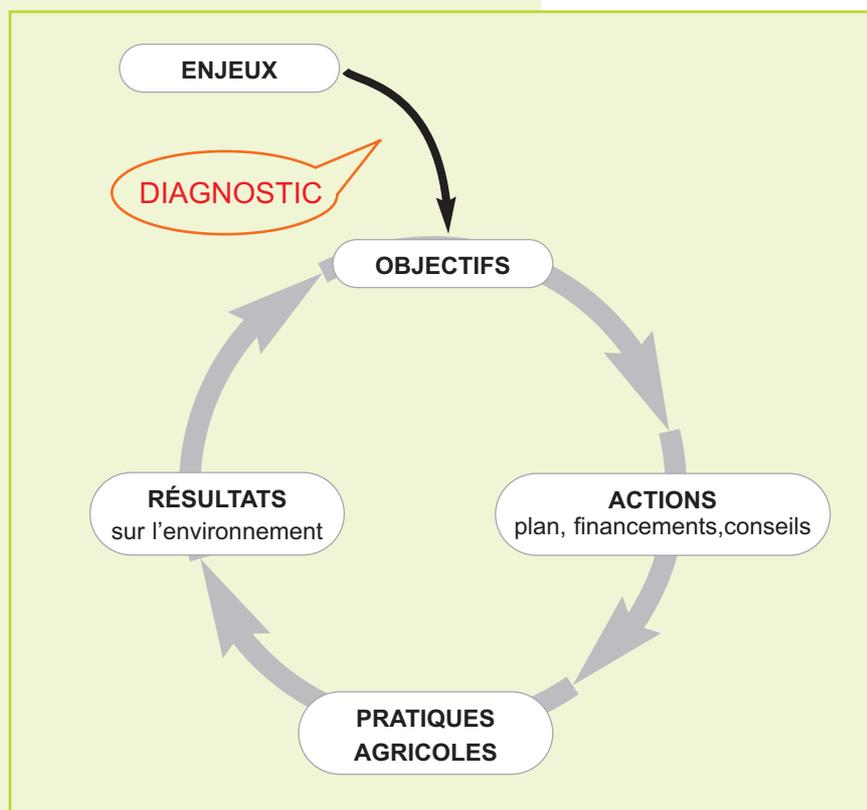
- comprendre les mécanismes de perte d'azote rencontrés localement pour engager des moyens de lutte efficaces et cohérents,
- expliciter les objectifs visés et cibler les moyens à mettre en œuvre pour diminuer les risques,
- choisir des priorités d'actions,
- mesurer les résultats obtenus après avoir mis en œuvre les moyens, suivre les évolutions depuis le début de l'action et estimer les écarts par rapport aux objectifs fixés.

Les indicateurs sont des **outils** qui synthétisent les processus en jeu, matérialisent les enjeux, décrivent les actions et permettent d'agir en toute connaissance.

① Diagnostic, suivi, pilotage, évaluation

La construction d'un plan d'action peut se décomposer en plusieurs étapes : à partir du diagnostic initial, définir les enjeux, les objectifs et les actions à conduire et mesurer les résultats, pour revoir les enjeux à la lumière des résultats obtenus. Cette démarche d'amélioration continue de la performance environnementale ou boucle d'amélioration, peut être schématisée de la façon suivante :

Schéma 1
Les différentes étapes
d'un programme d'actions



(1) Plusieurs méthodes de diagnostic existent. Par exemple, la méthode utilisée dans le réseau Ferti-Mieux utilise la grille de risque pour croiser les risques liés au milieu et aux pratiques agricoles vis-à-vis de la pollution de l'eau par les nitrates.

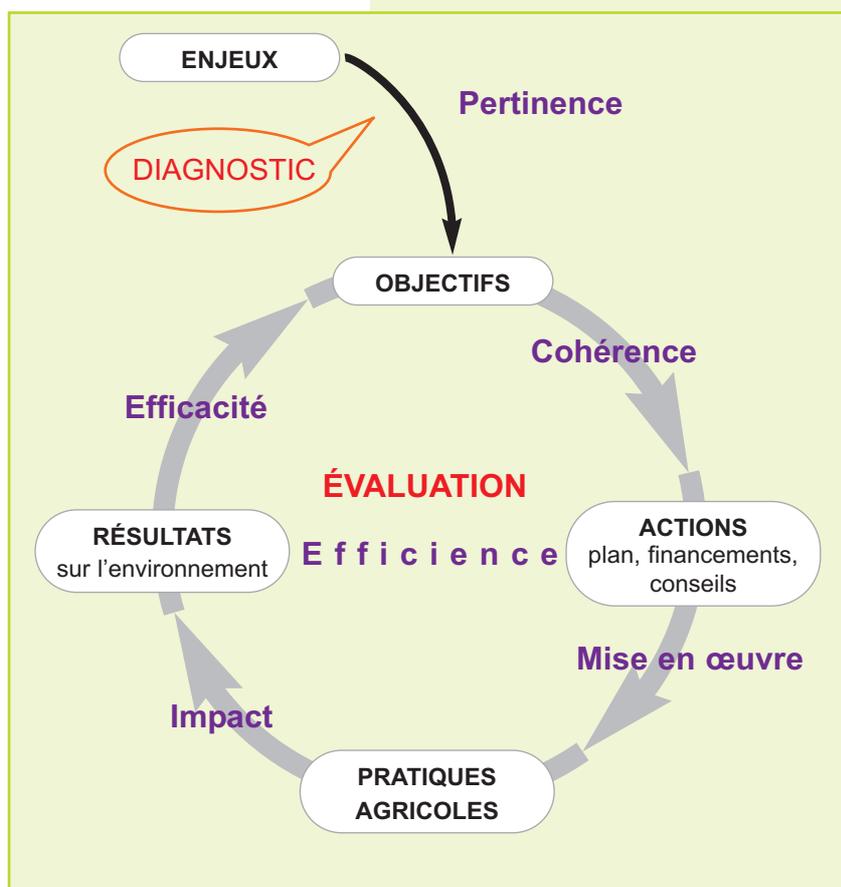
1.1. Le diagnostic de la situation

Le diagnostic (1) **initial** est la première étape indispensable pour caractériser la situation de départ. Il explicite les mécanismes de pollution, rend compte de la diversité des situations agricoles (systèmes de production*, systèmes de culture*, climat, sols). Il constitue la base pour définir les priorités, fixer les objectifs de l'action et mesurer les évolutions.

1.2. Le suivi et le pilotage de l'action

Le suivi permet d'offrir une image, **à un instant donné**, de l'avancement de l'action. Il produit une analyse régulière des ressources financières mobilisées, des actions réalisées, du nombre d'agriculteurs impliqués, de l'évolution des pratiques et de leur incidence sur l'environnement.

Le pilotage est un suivi destiné à gérer le programme de travail **à pas de temps régulier**. Il permet d'informer et d'éclairer de façon périodique les décideurs responsables de l'évolution du projet. Il peut conduire à modifier les orientations ou mettre en place de nouvelles actions en fonction des conclusions des évaluations intermédiaires.



1.3. L'évaluation de l'action

Derrière le terme évaluation se cache souvent une pluralité d'objectifs à clarifier afin de choisir les indicateurs adéquats.

En pratique, pour un même programme d'actions, l'évaluation n'a pas forcément le même contour et dépend

amplement du commanditaire (voir schéma 2) :

Schéma 2
Les différents niveaux de l'évaluation d'un programme d'actions

Les **décideurs** attendent une mesure de l'*efficacité* du programme, c'est-à-dire du degré de réalisation des objectifs et doivent s'assurer en permanence de la pertinence et de la cohérence des objectifs poursuivis au regard des enjeux réels.

Le **financeur** souhaite mesurer son *efficience*. Il s'intéresse particulièrement au rapport « coût/résultats » : les résultats obtenus sont-ils à la hauteur des financements ?

L'**opérateur de terrain** est plus sensible à la *mise en œuvre* du programme : les outils et méthodes proposées ont-ils été pertinents et utilisés ? Des modifications de pratiques agricoles se sont-elles produites ?

Quant au **grand public**, il veut apprécier l'*impact* des actions mises en œuvre, c'est-à-dire les effets réels des changements de pratiques agricoles produits par le programme, notamment sur le milieu.

Souvent, l'accent est mis dans un premier temps sur la **mise en œuvre**, puis dans un deuxième temps sur l'**évaluation de l'impact**. Cette dernière consiste à évaluer, par exemple, les conséquences économiques, sociales, environnementales des pratiques agricoles, à différentes échelles, notamment celle du territoire concerné.

D'autre part, si l'évaluation cherche à répondre à la question :

- "*Que s'est-il passé ?*" ou "*Que se passe-t-il ?*", l'objectif sera de fournir un **diagnostic** ou d'effectuer un suivi,
- "*Comment améliorer ?*", il s'agira de fournir une **aide à la décision** (cf. pilotage de l'action en 1.2),
- "*Comment faire connaître ?*", l'évaluation se donne alors un objectif de **communication**,
- "*Pourquoi améliorer ?*", l'évaluation aura principalement un but **pédagogique**.

La multiplicité de ces objectifs doit être explicitée pour, d'une part, choisir la méthode et les indicateurs les mieux adaptés et, d'autre part, éviter les déceptions au moment des résultats. En effet, un indicateur destiné à répondre à une question n'est souvent pas adapté pour répondre à d'autres. Par exemple, un indicateur fondé sur la dose d'azote sera utile pour évaluer l'action de l'agriculteur mais pas forcément pour évaluer son impact environnemental.

Pour assurer à toute démarche pertinence et lisibilité, il importe de définir la chronologie de l'action et d'être clair sur les objectifs assignés au diagnostic, puis au suivi ou aux évaluations à conduire.

② Les indicateurs

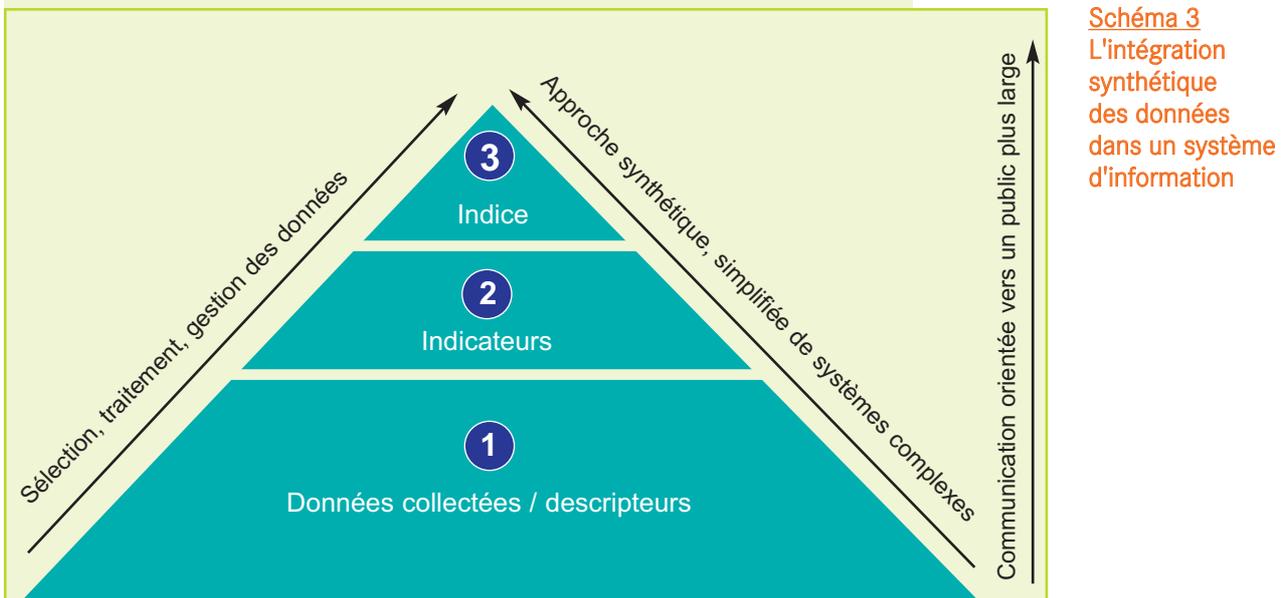
2.1. Définitions

Caractéristiques

En pratique, de multiples définitions coexistent. De ces différentes approches, les caractéristiques suivantes sont retenues :

- Les indicateurs sont une **représentation simplifiée de la réalité** et non la réalité elle-même. Ils doivent toujours être accompagnés d'informations qualitatives et de commentaires, voire être interprétés en leur associant d'autres indicateurs.
- L'indicateur porte une signification qui dépasse la donnée quantitative fournie (une température corporelle de 39°C signifie un individu malade car elle est comparable à une valeur repère, ici 37°C pour un individu sain). C'est pourquoi, pour porter un jugement, une **valeur de "référence"** est associée aux indicateurs. C'est cette valeur qui donne un sens à l'indicateur, sous réserve que cette valeur ait un sens pour l'indicateur utilisé (*par exemple, pour le solde CORPEN, la valeur de référence n'est pas 0 – voir fiche 13 en chapitre 3*). Cette valeur peut être une valeur absolue comme une norme, un seuil, un objectif fixé (référence obtenue par expérimentation ou par modélisation...). Elle peut être également un taux d'évolution ou, plus qualitativement, un sens de variation.
- Les indicateurs sont des **outils** de suivi, d'évaluation, de prévision et d'aide à la décision pour une action donnée. Ils peuvent être utilisés pour mesurer les progrès dans différents contextes.
- De plus, leur "simplicité" en fait des vecteurs idéaux de **communication**. Néanmoins, il faut s'assurer que cette simplicité apparente, ne conduise pas à des erreurs d'interprétation. Il faut notamment éviter de **se focaliser sur la valeur finale prise par un indicateur**, et bien considérer les résultats de l'action dans son ensemble.

Le **schéma 3** présente et hiérarchise, sous une forme simplifiée, les principaux niveaux d'un système d'information. Il **situe l'indicateur entre la donnée brute et l'indice**. Ces différents niveaux dépendent principalement de l'échelle étudiée, mais également des objectifs, de la méthode de travail et des critères sélectionnés. De la base vers le sommet : le traitement de l'information est plus finalisé, l'information est plus condensée, agrégée et simplifiée, la fonction de communication est privilégiée.



L'**indice** **3** est un indicateur composite obtenu par agrégation de données ou d'indicateurs. Il donne une approche résumée et simplifiée de systèmes complexes et s'assimile souvent à une note. Il peut viser un plus large public. Le gain en terme de communication peut s'avérer limité du fait de la perte d'information résultant de son caractère très agrégé (sous l'indice se "cachent" plusieurs indicateurs). Il est donc nécessaire d'accompagner les indices par des explications et commentaires.

Exemples : Azote I_N d'INDIGO*, MERLIN*.

L'**indicateur** **2** a un contenu plus riche : il a une valeur significative, c'est-à-dire de portée supérieure à celle des données mobilisées. Il peut résulter du simple calcul de l'évolution des données brutes combinées ou non entre elles. Il devient souvent pertinent lorsqu'il est comparé à une (des) valeur(s) de référence, sous réserve de leur validité ou de leur acceptation.

Exemples : évolution de la dose d'azote, bilans azotés (type EQUIF*), taux de surface à risque élevé de lessivage couverte par des CIPAN*.

Les données **1** sont à la base du calcul des indicateurs et aident à interpréter les résultats. Elles sont stockées dans une base de données, donnent une information élémentaire le plus souvent chiffrée (quantitative), mais parfois qualitative.

Exemples : dose d'azote, surface en culture intermédiaire, rendement des cultures.

Et les modèles*?

Les modèles sont des outils complémentaires. Ils peuvent permettre de valider les indicateurs choisis ou de produire des références auxquelles seront comparées les valeurs prises par les indicateurs (voir fiches n°21 et n°22). Les modèles sont pour l'instant souvent difficilement utilisables en routine au niveau local. Ce guide privilégie donc les indicateurs aux modèles mécanistes, qui sont conçus et utilisés par les organismes de recherche fondamentale ou appliquée. Ces modèles sont rarement utilisés par des actions locales du fait de la complexité de leur mise en œuvre, du manque de temps et de données pour renseigner les variables d'entrée ou paramétrer le modèle.

Tableau 1
Le "cahier des charges"
d'un indicateur, inspiré
de l'IFEN (1999)

CRITÈRES DE SÉLECTION D'UN INDICATEUR**1 - PERTINENCE**▶ **QUALITÉ DES DONNÉES** scientifique et statistique

Validité scientifique	bases théoriques solides
Validité statistique	précision, fiabilité, robustesse

▶ **REPRÉSENTATIVITÉ** vis à vis du sujet

Représentativité spatiale	adapté à l'échelle spatiale
Représentativité temporelle	sensibilité aux évolutions et aux variations

2 - ÉLÉMENTS DE FAISABILITÉ

Disponibilité	accessibilité et reproductibilité
Coût des données	acquisition et traitement des données aux coûts raisonnables

3 - ADÉQUATION avec les attentes des acteurs**Décideurs,
utilisateurs**

- intégration des liens entre pression, état et réponse
- adaptabilité aux évolutions liées aux décisions prises
- définition d'un objectif quantifié ou existence d'une valeur de référence auxquels l'indicateur sera comparé
- possibilité de comparaison entre unités géographiques
- possibilité d'utilisation dans le cadre de scénarios prospectifs

Public

- simplicité
- lisibilité, c'est-à-dire compréhension immédiate par le lecteur
- correspondance avec les centres d'intérêt du public

Certains sont particulièrement intéressants car ils estiment les quantités de nitrates susceptibles d'être lessivées pour les systèmes de culture décrits ou les émissions gazeuses. On peut alors les utiliser pour valider les indicateurs pressentis.

Idéalement, un "bon" indicateur doit être :

- validé scientifiquement,
- adapté à l'échelle spatiale,
- sensible aux changements attendus,
- fondé sur des données fiables et facilement accessibles,
- compris et "partagé" par l'ensemble des acteurs : agriculteurs, prescripteurs* et décideurs.

2.2. Qualités recherchées

La qualité principale d'un indicateur est sa capacité à rendre compte de façon concise de phénomènes complexes. Cela est rendu possible grâce à un certain nombre de critères de qualité auxquels l'indicateur "idéal" devrait répondre : **sensibilité, représentativité, robustesse, lisibilité**... En pratique, les indicateurs utilisés remplissent rarement l'ensemble des critères proposés. La sélection des indicateurs les plus pertinents repose sur un compromis fonction des objectifs fixés et des coûts.

Les critères retenus sont rassemblés dans le tableau 1.

2.3. Structurer les indicateurs

L'absence d'indicateur idéal et universel conduit l'utilisateur à gérer une multiplicité d'informations mais un nombre limité d'indicateurs. Pour assurer la lisibilité de la démarche, il est nécessaire de structurer les indicateurs.

Le cadre Pression-Etat-Réponse

Une première façon d'organiser les indicateurs est le modèle Pression - Etat - Réponse (PER).

Préconisé à l'origine par l'OCDE, il constitue la base de réflexion du CORPEN. Ce modèle repose sur la notion de causalité : les activités humaines engendrent des **pressions** sur le milieu dont l'**état** est alors modifié. En **réponse**, les parties prenantes d'un programme d'actions réagissent en intervenant sur les financements ou sur les actions elles-mêmes, pour modifier les pressions sur le milieu, et par conséquent obtenir des résultats sur le milieu.

➤ **Les indicateurs de Pression** décrivent la pression exercée par les activités agricoles.

Par exemple, les pressions qui s'exercent sur les milieux aquatiques sont dues en partie aux émissions d'azote à partir des sols. Celles-ci sont liées aux pratiques agricoles : activités d'élevage, successions de cultures * en place et leurs itinéraires techniques * (fertilisation...).

➤ **Les indicateurs d'État** décrivent l'évolution des caractéristiques des milieux récepteurs en relation avec les transferts de substances étudiées (ici les composés azotés), ainsi que les délais de réponse des milieux. Il s'agit de mieux connaître l'impact sur le milieu et de le rendre "objectivement" mesurable et contrôlable.

➤ **Les indicateurs de Réponse** (voir paragraphe 4 du chapitre 2) permettent d'évaluer les efforts consentis : ils décrivent les moyens engagés (humains, financiers, équipement) et leur degré de mise en œuvre (état d'avancement).

Les **schémas 4 et 4 bis** proposent une représentation du cadre PER, en liaison avec les différentes étapes du programme d'actions. Ce cadre incite l'utilisateur à rester "vigilant" sur le choix des indicateurs qu'il souhaite renseigner en fonction de l'étape à laquelle se situe l'action (financement, conseil, changement des pratiques, résultats sur la qualité de l'eau).

Schéma 4
Une représentation
de l'approche
Pression - Etat - Réponse

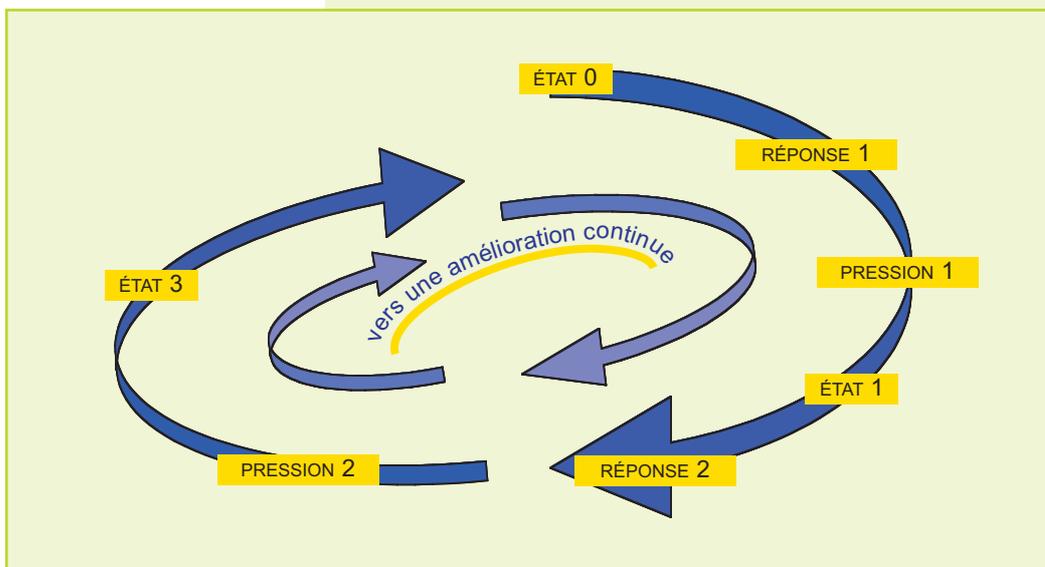
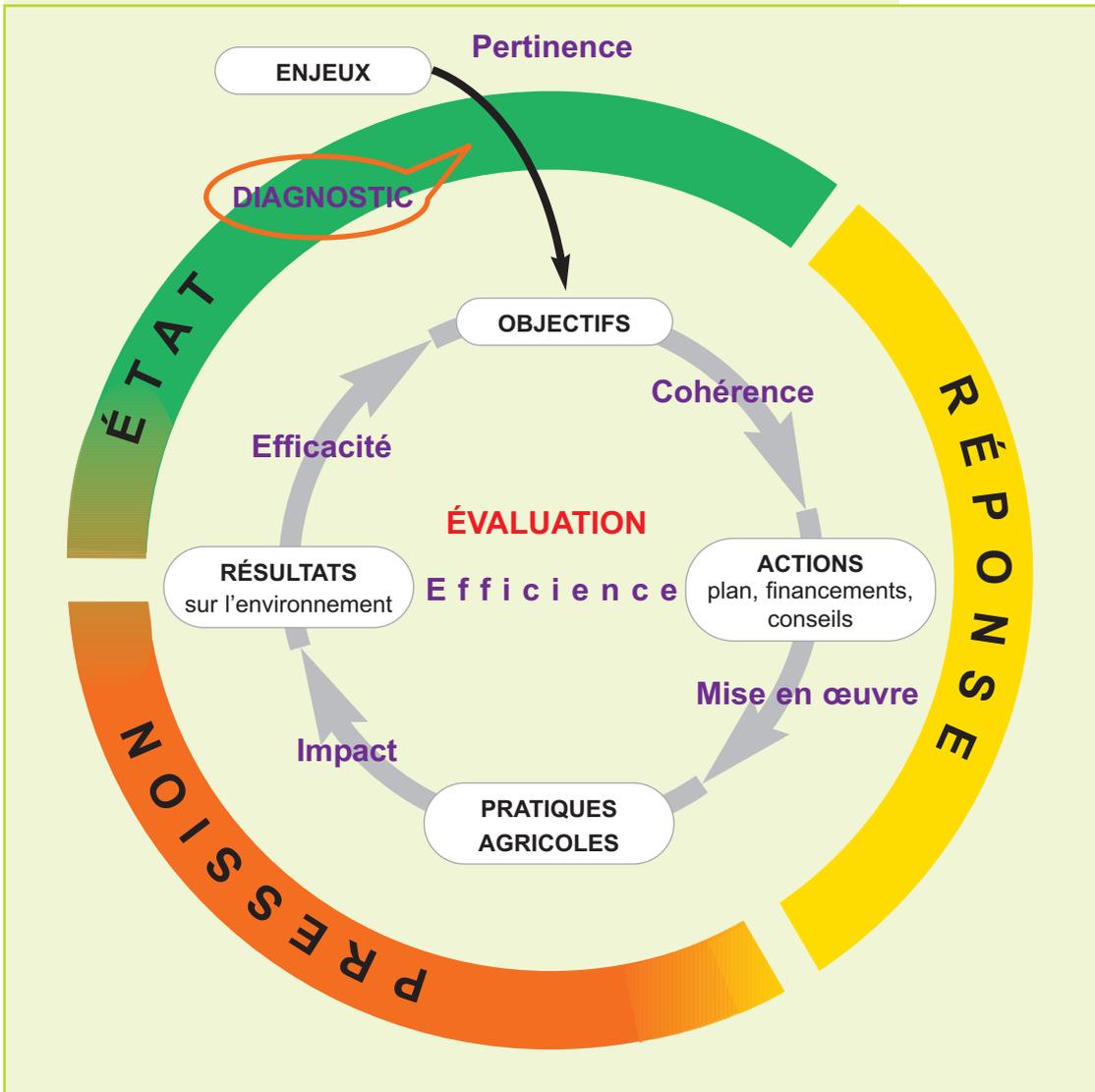


Schéma 4bis :

Une représentation de l'approche Pression - Etat - Réponse dans le cas des pollutions provenant des activités agricoles.



③ Mettre en œuvre et organiser des indicateurs dans l'espace et le temps

3.1. Les échelles spatiales privilégiées : la parcelle, l'exploitation et le territoire

Les indicateurs peuvent être mis en œuvre à différentes échelles en fonction de l'action menée et de ses objectifs :

Parcelle culturale :
unité d'émission polluante et d'intervention technique

La parcelle (ou groupe de parcelles) est une unité élémentaire d'émission diffuse des polluants azotés d'origine agricole. C'est aussi l'unité de base pour la mise en œuvre des pratiques agricoles : c'est à ce niveau que se raisonne et se réalise la gestion de l'azote (apports organiques, fertilisation minérale, gestion de l'interculture). C'est le premier niveau d'enregistrement des pratiques.

Dans ce guide, le regroupement de parcelles par culture ou système de cultures est également considéré comme une analyse à l'échelle de la parcelle (*exemple : étude des pratiques culturales chez les betteraviers français "Betterave sucrière : Evolution des Techniques et Aspects Environnementaux", ITB 2003*).

Pour les systèmes d'élevage, la notion de groupe de parcelles rassemble des parcelles dont la gestion est homogène en terme de type de couvert et de succession, d'interventions culturales (dates, doses, types d'apports de fertilisants), mais aussi de type de sol (sensibilité au lessivage, hydromorphie*).

A titre d'exemple, sur une exploitation laitière, on peut regarder s'il est possible de former des blocs homogènes parmi les pâtures des vaches laitières proches du siège (îlot 1 avec sa logique de rotation et de fertilisation), des pâtures moins intensives pour le pâturage des génisses et /ou des parcelles de fauche... ou encore chercher une clé d'entrée via le type de prairie (prairie assolée avec les cultures ou prairie permanente, prairie de graminées pures ou en association avec des légumineuses).

Par analogie, les bâtiments d'exploitation constituent le lieu principal d'émission ponctuelle de polluants azotés. Ainsi on peut y observer des pertes liées à une collecte incomplète des eaux souillées au niveau des bâtiments et des équipements de stockage, des pertes provenant d'un volume insuffisant ou d'un manque d'étanchéité des

équipements de stockage et enfin des pertes survenant au moment du remplissage et/ou du nettoyage des matériels d'épandage des effluents et des engrais minéraux.

Exploitation :

unité de responsabilité et de décision stratégique et corrective

L'échelle de l'exploitation est l'unité de décision et d'action. C'est à son niveau que l'agriculteur identifie et apprécie les risques liés à ses pratiques (lieu d'émissions ponctuelles...), fait des choix stratégiques (mise en place de cultures intermédiaires pièges à nitrates, type d'aliment...), et en détermine les modalités techniques. C'est un niveau d'enregistrement des pratiques et le premier niveau de synthèse des informations.

Par extension, le regroupement d'exploitations par type d'orientation technico-économique par exemple, sera également considéré comme un travail à l'échelle de l'exploitation (*exemple : gestion des effluents d'élevage chez les éleveurs laitiers en système "ray-grass/maïs"*).

Territoire :

unité d'appréciation de l'impact et de gestion de la ressource à protéger et de mise en oeuvre des actions collectives (bassin versant, Pays*, Petite Région Agricole*...)

C'est l'échelle de pilotage de l'action collective, où se gèrent les transferts d'azote et où se mesure la pollution. Dans le cas de la pollution de l'eau, la zone d'action pertinente en terme d'hydrogéologie est le bassin. Celui-ci désigne l'aire d'alimentation d'un cours d'eau (ou d'un plan d'eau) superficiel (bassin versant), ou d'une nappe d'eau souterraine (on parle alors d'impluvium ou de bassin d'alimentation).

Cette échelle concerne de nombreux interlocuteurs. Elle permet de :

- cerner et spatialiser les origines (agricole, urbaine, industrielle) et mécanismes des pollutions,
- réunir les acteurs impliqués et dégager un consensus sur les moyens d'action adéquats, grâce à l'échange, la confrontation des points de vue et la négociation,
- gérer collectivement l'action et lui donner sa cohérence afin d'obtenir des résultats visibles sur les ressources et les milieux.

L'action élémentaire a lieu à l'échelle de l'exploitation agricole ou de la parcelle. Le bassin versant est souvent considéré comme un regroupement d'exploitations ou de parcelles. À cette échelle, sont appréhendées les interactions entre les exploitations et le fonctionnement global du territoire (interactions entre parcelles, rôle des éléments paysagers, rôle des infrastructures...).

3.2. L'échelle de temps

L'échelle de temps intervient quand on compare une situation donnée à deux moments différents.

Les indicateurs sont influencés par les évènements survenus au cours de la période considérée.

➤ *Les facteurs climatiques*

Certains indicateurs peuvent être très sensibles aux facteurs climatiques, et donc évoluer au fil des années uniquement sous leur influence (temps climatique) ; c'est le cas notamment des soldes azotés, qui peuvent s'améliorer quand le climat est favorable à l'obtention de rendements élevés. Le climat intervient directement ou indirectement sur les quantités de polluants transférés et les concentrations. L'évolution d'indicateurs de pression et d'état doit donc être interprétée par rapport aux caractéristiques du climat.

➤ *L'occupation des sols et les pratiques culturales*

L'occupation des sols varie chaque année. L'assolement est lié au choix de successions de cultures, lui-même dépendant des opportunités et contraintes économiques. Par ailleurs, pour une même culture, les pratiques diffèrent d'une année sur l'autre en fonction du précédent cultural, du climat et des conseils. C'est pourquoi l'ensemble des successions culturales* est à considérer, et non simplement la culture en place au moment d'une enquête.

L'inertie générale du système aide à déterminer les pas de temps pertinents.

Par ailleurs, il faut tenir compte des délais nécessaires pour que les indicateurs évoluent de façon significative, et donc choisir le pas de temps en conséquence. L'inertie du système dépend :

➤ *des temps de transfert des polluants vers les milieux*

Au contraire de la pollution de l'air, qui est pratiquement instantanée (temps de transfert très court), la période nécessaire pour observer les effets d'une action sur la qualité de l'eau est extrêmement variable, de quelques semaines à quelques dizaines d'années selon les ressources. Dans ce cas, des indicateurs d'état de la qualité de l'eau, s'ils sont retenus, devront nécessairement être accompagnés d'indicateurs portant sur les pressions engendrées par les modifications de pratiques, sous peine de démotiver rapidement des acteurs.

➤ *des facteurs humains*

Les contraintes de temps sont liées

- aux moyens humains engagés pour l'action (temps nécessaire pour

effectuer les études, diffuser le conseil...),
 - à la volonté politique des acteurs locaux de s'engager dans l'action et aux échéances fixées par les décideurs,
 - à la disponibilité des agriculteurs par rapport au calendrier des travaux (implantation de CIPAN*...).

A ce temps de mise en œuvre de l'action s'ajoute l'inertie liée aux habitudes des agriculteurs comme des prescripteurs.

En conclusion, il faut rester vigilant pour éviter les dérives d'usage et ne pas faire dire à l'indicateur ce qu'il ne veut pas dire. Il est ainsi nécessaire de :

➤ prendre en compte l'ensemble des éléments auxquels l'indicateur est sensible, pour comprendre son évolution. Il s'agit d'être prudent en matière d'**interprétation** quand on compare les valeurs prises par un indicateur à des moments différents.

Par exemple : il faut disposer de données régulières pour calculer une évolution moyenne et il est nécessaire d'interpréter les fortes variations.

➤ bien choisir le **pas de temps** pour comparer une situation : annuel, à moyen terme (3 à 4 ans), à plus long terme. L'inertie liée au milieu ou aux facteurs humains aide à déterminer le pas de temps approprié. Aussi, l'évolution d'indicateurs s'interprète sur des pas de temps longs pour "lisser les valeurs" et éviter les confusions d'effets.

Par exemple : les indicateurs utilisant le rendement doivent être interprétés par rapport à l'année climatique.

➤ **ne pas se focaliser sur l'évolution de l'indicateur** et toujours avoir à l'esprit les objectifs poursuivis. La valeur de l'indicateur peut en effet s'améliorer sans que le risque diminue.

Par exemple : si la SAMO augmente mais que les effluents d'élevage sont de ce fait épandus sur des sols sensibles au lessivage, l'effet bénéfique sur l'environnement sera restreint.*

3.3. Un tableau de bord pour organiser des indicateurs et suivre leur mise en œuvre

Construire un tableau de bord est une façon d'organiser l'information fournie par les indicateurs de différentes natures et d'échelles de mise en œuvre et de la présenter sous une forme lisible et transparente aux gestionnaires et aux différents publics.

Il s'agit d'un tableau regroupant l'ensemble des indicateurs retenus, organisés entre eux pour en faciliter la lecture. L'organisation se fait par regroupement des informations fournies par les indicateurs à dif-

férents niveaux de complexité progressive. Chaque indicateur envoie un signal au niveau supérieur, fonction de la valeur qu'il a prise.

Pour de plus amples détails, se reporter à l'ouvrage "*Indicateurs et Tableaux de bord - Guide pratique pour l'évaluation environnementale*" par Girardin et al, 2005.

Une telle méthode a par exemple été développée en France pour évaluer la charte décennale d'un parc régional, pour faire le suivi d'un plan départemental de gestion des espaces ruraux, ou encore pour élaborer un observatoire de la qualité de l'eau de la nappe phréatique du Rhin supérieur.

Des indicateurs pour progresser dans l'action

Ce qu'il faut retenir

Les éléments théoriques développés dans ce chapitre permettent de comprendre comment choisir, organiser et utiliser les indicateurs selon :

- **l'étape** à laquelle se situe l'action (diagnostic, suivi, évaluation). La sélection d'indicateurs qui aura été établie doit en outre être modifiable (ajout d'un indicateur, disparition d'un autre) afin de s'adapter à la situation, notamment entre le diagnostic initial et l'évaluation.

- **les objectifs** fixés (évaluer la Pression liée aux activités agricoles, l'Etat des milieux, ou la Réponse apportée par les acteurs),

- les préoccupations et objectifs des différents **acteurs**,

- **l'échelle** d'action retenue,

- la facilité de mise en œuvre : les indicateurs sont choisis de façon à offrir le meilleur compromis entre lisibilité, pédagogie, faisabilité et moyens nécessaires. Le choix définitif peut s'effectuer par une analyse comparative des **coûts** et des **qualités** des indicateurs envisagés.

Pour suivre l'évolution d'un indicateur, il est indispensable de prendre en compte le **facteur temps**, c'est-à-dire l'influence du climat, les temps de latence liés à l'inertie du milieu et des hommes, et l'occupation du sol.

Pour comprendre les processus en jeu ou suivre une évolution, il faut toujours s'appuyer sur un **ensemble d'indicateurs** organisés entre eux, ainsi qu'aux données élémentaires prises en compte, et non se focaliser uniquement sur quelques indicateurs. Pour une meilleure lisibilité, le nombre de ces indicateurs doit être autant que faire se peut, relativement restreint.

Les indicateurs sont des **outils de diagnostic, de suivi et de partage des résultats**. En ce sens, la mise en place d'indicateurs doit aboutir à :

- une meilleure connaissance des processus de pollution et des délais nécessaires pour obtenir des résultats sur la qualité du milieu, pour que les acteurs se fixent des objectifs réalistes,
- un partage des connaissances et l'apprentissage d'un langage commun,
- une cohérence dans le long terme des actions entreprises.

Les indicateurs entrent dans un **cycle d'amélioration**, en gardant toujours à l'esprit les objectifs visés : il s'agit bien d'améliorer la situation et non les résultats de l'indicateur.

Acteurs, objectifs et usages conditionnent le choix des indicateurs.

Une fois identifiés les acteurs potentiellement concernés par l'évaluation et les étapes du programme que cela suppose d'étudier, il s'agira d'adapter les indicateurs et leur mode de présentation aux objectifs poursuivis.

CHAPITRE 2

Choisir et mettre en œuvre
les indicateurs Azote

Ce chapitre explicite la manière de choisir et d'utiliser les indicateurs azote en fonction de l'échelle de travail. Il commence par l'échelle de la parcelle qui est caractérisée par son système de culture : la succession des cultures et la conduite de chacune. Il aborde ensuite successivement les échelles de l'exploitation, puis du territoire (ici le bassin versant).

Chacun des paragraphes spécifiques à une échelle propose une liste d'indicateurs sélectionnés pour leur pertinence par rapport aux mécanismes de pollution en jeu (nitrates, ammoniac ou protoxyde d'azote). Ces paragraphes s'articulent autour de deux objectifs :

1- Connaître les processus en jeu à chaque échelle et leur associer des indicateurs

La première partie décrit les mécanismes spécifiques à chaque échelle et les illustre à l'aide de schémas. Sont abordés successivement les processus de lessivage et les émissions gazeuses sous forme d'ammoniac et de protoxyde d'azote. Les indicateurs correspondants sont positionnés dans les schémas de description des processus.

2- Choisir des indicateurs pertinents et faciles à mettre en œuvre

La deuxième partie présente une sélection d'indicateurs choisis parmi les indicateurs actuellement utilisés. Ces indicateurs ont été jugés et hiérarchisés suivant leur pertinence vis-à-vis du sujet abordé (cf. 2.2 de la partie 1) et/ou leur faisabilité, appréciées par une note de 1 à 4 :

Tableaux 2 et 3
Les critères de choix
d'un indicateur

Note	1	2	3	4
Pertinence	indicateur à éviter seul	indicateur à utiliser avec prudence	indicateur utilisable	indicateur recommandé

Note	1	2	3	4
Faisabilité	indicateur difficile à mettre en œuvre	indicateur assez difficile à mettre en œuvre	indicateur assez facile à mettre en œuvre	indicateur facile à mettre en œuvre

Il est évidemment recommandé de privilégier les indicateurs de pertinence 3 ou 4 dans la mesure du possible. Or, en général, ce qui est pertinent est plus difficile à acquérir. Dans ce cas, il faut éviter d'utiliser les indicateurs moins pertinents de façon isolée, et utiliser une gamme d'indicateurs complémentaires entre eux.

NB : Les processus en jeu et les indicateurs présentés à l'échelle de la parcelle sont parfois valables à l'échelle de l'exploitation et du territoire, mais leur description n'est pas reprise dans ce guide. C'est pourquoi nous invitons le lecteur à se référer à une ou plusieurs échelles selon ses besoins (2).

(2) Par exemple, dans le cas de l'analyse d'une exploitation céréalière, il sera pertinent d'utiliser les indicateurs à l'échelle de l'exploitation dans un premier temps, et de passer rapidement à une analyse à la parcelle.

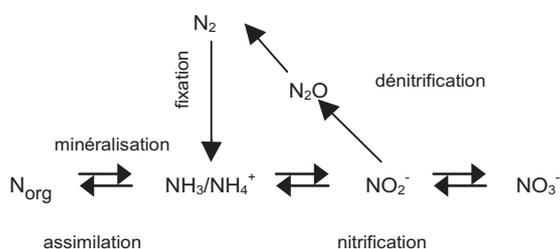
① Des indicateurs de pression à l'échelle de la parcelle

1.1. Décrire les processus en jeu

🔍 Emissions de nitrates vers les ressources en eau

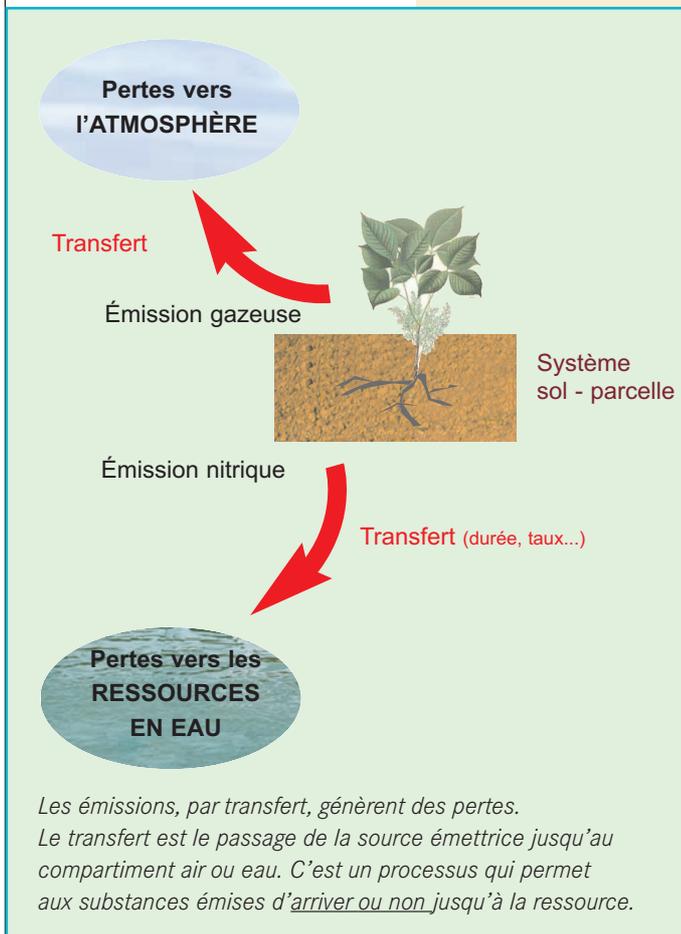
Ce transfert dépend des quantités d'azote minéral présentes dans le sol et des quantités d'eau drainées au delà des racines pendant la période de drainage (fin automne à début printemps).

Ces deux facteurs sont eux-mêmes sous influence des conditions pédoclimatiques. Celles-ci interviennent sur la minéralisation de l'azote organique du sol (type de sol, température...) et les quantités d'eau drainées (profondeur et réserve en eau du sol, pluviométrie, ...).



Rappel des processus biochimiques de transformation de l'azote dans le sol

Encadré 1
Schéma récapitulatif
illustrant les termes
"Pertès-Émission-Transfert"



Les quantités d'azote minéral présentes dans le sol au moment du drainage sont également fonction du précédent cultural (reliquat post-récolte et gestion des résidus de culture), de la couverture du sol pendant l'hiver (présence d'un sol nu, d'une culture, d'une culture intermédiaire, de repousses...) et des pratiques associées aux cultures de la succession (fertilisation, incorporation des résidus par le travail du sol, apports organiques, irrigation...).

La minéralisation de l'azote ou le lessivage de l'ion nitrate sont des phénomènes relativement lents ; pour les comprendre et les expliquer, il est essentiel de connaître la succession dans le temps des cultures et des techniques culturales. En effet, lorsqu'une culture a terminé sa phase d'absorption sans que l'azote minéral du sol ne soit épuisé, cet azote n'est pas nécessairement perdu. Plusieurs phénomènes peuvent contribuer à le recycler sous une forme moins mobile : organisation par les microorganismes qui dégradent les résidus, absorption par la culture de production suivante ou par une culture intermédiaire. Les risques dépendent donc de la culture suivante, et notamment de son effet "suivant" (selon sa capacité à piéger de l'azote avant et pendant la période de drainage).

C'est pourquoi le diagnostic ne peut se limiter à la caractérisation du seul cycle cultural (du semis de la culture à sa récolte). Il est important de resituer chaque culture dans sa succession, **au moins sous la forme d'un couple de cultures de production**. Dans cette partie, **les risques de pertes sont examinés** par couple de cultures de production correspondant à la suite : **culture précédente/interculture/culture suivante** (par exemple colza - blé ou blé - colza).

Ainsi, pour réaliser un **diagnostic ou gérer les risques** de pertes de nitrates à l'échelle de la parcelle, il est essentiel de **centrer son attention sur l'évolution des risques au cours de la succession de culture**. En effet, soit les pertes sont très uniformes dans le temps, soit elles sont concentrées à une période précise de la succession et faibles en dehors.

Dans le premier cas, le conseil sera généralisé à toutes les cultures de la succession. Dans le deuxième cas, les moyens seront concentrés sur ce qui est efficace pour réduire le risque au cours de la période

sensible : suivant les systèmes de culture et les sols, la priorité pourra être mise soit sur la maîtrise de la fertilisation (forme d'azote, dates d'apport, dose...), soit sur le piégeage de l'azote minéral disponible sur la profondeur d'enracinement avant le début du drainage. Pour ceci, les possibilités de compensation par les cultures suivantes et les cultures intermédiaires sont à valoriser (rattrapage par piégeage des nitrates).

Cette approche est importante pour cibler les actions à entreprendre et éviter la dispersion des moyens. Il n'est pas forcément utile d'assigner des objectifs de maîtrise des fuites d'azote par lessivage à tout instant du cycle cultural, c'est à dire de chercher à être parfait pour chaque culture et pendant chaque interculture. L'essentiel est d'atteindre une "pression" globale satisfaisante, en mettant en œuvre seulement les "réponses" nécessaires et suffisantes.

Par exemple, à chaque fois qu'un blé est suivi d'une culture de colza et que l'on réussit régulièrement une levée précoce du colza, il n'est pas nécessaire de trop affiner la fertilisation azotée du blé dans l'objectif de réduire les pertes de nitrates vers les ressources en eau. En effet, ces pertes dépendent peu de l'équilibre de fertilisation du blé : le piégeage de l'azote disponible par le colza levé tôt laisse peu d'azote minéral dans le sol, donc peu de lessivage de nitrates.

🔍 *Émissions gazeuses d'azote vers l'atmosphère*

Elles dépendent également des quantités d'azote minéral du sol, mais davantage de la fraction présente dans les premiers centimètres du sol. Aussi, la fertilisation et le piégeage de l'azote restent-ils des clés de la maîtrise de ces émissions.

➤ La volatilisation de l'**ammoniac** est, à la différence du lessivage, un phénomène rapide qui se produit le plus souvent dans les heures qui suivent l'épandage de fertilisants organiques. Pour les gammes de fertilisation de la pratique (0-200kg d'azote ammoniacal), on considère que la volatilisation de l'ammoniac est proportionnelle à la dose apportée. Par ailleurs, la forme d'azote et les conditions d'applications de l'engrais (2) sont déterminantes (voir encadré 2 page suivante).

➤ Les émissions de **protoxyde d'azote** se produisent principalement à partir de la dénitrification de l'ion nitrate, sous l'effet de microorganismes qui fonctionnent en anaérobiose notamment dans les premiers centimètres du sol. Le risque existe toute l'année dès que le sol est saturé d'eau en surface et que les bactéries dénitrifiantes disposent de carbone facilement décomposable (résidus de culture par exemple). Il est possible de le réduire grâce à une gestion permettant de limiter la concentration en azote minéral en surface du sol

(2) Le terme "engrais" est pris au sens large : il s'agit d'engrais minéral (de synthèse) ou organique (effluents d'élevage...).

Encadré 2

Estimation des pertes sous forme d'ammoniac de l'engrais minéral dans le logiciel de calcul de la fertilisation azotée Azofert®

Ces pertes aux dépens de l'azote de l'engrais minéral concernent les mécanismes de dénitrification et de volatilisation. Nous avons fait l'hypothèse, en première approximation, qu'en situation agricole modale de zone de grande culture, les pertes par dénitrification, qu'elles proviennent du sol et/ou de l'engrais, sont négligeables et compensées par la fixation non symbiotique. Il est vrai que dans les sols hydromorphes, les pertes d'azote par dénitrification peuvent être non négligeables ; elles seront prises en compte dans la prochaine version d'Azofert.

Les pertes par volatilisation d'ammoniac affectent le pool d'azote ammoniacal. En pratique, elles interviennent dans les quelques heures à quelques jours consécutifs aux épandages des engrais qui contiennent de l'azote sous forme uréique et/ou ammoniacale. Les pertes sont proportionnelles à la quantité d'azote apportée.

Les principaux facteurs impliqués dans le phénomène de volatilisation sont :

- le type de sol (pH, capacité d'échange cationique (CEC))
- les conditions climatiques lors de l'apport d'engrais (température à la surface du sol, humidité du sol, présence de vent)
- le type d'engrais épandu (forme physique et forme chimique)
- les modalités d'application (apport en couverture, apport localisé (enfoui))
- l'état du peuplement végétal au moment de l'apport.

Les conditions climatiques et l'état du peuplement végétal au moment des apports d'engrais ne sont pas pris en compte dans l'estimation de la volatilisation, puisque ces données sont inconnues au moment de la prévision. Toutefois, on peut considérer les cultures pour lesquelles l'apport d'engrais se fait sur la végétation (cas des cultures d'hiver) et les cultures pour lesquelles l'apport d'engrais se fait sur sol nu ou faiblement couvert (cas des cultures de printemps) et relativiser l'estimation de la volatilisation.

Exemple de l'indicateur de volatilisation proposé dans Azofert :

Les pertes par volatilisation d'ammoniac aux dépens de l'engrais correspondent à :

$$G_x = v \cdot [A]$$

v = proportion d'N volatilisé

$[A]$ = quantité d'azote ammoniacal (NAM) et uréique (NUR) apportée par l'engrais

$$[A] = [(NAM + NUR) / 100] \cdot X$$

avec X = dose d'engrais calculé par le bilan

$[A]$ varie en fonction du type d'engrais

Pour un type d'engrais donné, nous avons considéré que la proportion d'azote volatilisé varie de façon importante avec le pH du sol et est fonction de $V_{MAX}^{(1)}$.

(1) V_{MAX} = volume limite maximum d'azote volatilisé. Il dépend du type d'engrais.

Tableau récapitulatif :

pH	≤ 5.5	5.5 < pH < 8.5			≥ 8.5	
CEC (en meq/100g)	sans objet	≥ 20	< 20		sans objet	
Engrais	sans objet	sans objet	totalem ent sous forme nitrique	enfoui	en couverture	sans objet
Volatilisation	$G_x = 0$ Pas de volatilisation			$G_x = \frac{1}{2} V_{MAX} \cdot [A]$ Faible volatilisation	$G_x = V_{MAX} \cdot [A]$ Forte volatilisation	

🔍 Schémas d'appréciation du risque

Description des processus

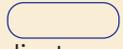
Pertes sous forme de nitrates

Page suivante, le schéma 5 présente des exemples d'indicateurs à l'échelle de la parcelle dans le cas d'une succession "colza – blé d'hiver".

Dans ce schéma, le risque est évalué à la fois "sous colza" et "après colza sous blé" :

- "sous colza" : les phénomènes de pertes sont à mettre en relation avec la quantité d'azote qui aura pu être absorbée durant l'hiver. Cette quantité dépendant de la fertilisation apportée avant l'hiver mais aussi de la capacité du colza à absorber de l'azote pendant l'hiver.
- "sous blé" : le risque de lessivage est à relier à la quantité d'azote minéral présente dans le sol après récolte du colza, ainsi qu'à la présence ou à l'absence de repousses capables de piéger de l'azote.

Les rectangles bleus  du schéma 5 font ainsi référence aux processus en jeu,

alors que les bulles  proposent des exemples de données à recueillir ou d'indicateurs relatifs à ces processus.

Ce schéma peut être créé pour d'autres couples précédents/suivants : blé/colza, blé/betterave, blé/maïs...

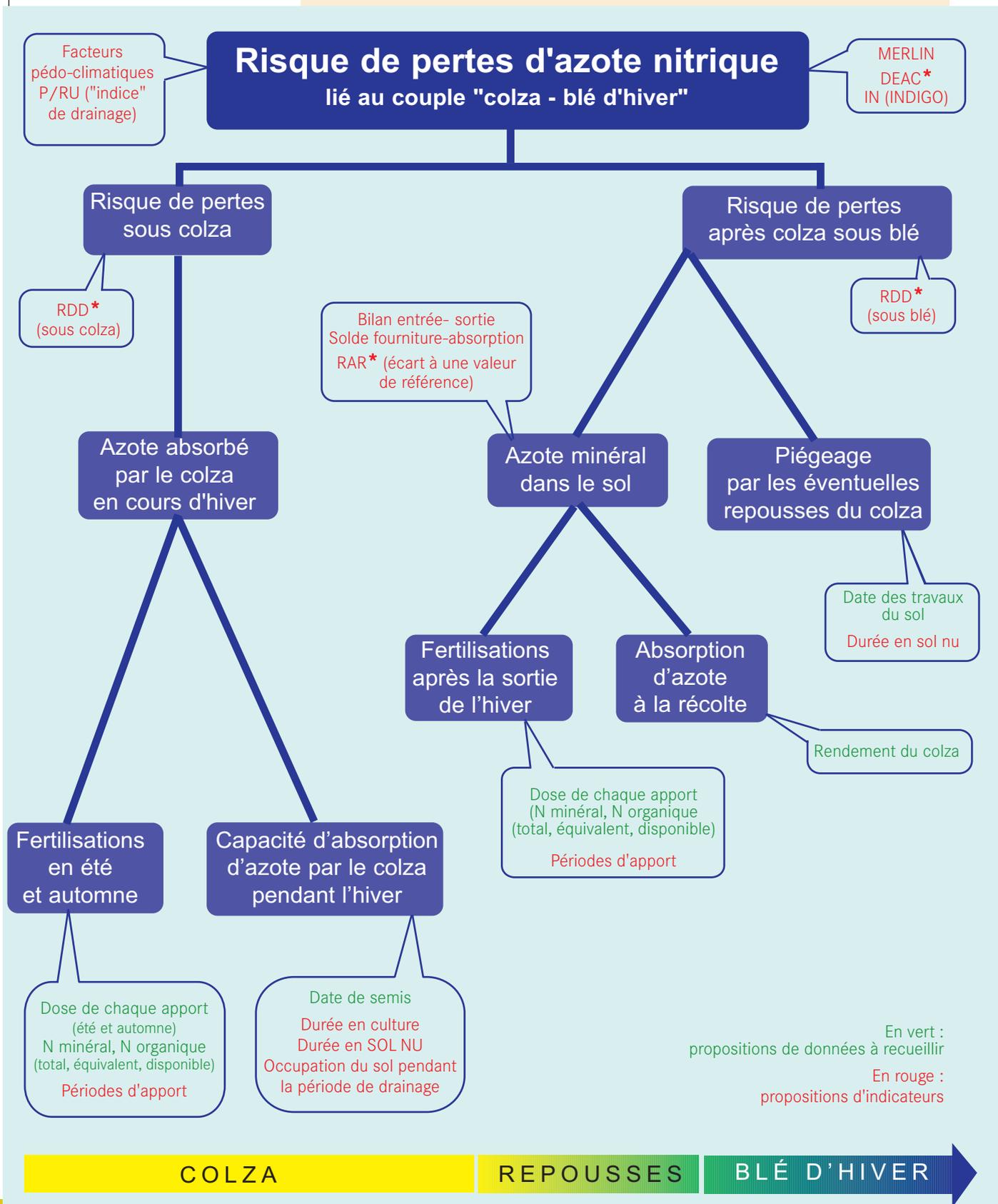


Schéma 5
Facteurs et risque de pertes d'azote sous forme de NITRATES à l'échelle de la parcelle dans le cas d'une succession de cultures "colza - blé" (exemples d'indicateurs)

Les indicateurs situés en bas du schéma sont simples à acquérir mais éloignés des impacts sur le milieu. Ils doivent être combinés entre eux. Du bas vers le haut, les indicateurs sont de plus en plus intégrés et compliqués ; ils intègrent les processus et deviennent de bons indicateurs de l'impact des pratiques au prix d'une perte de précision. L'indicateur qui est situé le plus haut correspond à l'indicateur de pression le plus pertinent pour estimer les risques de perte de nitrate, il s'agit de la concentration des eaux de percolation au-delà du front racinaire, qui peut être estimée par un modèle.

A l'échelle de la parcelle, les indicateurs de pertes de nitrates devront prendre en compte le couple : culture précédente/interculture/culture suivante.

Cette approche est très importante pour cibler les actions à entreprendre et éviter la dispersion des moyens. Il ne faut pas chercher à être "parfait" pour chaque culture et interculture, mais plutôt viser une "pression" globale satisfaisante sur l'ensemble de la succession des cultures.

D'autre part, il ne faut pas oublier l'importance des facteurs pédo-climatiques, qui interviennent directement sur le drainage et donc sur la potentialité de lessivage.

Pertes sous forme d'ammoniac et de protoxyde d'azote

Par opposition aux pertes sous forme de nitrates, les phénomènes impliqués ici sont très rapides et fugaces. Les principaux facteurs à prendre en compte sont le type de fertilisant, les formes d'azote qui le composent et le mode d'épandage et d'incorporation.

1.2. Choisir et mettre en œuvre les indicateurs

Une série d'indicateurs de pression pertinents pour travailler à l'échelle de la parcelle est proposée ici. Ces indicateurs ont été jugés et hiérarchisés suivant leur faisabilité ainsi que leur pertinence.

Dans les tableaux figurent les indicateurs permettant d'estimer au moins partiellement les risques de pertes, sans mentionner les données de base à collecter pour les calculer, comme le rendement, ou la dose de chaque apport d'engrais par exemple.

Les indicateurs qui décrivent ou estiment l'état de la parcelle (couverture du sol, soldes azotés et indicateurs issus de modèles) sont plus pertinents que les indicateurs qui décrivent seulement les pratiques de fertilisation (fractionnement...).

Quelques recommandations pour l'utilisation de ces indicateurs

Pour les indicateurs de pertinence 1 ou 2, il est nécessaire de faire appel à un ensemble d'indicateurs. En effet, il faut éviter d'utiliser les indicateurs moins pertinents de façon isolée, et préférer une gamme d'indicateurs complémentaires entre eux.

Ces ensembles d'indicateurs restent difficiles à interpréter : plus les indicateurs sont nombreux, plus ils risquent de donner des indications divergentes, ce qui ne facilite pas les décisions. On recommande ainsi de combiner des indicateurs élémentaires au sein d'un tableau de bord (ex : charte colza), ou d'utiliser des indices (Merlin, Indigo, DEAC).

Dans la pratique, à l'échelle de la parcelle, on utilise souvent un indicateur développé pour travailler à des échelles plus vastes : le solde apport-export (ou entrée-sortie). Il est déconseillé de l'utiliser à l'échelle de la parcelle sans prendre un certain nombre de précautions. En effet, il présente des défauts qui conduisent fréquemment à des erreurs de jugement : il ne prend en compte que la culture de production sans tenir compte de ses complémentarités avec la culture précédente et la culture suivante, il ne prend pas en compte les cultures intermédiaires, néglige les variations d'azote sous forme organique. (cf. fiche 13 "Solde CORPEN" pour plus de précisions).

➤ Les indicateurs de pression des pertes de nitrates vers les ressources en eau

L'indicateur de pression considéré ici comme le plus pertinent pour estimer les risques de perte de nitrates est la concentration des eaux de percolation au-delà du front racinaire. Or, en dehors d'opérations de recherche, ces mesures sont trop coûteuses à réaliser. D'où un besoin d'indicateurs pour les estimer indirectement afin d'établir le lien avec les indicateurs d'état des ressources en eau.

Des indicateurs de pression visant à estimer les quantités ou les concentrations en nitrates des eaux qui percolent au-delà des racines sont proposés ci-dessous. Ils sont construits à partir des pratiques agricoles déterminantes sur les flux d'azote minéral dans le sol (succession des cultures de production et des cultures intermédiaires, fertilisations, gestion des matières organiques...), mais aussi en fonction du sol et du climat.

Tableau 4
Indicateurs de pression des pertes de nitrates vers l'eau à l'échelle de la parcelle

Facteurs	N° de fiche à consulter	Intitulé	Pertinence agronomique	Faisabilité
Fertilisation azotée	Fiche n°9	N minéral apporté	1	4
	Fiche n°10	N apporté disponible	1	3
	Fiche n°11	Nombre d'apports d'azote (organique et minéral)	1	3
	Fiche n°19	Ecart au conseil	2	3
	Fiche n°12	Périodes d'apport	1	3
	Fiche n°17	JPP (jours de présence au pâturage) en jours UGB/ha/an	3	2
Couverture du sol	Fiche n°5	Durée annuelle en Cult. de production (CP), Cult. Intermédiaire (CI) et sol nu (SN)	2	4
Estimation des pertes d'azote		Quantités d'azote minéral dans le sol : reliquat à la récolte ou RAR (mesures/modèles)	3	2
		Quantités d'azote minéral dans le sol : reliquat sortie hiver ou RSH* (mesures/modèles)	1	2
		Quantités d'azote minéral dans le sol : reliquat début drainage ou RDD (mesures/modèles)	4	2
	Fiche n°13	Solde CORPEN	2	3
	Fiche n°14	Bilan fourniture-absorption : EQUIF	3	2
	Fiche n°20	Méthode d'estimation des risques de pertes d'azote par lessivage : MERLIN	4	3*
	Fiche n°21	Modèle d'estimation des pertes d'azote : I _N d'INDIGO	4	3*
	Fiche n°22	Modèle d'estimation des pertes d'azote par lessivage : DEAC	4	3*

Pertinence notée de 1 (indicateur à éviter seul) à 4 (indicateur recommandé)

Faisabilité notée de 1 (indicateur difficile à mettre en œuvre) à 4 (indicateur facile à mettre en œuvre)

* une fois le paramétrage réalisé

② Des indicateurs de pression à l'échelle de l'exploitation

L'exploitation est le lieu où se gèrent des flux d'azote et où se prennent les décisions :

- Achat d'azote sous forme d'engrais de synthèse, d'amendements organiques et d'aliments du bétail,
- Gestion des effluents,
- Fertilisation des cultures,
- Implantation de cultures intermédiaires.

Au sein de son exploitation, l'agriculteur combine une ou plusieurs productions selon son orientation (céréalière, maraîchère, éleveur de bovins, de porcins, de volailles, mixte, ...), la demande du marché, les aptitudes du milieu à telle ou telle production et la rentabilité comparée entre les productions. L'exploitant a ensuite à faire ses choix d'intrants, et notamment d'achat d'azote. De ce fait, l'exploitation est une échelle pertinente pour définir des actions visant à améliorer les pratiques agricoles.

A l'échelle de l'exploitation, il convient de prendre en compte :

- L'ensemble des parcelles pour une exploitation sans élevage,
- Les animaux, les bâtiments, les dispositifs de stockage des effluents et les parcelles (notamment celles concernées par le plan d'épandage, qu'elles soient exploitées en propre ou mises à disposition) pour une exploitation avec élevage.

2.1. Décrire les processus en jeu

Les pertes, quelles que soient leur nature et leur quantité, sont directement liées à la gestion globale de l'azote au sein de l'exploitation. Ces pertes, diffuses ou ponctuelles, sont susceptibles d'affecter les ressources naturelles que sont l'eau et l'air.

⇒ Emissions de nitrates vers les ressources en eau

Les schémas 6 à 8 représentent les principales articulations entre les composantes du risque de lessivage au sein des types d'exploitations suivants :

- sans élevage et sans apport organique,
- sans élevage mais apport d'effluents agro-industriels ou urbains,
- polyculture-élevage.

Dans ces trois schémas, les rectangles bleus et gris font référence aux processus en jeu, alors que les bulles à fond jaune, proposent des exemples d'indicateurs relatifs à ces processus.

Ces schémas distinguent deux types de pollution de l'eau : la **pollution ponctuelle*** sur la partie gauche et la **pollution diffuse*** sur la partie droite. La pollution ponctuelle se situe au niveau du siège de l'exploitation (fuites au niveau des bâtiments d'élevage et du stockage des effluents). La pollution diffuse est émise à partir du sol par lessivage ou ruissellement au niveau des parcelles. Le lien entre les deux niveaux d'analyse se fait par l'intermédiaire des effluents produits au niveau des bâtiments et épandus sur les parcelles.

Pour la **pollution ponctuelle**, les fuites d'azote peuvent être liées :

- à une imperméabilisation insuffisante des surfaces des bâtiments,
- à une collecte non intégrale des effluents,
- à des capacités de stockage des effluents insuffisantes,
- ou à certaines opérations d'épandage (projection, proximité des cours d'eau, dérive, gestion de fond de cuve...).

Les mécanismes qui génèrent la **pollution diffuse** sont la résultante de la gestion globale de l'azote sur l'exploitation et des pratiques culturales associées aux différents systèmes de culture. A cette échelle, le risque potentiel est pris en compte sans entrer dans le détail du cycle de l'azote dans le sol qui aboutit à la pollution effective. La parcelle reste la seule échelle à laquelle on peut détailler les mécanismes précis et définir des indicateurs de pression plus ou moins directement corrélés aux indicateurs d'état mesurés à l'échelle du territoire.

» Emissions sous forme d'azote ammoniacal vers l'atmosphère

Les émissions gazeuses dans les bâtiments d'élevage constituent une source de **pollution ponctuelle** vers l'air, tandis que l'émission d'azote dans les parcelles est **diffuse**.

Pour les élevages de porcs et de volailles, il existe un ensemble d'indicateurs spécifiques, mis au point dans le cadre de la déclaration annuelle des émissions polluantes (émission annuelle de NH_3 dans l'air pour les élevages de porc, fiche indicateur n°18). Il prend en compte le système d'élevage, le régime d'alimentation, les caractéristiques de stockage de traitement et d'épandage et des dispositifs spécifiques.

Si certains indicateurs prennent en compte dans leur calcul la part d'azote volatilisé : cas de l'indicateur "bilan simplifié" (indicateur n°16), on peut être tenté de les comparer à d'autres indicateurs relatifs aux quantités d'azote à gérer (solde CORPEN (fiche n°13) ou BGA* (fiche n°13bis)), pour en déduire la quantité d'azote «manquante» sensée représenter les pertes par volatilisation (une fois les pertes ponctuelles maîtrisées). **Cette démarche déductive est erronée dans la mesure où les termes permettant de construire ces différents indicateurs ne sont pas strictement les mêmes.**

Risque de pertes d'azote

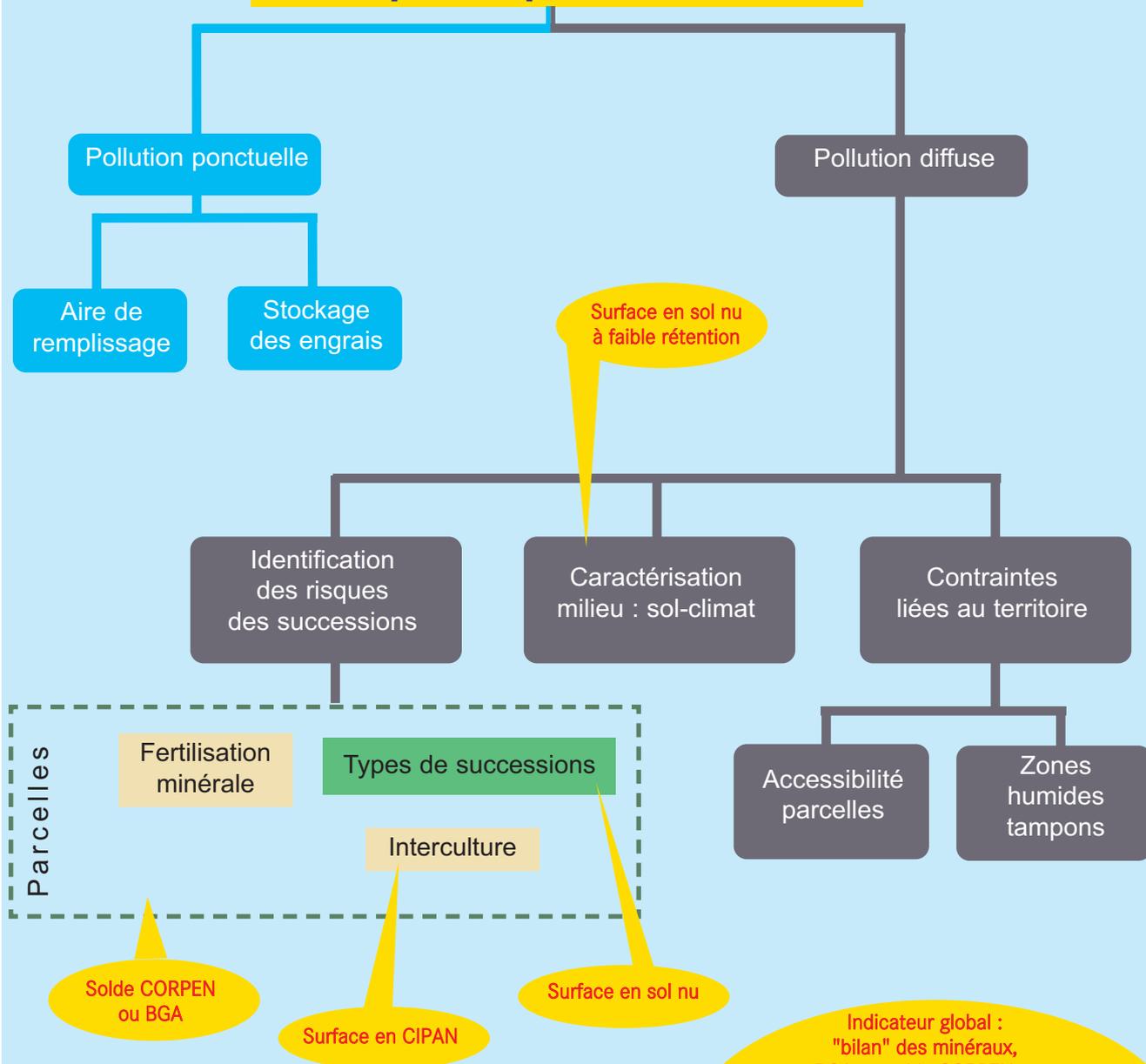
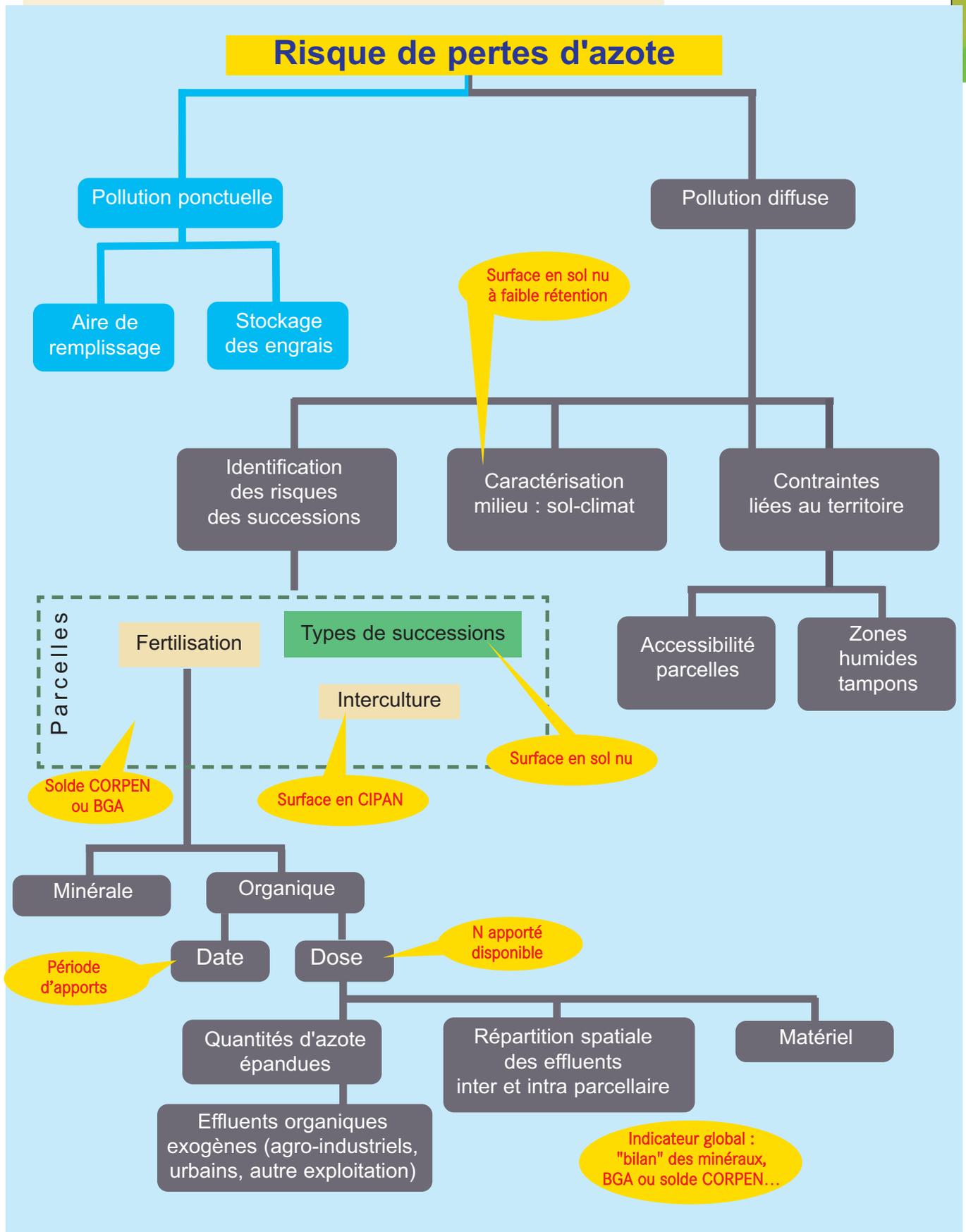


Schéma 6
Risque de pertes pour une exploitation sans élevage et sans apport organique (exemple d'indicateurs)

Cet indicateur permet avant toute chose, de révéler un éventuel déséquilibre au niveau de la gestion globale de l'azote sur l'exploitation. C'est pourquoi, il n'est pas rattaché à un poste particulier du schéma.



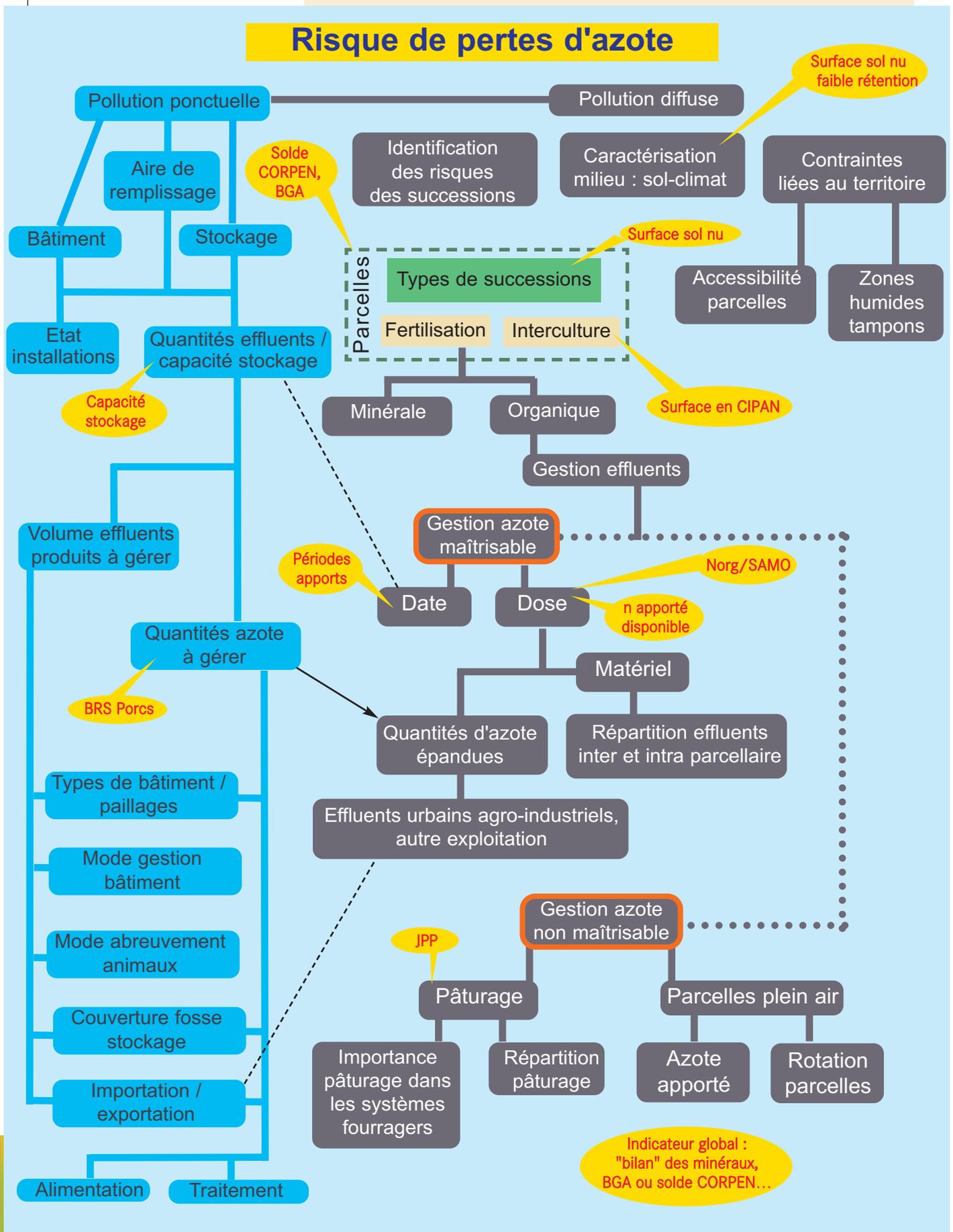


Schéma 8
Risque de pertes pour une exploitation "polyculture-élevage"

2.2. Choisir et mettre en œuvre les indicateurs

La démarche de diagnostic et d'évaluation doit prendre en compte l'ensemble des éléments liés au siège d'exploitation, les caractéristiques physiques des parcelles et les modalités de gestion de l'azote minéral, organique maîtrisable et non maîtrisable.

Quatre pôles font l'objet de définition d'indicateurs à l'échelle de l'exploitation :

- Les caractéristiques du milieu avec notamment les contraintes liées au territoire,
- La typologie et la gestion des successions culturales,
- La fertilisation des cultures intégrant la gestion des effluents en terme d'azote maîtrisable et non maîtrisable,
- Les bâtiments et le stockage des effluents de l'exploitation.

Pour le cas le plus complexe d'une exploitation de polyculture-élevage, le déroulement du diagnostic est le suivant : sont d'abord considérés les indicateurs globaux qui permettent d'identifier un déséquilibre structurel ou conjoncturel du solde "entrée-sortie". Ensuite, sont mis en œuvre les indicateurs relatifs aux risques de pollution ponctuelle. Puis, une fois évaluées les quantités d'azote des effluents d'élevage à épandre, les indicateurs relatifs au risque de pollution diffuse sont examinés.

Les soldes calculés à l'échelle de l'exploitation

A l'échelle de l'exploitation, l'analyse de la gestion de l'azote intègre le niveau global de fertilisation par rapport aux exportations des cultures (solde CORPEN ou BGA). De la même façon, le "bilan" des minéraux est un solde très intégrateur qui révèle un déséquilibre éventuel au niveau de la gestion globale de l'azote en lien avec les achats et ventes de l'exploitation.

Ces soldes présentent des limites et il faut rester vigilant quant à leur interprétation : un solde ne permet pas de qualifier les pertes (air / eau, diffus / ponctuel, court terme / long terme). Il peut rarement être interprété sans être comparé à ceux d'autres exploitations de même type situées dans des contextes voisins. C'est surtout l'analyse des différents postes du bilan qui permet d'identifier les voies d'amélioration.

Les risques de pollution ponctuelle vers les eaux

Au moins un indicateur de pression est identifié :

- la capacité de stockage existante / la capacité souhaitable.

BILAN ou SOLDE : des notions à ne pas confondre

Le terme “bilan”, adapté à l’azote, traduit au départ dans l’équation du “**bilan de masse**” la conservation de la masse c’est à dire l’équilibre, sur une période donnée, entre la variation de stock et la différence de flux. Appliqué à la quantité d’azote dans le sol, ce bilan peut s’écrire de la manière très simplifiée suivante :

stock final - stock initial = flux entrant - flux sortant, soit :

$$\text{RAR} - \text{RSH} = \text{apports N par sol et engrais} - \text{consommation par plantes}$$

De cette écriture, on a tiré le **bilan prévisionnel** qui permet de calculer la dose d’engrais à apporter en estimant a priori les autres postes du bilan (fixant une valeur de RAR minimale incompressible).

Par extension, on a calculé des indicateurs de type **bilans a posteriori** en prenant :

$$\begin{aligned} \text{Bilan a posteriori} &= (\text{stock initial} + \text{flux entrant}) - (\text{stock final} + \text{flux sortant}), \text{ soit :} \\ &= (\text{RSH} + \text{apports N par le sol et les engrais}) - (\text{RAR} + \text{consommation par plantes}) \end{aligned}$$

Ce calcul traduit la variation de la quantité d’azote dans le système : au départ, on prend surtout en compte le sol comme système mais en fait on sait désormais que les émissions sont aussi gazeuses.

Par ailleurs, pour une autre échelle, a été défini le “**bilan CORPEN**” que nous préférons appeler “**solde CORPEN**” et qui s’écrit par différence nette entre entrées et sorties, et considère le sol comme une boîte noire : la variation de stock d’azote dans le sol sur la période de calcul est ignorée.

Solde = entrées d’azote - sorties d’azote

$$= \text{apports d’engrais} - \text{exportation par les récoltes}$$

L’interprétation de ce solde et de son évolution permet de repérer des forts déséquilibres mais n’est pertinente que dans des situations où la variation de stock de matière organique peut être négligée.

Pour de plus amples informations, se reporter à la bibliographie en fin de document (voir références 11 et 27)

Les indicateurs de gestion des effluents

La quantité d’azote organique à gérer sur l’exploitation prend en compte les quantités d’azote organique exportées, importées ou traitées, ainsi que celles produites par le cheptel (Azote organique maîtrisable/SAMO).

Les quantités d’azote organique épandues mécaniquement sont appelées “azote maîtrisable”. L’azote maîtrisable intervient comme la part organique de la fertilisation des parcelles de l’exploitation. L’évaluation de la maîtrise des effluents organiques prend en compte les dates d’apport (indicateur "périodes d'apport"), les doses (Azote organique/SAMO), la répartition spatiale des effluents (SAMO/ SE*) et le matériel utilisé.

La quantité d'azote non maîtrisable correspond à l'azote épandu par les animaux eux-mêmes, soit lors du pâturage (JPP = Jours de Présence au Pâturage), soit sur des parcelles "plein air".

Analyser la pollution diffuse à l'échelle de l'exploitation suppose enfin :

- d'estimer la part de l'azote organique minéralisé selon les années (références sous forme de tables)
- d'analyser les types de succession (surfaces en sol nu) et la gestion des intercultures (surfaces en CIPAN).
- de croiser les risques liés aux successions avec les caractéristiques physiques du milieu (surfaces en sol nu à faible rétention) et les contraintes liées au territoire (distances d'épandage...).

Les indicateurs ayant la même expression, mais calculés différemment selon le numérateur et le dénominateur, ont été regroupés. Par exemple, pour l'indicateur "Norg/SR" (voir fiche n° 7 page 72), le numérateur peut être la quantité d'effluents en tonnes, la quantité d'azote d'origine organique total, ou celle maîtrisable. Le dénominateur, qui est la surface de référence, peut être la SAMO, la SPE* ou la SDN (Surface Directive Nitrates qui ajoute les prairies pâturées à la SPE).

La démarche de diagnostic et d'évaluation à l'échelle de l'exploitation peut avoir pour objectif :

- une simple quantification des risques de pertes globales de l'exploitation, dans le cadre d'un état des lieux, d'une comparaison d'exploitations ou de systèmes de production les uns par rapport aux autres. On considère alors l'exploitation comme une "boîte noire" où entrent et sortent des flux d'azote (calcul d'un solde azoté).
- l'analyse des risques de pertes en lien avec la gestion de l'azote conduite à l'échelle de l'exploitation. Il s'agit dans ce cas d'identifier les mécanismes responsables des émissions d'azote en vue d'une amélioration des pratiques (analyse des termes d'un bilan de l'azote).

Choix des indicateurs

Pour établir un diagnostic et évaluer l'action, on est amené à mettre en œuvre une batterie d'indicateurs, ces derniers s'enchaînant logiquement de façon à conserver le lien entre les flux et les pertes générés par les pratiques et la configuration de l'exploitation.

Les indicateurs présentés ici relèvent déjà d'un choix opéré parmi un éventail plus large d'informations ou de données couramment utilisées dans la pratique. Cette liste n'est pas exhaustive et pourrait être complétée pour répondre à des cas spécifiques.

Ces indicateurs sont interdépendants et renseignent sur l'ensemble des processus intervenant dans le fonctionnement d'une exploitation. Certains d'entre eux combinent des éléments structurels et conjoncturels de l'exploitation.

Les indicateurs retenus sont tous des indicateurs de pression. Il faut noter qu'à l'échelle de l'exploitation, les indicateurs de pression ne sont pas directement corrélés aux indicateurs d'état pris en compte à l'échelle du territoire, hormis le cas particulier d'une exploitation assez vaste pour se superposer à l'entité hydrologique étudiée.

Quelques recommandations pour l'utilisation de ces indicateurs

Le *diagnostic* met en œuvre l'ensemble des indicateurs retenus relativement au système d'exploitation. Sauf cas particulier, il sera établi non pas sur une année, mais en compilant les données de l'exploitation sur une période pluriannuelle de façon à ne pas donner trop de poids à l'effet "année", tant au niveau climatique qu'économique. Ce diagnostic identifie l'origine des risques de pollution à l'échelle de l'exploitation et les priorités d'action. Il permet d'orienter la démarche d'évaluation, en terme de modalité de suivi d'indicateurs.

La démarche d'*évaluation* soulève des questions spécifiques.

Si l'objectif de l'évaluation est de juger de l'efficacité d'un programme, il faut donc mettre en place dès le départ des éléments relatifs à la structure, aux systèmes et aux pratiques.

La variation d'indicateurs sur une période donnée peut être due à des modifications de pratiques comme à des évolutions de structure et du contexte. Un changement des flux d'azote peut ainsi résulter de modifications des pratiques -à système constant - ou d'un changement du système. Une évaluation qui ne prend pas en compte les modifications du système au cours du temps ne peut pas déboucher sur un nouveau diagnostic de la pression polluante, ni évaluer l'efficacité des mesures prises, ni permettre de bâtir un nouveau programme d'action.

Si l'on constate une évolution des structures d'exploitation (nature des productions animales ou végétales), il est nécessaire de redéfinir l'objectif de l'action et donc les priorités. L'efficacité du programme sera jugée sur ces priorités. A partir de là, il est possible d'évaluer l'évolution de la pression sur l'environnement, le degré de prise de conscience et la réponse des opérateurs...

L'ensemble des indicateurs est à renseigner fréquemment pour intégrer les évolutions. Or, l'augmentation de la fréquence des études d'évaluation entraîne une augmentation des coûts. On se limitera plutôt au recueil régulier des données dans le temps, quitte à réaliser des évaluations sur un pas de temps plus grand. Ceci permet de traiter des données pluri-annuelles au moment de la mise en œuvre de l'évaluation.

Le caractère intégrateur des indicateurs présentés rend difficile l'identification précise des causes de leur variation. De ce fait, ils ne permettent pas le pilotage de l'azote à l'exploitation sur un pas de temps court. Ceci n'est pas gênant dans la mesure où la gestion globale du

système d'exploitation ne permet pas de gérer l'azote sur une période inférieure à l'année.

Ces indicateurs ne donnent pas directement les évolutions des pratiques à l'intérieur du système mais ils peuvent les orienter et témoigneront de leur changement.

Cependant, comme certains d'entre eux concernent plusieurs postes, on prendra soin de vérifier qu'une mesure prise sur un poste ne dégrade pas un autre poste sur l'exploitation elle-même ou sur une exploitation voisine (en cas de cession d'effluents ou de mise à disposition de parcelles).

Tableau 5
Indicateurs de pression retenus à l'échelle de l'exploitation agricole.

(A cette échelle, il est difficile d'attribuer une note de pertinence, qui va varier si l'on se situe par rapport à l'impact ou par rapport à l'action).

Facteurs	N° de fiche à consulter	Intitulé	FAISABILITE (cf valeur des notes page 32)
Fertilisation azotée	Fiche n°7	Norganique / SAMO (surface amendée en matières organiques)	4
	Fiche n°8	SAMO / SPE (surface potentiellement épandable)	4
	Fiche n°6	Capacité stockage existant / nécessaire	4*
	Fiche n°10	N apporté disponible	3
	Fiche n°12	Périodes d'apports	3
	Fiche n°17	JPP (jours de présence au pâturage) en jours UGB/ha/an	2
Couverture du sol	Fiche n°2	Surface en sol nu	4
	Fiche n°3	Surface en sol nu à faible rétention	3
	Fiche n°4	Surface en CIPAN	4
		% SAU en PT (prairie temporaire) et PP (prairie permanente)	4
		% annuel de la SAU en PT (prairie temporaire) et PP (prairie permanente) retournée	4
		% SAU en prairies fauchées non pâturées	4
Estimation des pertes d'azote	Fiche n°13 et 13 bis	Solde entrées-sorties (CORPEN, BGA)	3
	Fiche n°14	Bilan fourniture-absorption : EQUIF	2
	Fiche n°15	"Bilan" des minéraux ou "bilan" apparent de l'azote	3
	Fiche n°16	"Bilan" réel simplifié Porcs (BRS Porcs)	4
	Fiche n°18	Volatilisation ammoniacale porcs et volailles	4
	Fiche n°20	Méthode d'estimation des risques de pertes d'azote par lessivage : MERLIN	3**
	Fiche n°21	Modèle d'estimation des pertes d'azote : I _N d'INDIGO	3**
	Fiche n°22	Modèle d'estimation des pertes d'azote par lessivage : DEAC	3**

* si DEXEL réalisé

** une fois le paramétrage réalisé

Les données permettant de construire les indicateurs sont généralement disponibles au niveau de la comptabilité de l'exploitation (factures, ...) et des documents d'enregistrement (plan d'épandage, plan de fumure, cahier de fertilisation, fiches de "gestion technico-économique", fiches de traçabilité, analyses d'effluents, d'aliments,...). Lorsqu'on utilise des documents existants, il faut veiller à la cohérence dans le temps des données utilisées (ex : évolution de la SAMO d'une année à l'autre, ...).

A l'échelle de l'exploitation, l'étape première est le calcul d'un "bilan" (fiches n°13 ou 15...) qui permet de révéler un éventuel déséquilibre au niveau de la gestion globale de l'azote. Il faut ensuite affiner la démarche, pour savoir où agir, en identifiant les éléments qui participent le plus aux phénomènes de pollution.

3 Des indicateurs de pression à l'échelle d'un territoire

Dans ce guide, le territoire est vu comme un espace géographique continu comprenant l'ensemble des parcelles agricoles, ainsi que les routes, forêts, habitations et le réseau hydrographique.

Cette définition recouvre une diversité d'aires géographiques : zone cohérente sur les plans hydrologique (bassin d'alimentation, bassin versant), administratif (communes, cantons...) ou de la gestion des services (syndicat d'eau...).

La taille d'un territoire peut ainsi varier d'une centaine d'hectares à plusieurs milliers (d'un bassin versant à un grand bassin de rivière, un fleuve ou une nappe...).

3.1. Décrire les processus en jeu

Les spécificités liées à l'échelle du territoire

Cette échelle présente des caractéristiques et spécificités propres qu'il est important d'avoir à l'esprit :

► **Le territoire n'est pas une simple somme de parcelles ou d'exploitations.**

Il existe souvent une portion plus ou moins grande concernée par des activités non agricoles ou encore des zones naturelles. Par ailleurs, il est fréquent que seule une partie des exploitations soit concernée par le territoire étudié, notamment sur des petits bassins versants.

► **Une diversité de sources de pollution : agricoles et non agricoles.**

A cette échelle, aux sources de pollution agricoles peuvent s'ajouter

d'autres sources liées à l'assainissement urbain, à la voirie, à la présence de décharges, à certaines industries, ... Le diagnostic initial doit essayer d'en estimer le poids, par des indicateurs ou variables explicatives pertinentes. Par contre, le présent guide ne proposera pas d'indicateurs de suivi et d'évaluation plus complets de ces autres sources.

Des données telles que la part de la SAU dans la surface totale du territoire ou la part des forêts dans la surface totale permettent d'estimer l'importance de l'activité agricole sur un secteur. Elles doivent être intégrées d'emblée dans les diagnostics initiaux et participent à l'établissement des priorités d'action. Elles seront suivies lors des évaluations successives.

🔍 **Des phénomènes d'interactions entre situations.**

Cette notion, déjà présente à l'échelle de l'exploitation, prend toute sa signification sur un territoire. L'interaction spatiale entre situations peut y être très importante : agencement des parcelles entre elles, interactions entre parcelles ou avec les autres occupations du sol, phénomènes de limitation ou d'accélération des transferts liés à des zones particulières (zones tampons, bords de cours d'eau, ruisseaux...). En outre, cette caractéristique permet de gagner des "degrés de liberté" dans la gestion de l'azote : une performance environnementale acceptable sur un territoire peut ainsi être obtenue de façon globale, en s'appuyant sur ces interactions, sans viser l'excellence sur chaque parcelle du territoire.

🔍 **L'exhaustivité de l'information : une utopie à cette échelle.**

A moins de disposer de moyens humains et financiers considérables, l'exhaustivité de la connaissance des acteurs et de leurs pratiques est plutôt une utopie à cette échelle. A l'exception des petits bassins versants cultivés par peu d'agriculteurs, il est nécessaire de travailler par échantillonnage et extrapolation.

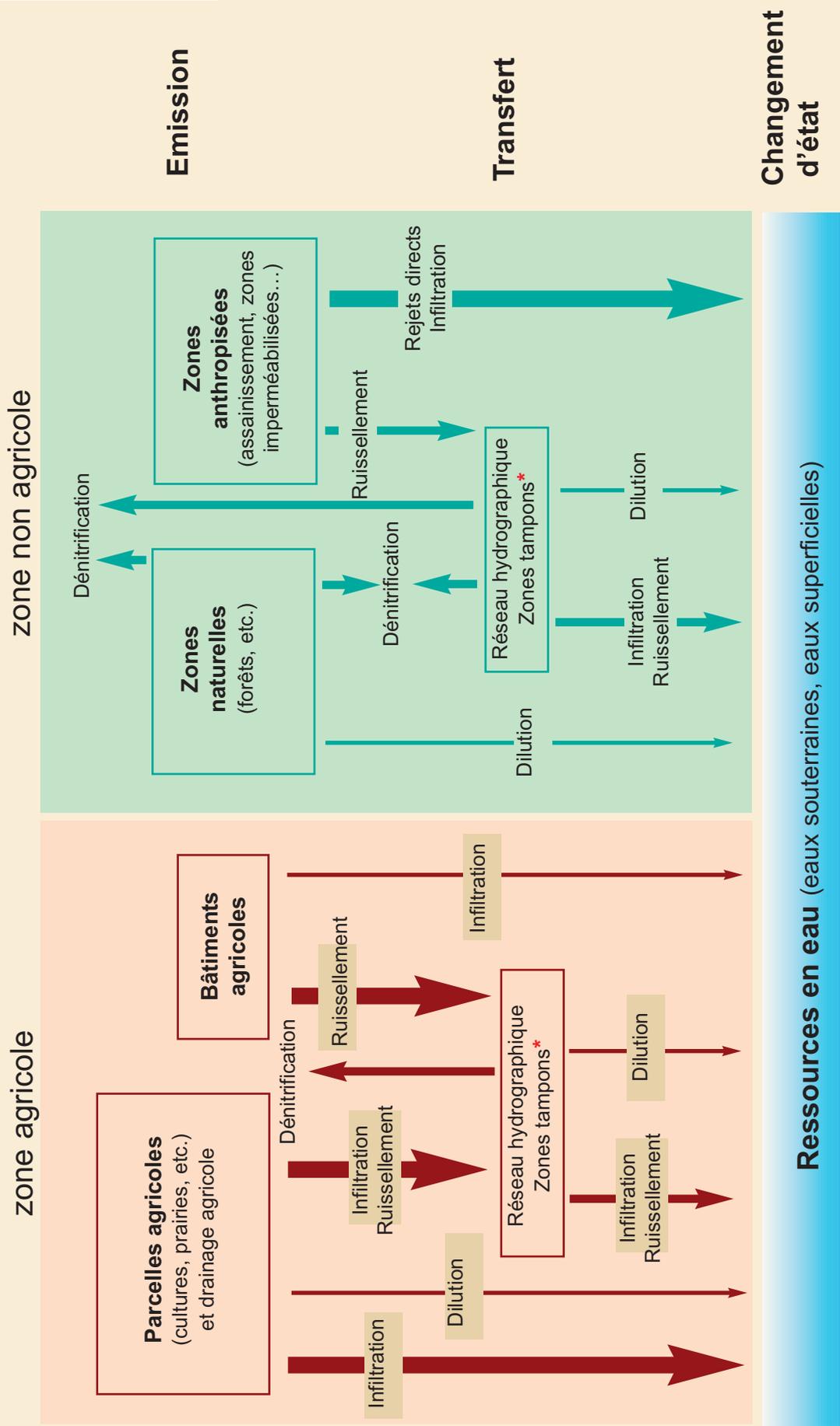
🔍 **Une diversité d'acteurs : agricoles et non agricoles.**

Les agriculteurs exploitent souvent la majeure partie du territoire, mais les acteurs non agricoles ont un poids croissant dans la gestion de ce territoire. Le public ciblé est donc diversifié, ce qui oblige à être clair sur le ou les objectifs poursuivis et à être vigilant sur la façon de communiquer sur ces objectifs.

Schématiser le territoire pour agir

En se basant sur les spécificités évoquées, il est possible de dresser le schéma 9 suivant, qui distingue les principaux processus conduisant à différentes voies de transfert vers la ressource en eau (eaux souterraines, eaux de surface).

Schéma 9
Principaux processus agissant sur les flux d'azote vers l'eau à l'échelle du territoire



A l'intérieur de chaque zone, l'épaisseur des flèches est proportionnelle à l'importance des flux d'azote. Ils sont variables selon les caractéristiques du territoire. Les parcelles drainées peuvent également entraîner un transfert rapide directement vers les ressources en eau ou via le réseau hydrographique et les zones tampons. Différentes voies de pertes peuvent être compensées en partie par des zones de dilution (infiltration d'eau peu chargée en nitrates) ou même épuratrice (principalement par dénitrification). Par ailleurs, le transfert de nitrates par ruissellement reste marginal. Ce schéma simplifié ne précise pas les phénomènes tels que l'épuration par les zones naturelles (forêts, zones humides...)

Ce schéma porte à différents niveaux essentiellement sur les points suivants :

1) Identification des sources de pollution

- Quelle est la part de la zone agricole et de la zone non agricole dans les transferts ? Quel est le potentiel de compensation des zones naturelles ?
- Si la zone agricole est concernée : quelle sera la part des sources de pollution ponctuelle (principalement au niveau des bâtiments d'élevage) et de pollution diffuse (zone des parcelles).
- Pour la partie parcellaire, identifier les parcelles émettrices et les parcelles de compensation.

Ce stade du travail implique une connaissance du milieu mais aussi des systèmes de production et des successions de cultures.

2) Identification des voies de transfert

- **1er cas** : ruissellement de surface (par saturation). On admet que, dans la majorité des cas, les transferts de nitrates par cette voie restent marginaux.
- **2ème cas** : écoulement hypodermique (ou de subsurface) débutant par une phase d'infiltration superficielle puis par un écoulement latéral de subsurface, avec un éventuel passage par des zones tampons avant la sortie dans le réseau hydrographique.
- **3ème cas** : infiltration vers les eaux. L'infiltration implique un passage par une zone insaturée vers les eaux souterraines ou directement vers les eaux de surface par résurgence sur un bassin versant.
- **4ème cas** : drainage agricole. Les eaux de drainage engendrent des processus de lessivage rapides au départ et un déversement direct vers les eaux de surface ou souterraines.

3) Utilisation des voies de transfert pour évaluer les pertes d'azote à l'échelle du territoire

La multiplicité des voies de transfert, les possibilités de compensation par des zones non émettrices, source de dilution, illustrent la nécessité d'un diagnostic initial. Ce diagnostic doit contribuer à identifier la part de chaque flux et la part agricole/non agricole.

En cas de voies de transfert direct vers les ressources en eau (par infiltration, drainage), les pertes au niveau du territoire peuvent être estimées en réalisant la somme des pertes au niveau des parcelles, sans oublier le volet non agricole (pouvant favoriser ou minorer les problèmes). Dans ces cas de transferts directs, les zones tampons perdent leur intérêt.

En revanche, en cas de voies de transfert traversant des zones tampons ou naturelles, les pertes au niveau territoire ne pourront pas être calculées de la même façon. La localisation des parcelles et leur agencement jouent un rôle important, puisqu'ils déterminent le "chemin de l'eau" (longueur de parcours dans le réseau hydrographiques, nature de ce réseau, passage ou non par zone tampon). Le calcul doit alors se porter sur les "parcelles à risque", c'est-à-dire celles qui sont hydrologiquement "connectées".

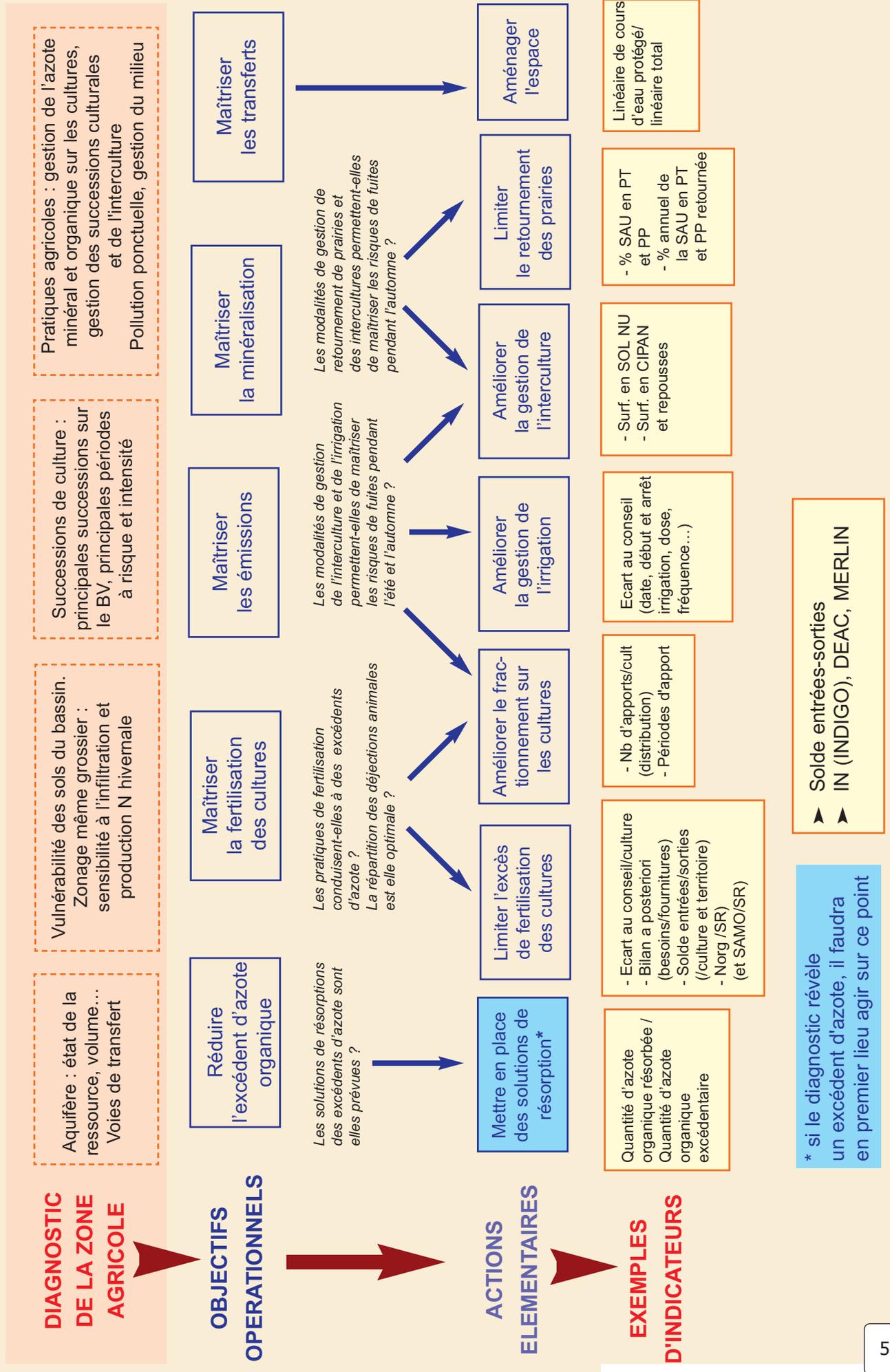
4) Etablissement d'un plan d'actions sur un territoire

En fonction des objectifs fixés sur la base du diagnostic, un plan d'actions peut être établi, cohérent avec l'objectif initial de diminuer la pollution diffuse, mais se centrant sur l'origine des problèmes (agir là où c'est nécessaire) en hiérarchisant les situations (les moyens étant limités, tout n'est pas possible partout, ...). Ce plan d'actions définit alors une série d'objectifs opérationnels, eux-mêmes déclinés en actions élémentaires permettant de remplir ces objectifs.

Le schéma suivant illustre cette approche.

Il n'a évidemment pas vocation à être générique ni même exhaustif.

Il donne un éclairage du type de questionnement à mettre en œuvre pour appréhender la diversité d'un territoire et s'en faire une représentation simplifiée qui oriente l'action.



3.2. Choisir et mettre en œuvre les indicateurs

Choix des indicateurs

Comme précisé dans le chapitre 1, la gamme d'indicateurs est à choisir sur la base du plan d'action bâti suite au diagnostic. Le choix des indicateurs dépendra alors des objectifs retenus pour l'évaluation. Est-ce que l'on cherche à renseigner plutôt des informations sur les moyens déployés dans les différentes actions ? Ou bien est-ce que l'objectif est, à travers un choix pertinent d'indicateurs, de se rapprocher de la notion d'impact environnemental sur un territoire ? C'est ce second objectif qui pose le plus de difficultés.

Dans de nombreux cas, l'évaluateur sera confronté à deux problèmes. Etant donné la complexité et la multiplicité des processus à l'échelle du territoire, le nombre d'indicateurs augmente souvent rapidement, ce qui complique l'aide à la décision. Comment décider avec de nombreux critères allant dans tous les sens ? Par ailleurs, pour des raisons de faisabilité, qui est une contrainte bien plus forte à l'échelle du territoire, le recours à des indicateurs moins pertinents mais faciles à renseigner est privilégié.

A la première question du nombre, plusieurs approches peuvent être proposées :

- Réduire le nombre en ne gardant que les indicateurs indispensables. Ce choix se fera en fonction des processus identifiés comme prépondérants et de la pertinence individuelle des indicateurs par rapport aux impacts mais aussi en termes de priorité d'action. Celles-ci sont le fruit des négociations des différents partenaires. Dans certains cas, des indicateurs devront être conservés pour des soucis de communication entre partenaires ou pour d'autres raisons, non forcément scientifiques.
- Un compromis peut être de sélectionner les indicateurs indispensables au premier plan et de conserver les autres pour aider à interpréter les premiers (les apports d'azote pour expliquer un solde par exemple).
- Si malgré tout le nombre reste important, il faut les organiser en un tableau de bord (voir chapitre 1, paragraphe 3.3).

Pour améliorer la pertinence de la série d'indicateurs retenue on peut croiser différents indicateurs ou descripteurs pour permettre de se rapprocher de la notion d'impact*. En effet celui-ci dépend plus des interactions entre variables que des variables prises isolément. Ce croisement peut se faire de manière qualitative sous forme de grille de risque ou de système de règle de décision (voir encadré ci-après).

Exemple d'utilisation croisée de descripteurs

Amélioration du fractionnement de la fertilisation des cultures

Pour l'analyse de l'adéquation des pratiques de fractionnement des apports d'azote minéral aux exigences du milieu, le simple décompte du nombre d'apports est insuffisant. L'association de ce nombre à la date d'apport, au stade de la culture et à la dose apportée à chaque apport est beaucoup plus riche d'enseignements. Cette dernière information nécessite d'être croisée avec le type de milieu pour acquérir toute sa pertinence.

Le tableau ci-dessous, qui donne l'exemple d'une appréciation de ces pratiques sur maïs en plaine d'Alsace, illustre le fait qu'une même pratique peut être tout à fait satisfaisante sur un type de sol et nécessiter des améliorations lorsqu'elle est appliquée sur un autre type de sol.

Notation "fractionnement pratiqué – fractionnement conseillé" - Zone FERT'ILL en Alsace (opération Ferti-Mieux)

NOTATION	Fractionnement satisfaisant	Des progrès sont encore possibles	Fractionnement insuffisant
Sols filtrants Ried brun caillouteux Sols très sableux du Rhin	3 apports dont le 1er < 50 U et pas plus de 8 jours avant le semis	2 apports dont le 1er < à 50 U et pas plus de 8 jours avant le semis 3 apports dont le premier < à 50 U mais plus de 8 jours avant le semis	1 apport 2 apports dont le 1er > 50 U et/ou trop tôt
Sols moyennement filtrants All. rivières vosgiennes Ried noir Ried gris Ried rhéna Sols limono-sableux Sols du bruch	2 apports dont le 1er < 50 U et pas plus de 8 jours avant le semis	2 apports dont le 1er < 50 U mais plus de 8 jours avant le semis 2 apports dont le 1er > 50 U	1 apport
Sols profonds Limons	2 apports dont le 1er moins de 8 jours avant le semis	1 apport moins de 8 jours avant le semis 2 apports dont le premier plus de 8 jours avant le semis	1 apport plus de 8 jours avant le semis

Cette grille ne concerne que les apports supérieurs à 80 kg d'azote.

Recommandations pour la mise en œuvre de ces indicateurs

Une fois réalisé le travail de sélection et de croisement, la phase suivante est la mise en œuvre sur le territoire. Se posent alors de nouveau quelques questions qu'il convient de clarifier avant de collecter les données et de calculer les indicateurs retenus.

1) les questions d'échantillonnage

La stratégie d'échantillonnage est à baser sur le diagnostic initial et notamment sur les voies de transfert (voir paragraphe 3.1.1).

Par extrapolation à partir d'un échantillon (représentativité) ou à partir de données globales statistiques sur le territoire, il faut bâtir une stratification de l'échantillon pertinente pour répondre à des questions environnementales. Les stratifications habituelles reposent généralement sur un classement des types d'exploitation, facile à réaliser. Mais il y a rarement un lien entre le type d'exploitation et l'impact environnemental sur un territoire. Souvent, il existe autant de variabilité à l'intérieur des groupes qu'entre groupes, ce qui rend cette stratification moins pertinente. Cependant, par défaut, cette méthode reste la plus utilisée.

Il est courant d'avoir recours aux **statistiques existantes**, qui permettent de se faire une idée des systèmes de production en place (enquêtes SCEES, statistiques d'utilisation et de commercialisation d'engrais minéraux...). Attention, ces dernières données correspondent rarement au territoire concerné, à l'exception des opérations de recensement.

2) la question de la diversité

Parfois, certains travaux utilisent des pratiques moyennes établies à **dire d'experts** : cette méthode reste assez imprécise, sauf si elle est associée à une analyse de la pertinence de l'expertise (représentativité de la base sur laquelle les experts s'appuient dans la population d'exploitations).

En effet, par définition, une moyenne masque la diversité et lisse le résultat. Or le résultat (environnemental) d'une pratique moyenne est rarement égal au résultat de la moyenne des pratiques (voir encadré suivant). Il est donc fortement "recommandé" de conserver la diversité rencontrée. C'est cette diversité et son évolution qui permet de mesurer l'évolution des risques en étant conscient qu'on laissera de côté les données "marginales".

Pratique moyenne et moyenne des pratiques

Des différences notables

La tentation est souvent grande pour des raisons de gain de temps et de simplification de travailler sur des données moyennes. Ainsi, des résultats d'enquêtes individuelles, qui ont permis de récupérer une diversité de données sur les pratiques agricoles sur une population de parcelles sont dans certains cas représentés par des "pratiques moyennes". Or ces pratiques moyennes ne sont souvent pas représentatives de la moyenne des pratiques en matière de risque de pollution nitrique. Pour illustrer ce constat, une étude a été réalisée sur le bassin de la Moine (Maine-et-Loire) par l'ESA d'Angers. A partir d'une enquête sur les pratiques de gestion de l'azote des agriculteurs de ce bassin, des pratiques "moyennes" représentatives des pratiques du bassin ont été définies. Ces pratiques moyennes correspondent à :

- Des dates de semis et dates de récoltes moyennes.
- Deux apports d'ammonitrate ou de fumier de bovin (pour le premier apport sur maïs) avec doses d'azote comptabilisé moyennes et dates d'apports moyennes.
- Une culture de l'année 2002 (blé ou maïs) dont la date de semis est calculée de telle façon que la durée de l'interculture soit égale à la durée moyenne.
- Un rendement moyen.

Une évaluation comparative des risques de pollution nitrique a été réalisée par la mise en œuvre de l'indicateur INO_3 de la méthode Indigo sur respectivement l'ensemble des pratiques issues des enquêtes (88 parcelles en blé) et les pratiques moyennes. Les notes obtenues à partir des données de l'enquête sont ainsi comparées aux notes obtenues lorsque ces parcelles sont paramétrées avec les pratiques moyennes décrites précédemment. La variabilité observée n'est alors liée qu'aux paramètres du milieu.

Les résultats, illustrés par la figure 1, montrent sur le blé une différence significative entre les échantillons de notes des deux situations (test de Mann-Whitney).

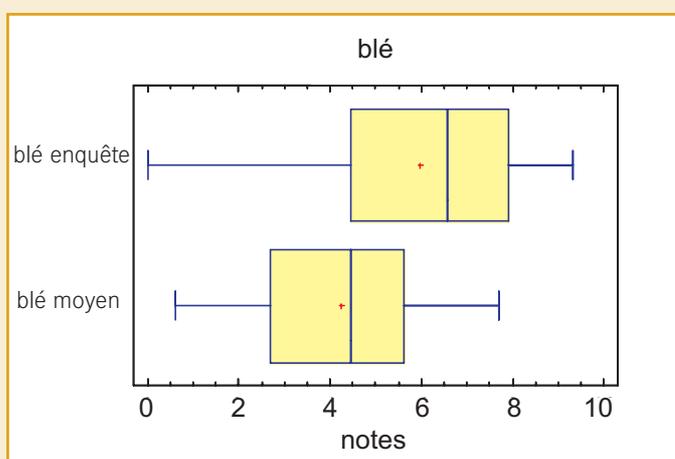


Figure 1
Comparaison entre les notes I_N (INDIGO) du blé, obtenues à partir des données de l'enquête et à partir des pratiques moyennes

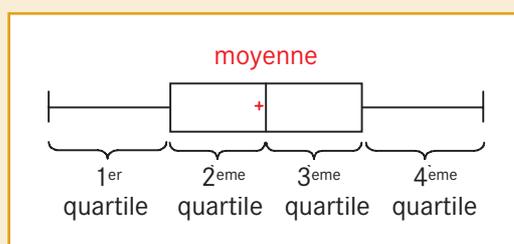


Figure 2
Explication du box-plot

La variance et la médiane des notes diffèrent beaucoup selon que les calculs sont réalisés sur les pratiques moyennes ou sur les pratiques issues des enquêtes. Le risque nitrique de la situation moyenne est donc différent du risque nitrique issu de la moyenne des pratiques. **Autant que possible, il conviendra d'utiliser les résultats issus de la moyenne des pratiques.**

Références bibliographiques : PIERRAT, V., 2004 - Impact des pratiques agricoles sur la pollution nitrique à l'échelle d'un bassin versant: évaluation et hiérarchisation de risques de pollution à l'aide de la méthode INDIGO. MFE ISAB, 78p + annexes.

3) la question de l'évaluation

Cherche-t-on à évaluer l'impact ou le risque entre deux dates ?

Si l'on cherche à évaluer l'impact, beaucoup plus de poids est donné aux conditions de milieu (climatiques notamment). D'où un risque de confusion d'effets entre des pratiques qui ne bougent pas mais un climat favorable ou inversement. Pour s'en affranchir, il est possible d'évaluer le risque en homogénéisant les scénarios climatiques retenus (année médiane, ou année pluvieuse...). Cette démarche, qui s'affranchit pour partie du climat, facilite la comparaison et l'évolution entre deux dates.

L'intérêt et les limites de la représentation cartographique

De nombreux projets sur les bassins versants intègrent des outils cartographiques, mais suivant des modalités très différentes : depuis une simple présentation parlante des données (le tracé sur une carte cadastrale des éléments fixes du paysage telles que les lisières forestières, les haies, mares, talus, bosquets, bandes enherbées, prairies permanentes sur zones inondables, etc., ce qui permet une visualisation et une première synthèse des informations) jusqu'à la production plus rare d'indicateurs complexes fondés sur des informations à référence spatiale. Cette approche cartographique et plus généralement le lien direct avec les caractéristiques du milieu sont intéressants dans l'approche de la pression polluante, dès lors que des interactions entre parcelles sont à prendre en compte. C'est typiquement le cas dans les situations de ruissellement dominant, où une parcelle agricole reçoit de différentes parcelles, et émet elle-même vers d'autres parcelles.

Dans les problématiques d'infiltration verticale, la représentation cartographique n'est pas directement utile à la mise en œuvre de l'évaluation. En effet, le bassin peut être considéré comme une somme de parcelles et la spatialisation des résultats apporte peu de choses à

A l'échelle du territoire le choix des indicateurs s'effectue sur la base d'un diagnostic concernant à la fois les aspects agricoles et non agricoles, sans oublier le contexte hydrologique.

Une fois les indicateurs retenus, leur mise en œuvre nécessite le recueil d'un certain nombre de données et l'établissement d'une stratégie d'échantillonnage. Ce travail implique une continuité en terme de moyens humains et des compétences multiples.

l'évaluation en tant que telle. Mais représenter les résultats par cartographie peut se révéler très important pour la communication, la compréhension et l'appropriation des résultats. Cela devient dans ce cas une aide à la présentation des résultats.

Tableau 6
Propositions d'indicateurs pertinents à l'échelle du territoire

Objectifs opérationnels	N° de fiche à consulter	Intitulé	FAISABILITÉ (cf valeur des notes page 32)
Fertilisation azotée	Fiche n°7	Norg/SR (surface de référence)	4
	Fiches n°7 et 8	Norg /SAMO (et SAMO/SPE)	2 à 3
	Fiche n°19	Ecart au conseil (culture)	2
	Fiche n°11	Nombre d'apports d'azote	2
	Fiche n°12	Périodes d'apport	2
Couverture du sol	Fiche n°2	Surfaces en SOL NU	3
	Fiche n°4	Surfaces en CIPAN et repousses	3
	Fiches n°5	Durée en SOL NU	2
	Fiche n°17	JPP extrapolée au territoire (journées de présence au pâturage)	1
	<i>Se référer à la brochure CORPEN 2003 « indicateurs phytos », fiche n°4</i>	Linéaire de cours d'eau protégé/linéaire total	1
		% surface totale du territoire en éléments fixes (haies, bosquets, mares, bandes enherbées)	2
Estimation des pertes d'azote	Fiche n°13	Solde CORPEN entrées/sorties	3
	Fiche n°14	Bilan fourniture-absorption : EQUIF	2
	Fiche n°20	Méthode d'estimation des risques de pertes d'azote par lessivage : MERLIN	1
	Fiche n°21	Modèle d'estimation des pertes d'azote : I _N d'INDIGO	1
	Fiche n°22	Modèle d'estimation des pertes d'azote par lessivage : DEAC	1
Etat de la ressource	Fiche n°23	Teneur en nitrates de l'eau de la ressource	1 à 4 selon les caractéristiques du territoire et la disponibilité des données

4 Les indicateurs de réponse

Les indicateurs de réponse sont utilisés dans un premier temps pour mesurer la prise de conscience de l'enjeu par les agriculteurs. Ils sont relativement faciles à mettre en œuvre et permettent de justifier des moyens engagés, sans constat sur l'évolution des pratiques. En effet, les évolutions de pratiques nécessitent un apprentissage et donc un certain temps d'appropriation.

Les indicateurs de réponse sont le plus souvent renseignés à la parcelle ou à l'exploitation mais interprétés à l'échelle du territoire.

Ces indicateurs répondent à plusieurs questions :

- Les préconisations correspondent-elles aux priorités fixées lors de l'état des lieux ?
- Sur quels aspects de la gestion de l'azote à la parcelle ont porté les préconisations ?
- En quoi permettent-elles de faire évoluer favorablement les indicateurs de pression jugés prioritaires ?

Ils permettent ainsi de mesurer l'intensité des efforts engagés par rapport à ces questions, notamment sur les moyens engagés et leur répartition sur les différentes actions.

Exemples d'indicateurs de réponse :

- ◆ Dénombrement de parcelles pour lesquelles a été remis un bulletin de conseil écrit "nominatif" (exprimé en nombre de parcelles ou d'agriculteurs)
- ◆ Nombre d'agriculteurs effectuant un reliquat sortie hiver
- ◆ Nombre de parcelles où l'on a utilisé un outil de raisonnement donné
- ◆ Nombre d'agriculteurs ayant participé à des réunions d'information, tours de plaine...
- ◆ Moyens humains engagés
- ◆ Budget spécifique : investissements, fonctionnement.

Les indicateurs de réponse sont des indicateurs complémentaires des indicateurs de pression. Ils sont relativement faciles à mettre en œuvre, mais ils restent inadaptés à une évaluation de la performance environnementale. (Voir également chapitre 1 du guide)

CHAPITRE 3

Les indicateurs AZOTE

Fiches détaillées

Les indicateurs présentés dans les tableaux du chapitre précédent :

- soit possèdent une fiche spécifique qui leur est dédiée,
- soit sont mentionnés dans les rubriques "indicateurs similaires ou complémentaires" d'autres fiches "indicateurs".

Certains indicateurs, dont l'intitulé est suffisamment explicite pour pouvoir les calculer, ne font pas l'objet de fiche.

Fiche n°	Intitulé de l'indicateur	Pages
1	P/RU (indice de drainage)	66
2	Surface en sol nu en période à risque (période drainante)	67
3	Surface en sol nu à faible rétention	68
4	Surfaces en CIPAN	69
5	Durée en sols nus au cours d'une succession de cultures	70
6	Capacité de stockage des déjections animales existantes / capacité agronomique de stockage nécessaire	71
7	N org / SR	72
8	SAMO / SR	73
9	N minéral apporté / ha	74
10	Azote disponible apporté	74
11	Nombre d'apports d'azote	76
12	N disponible hors périodes de besoin	77
13	Solde CORPEN	78-79
13 bis	Balance Globale Azotée (BGA)	82
14	EQUIF	86-88
15	Bilan apparent de l'azote (ou bilan des minéraux)	87-88
16	BRS Porcs (Bilan Réel Simplifié pour les élevages de porcs)	87
17	JPP (Journées de Présence au Pâturage / ha / an)	92-93
18	Volatilisation ammoniacale Porcs et Volailles	90
19	Ecart au conseil	91
20	MERLIN (Méthode d'Evaluation des Risques de Lixiviation du Nitrate)	88-89
21	Azote I _N d'INDIGO	92-93
22	DEAC (Diagnostic Environnement Azote Cultures)	94-95
23	Teneur en Nitrates	96

"Indice" de drainage = Taux de renouvellement de la Réserve Utile des sols

OBJECTIFS	Caractériser de façon simple la vulnérabilité des différents milieux au lessivage par une estimation de "taux de renouvellement" de la RU pendant l'hiver.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	Aucune valeur de référence
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Sans objet (élément de diagnostic)

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	<p>"Indice" de drainage = \sum période de drainage P(mm)/RU (mm) (sans unité)</p> <p>P = pluviométrie (normale, fréquentielle) RU = Réserve Utile à la profondeur moyenne d'enracinement.</p> <p>La RU est calculée pour une profondeur choisie tenant compte de la profondeur du sol : des profondeurs maximales ou moyenne d'enracinements, de la profondeur du réseau de drainage, etc.</p>
ORIGINE DES DONNÉES	<p>Données sols : exploitation, technicien, expert local, pédologue local ou carte pédologique.</p> <p>Données climatiques : station météo la plus proche.</p>
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	<p>RU : à la parcelle ou pour un îlot de parcelles avec sol homogène.</p> <p>P : données météorologiques du territoire (station météo la plus proche).</p>
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	En début de programme et lors d'une remise à jour du diagnostic.

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	<p>La valeur de l'indicateur dépend de la statistique pluviométrique prise en compte (nombre d'années utilisées pour l'analyse fréquentielle).</p> <p>Cet indicateur surestime la quantité d'eau qui transite dans le sol, puisqu'il prend en compte le total des précipitations et pas seulement la "pluie drainante" (c.f. formule ci-dessous).</p> <p>L'"indice" de drainage peut être utilisé pour calculer l'indicateur : % surface à faible rétention (fiches n°2 et n° 3).</p>
INDICATEURS SIMILAIRES	<ul style="list-style-type: none"> - \sum période de drainage (P-ETR)/RU : qui permet de prendre en compte la quantité d'eau évapo-transpirée pendant la période de drainage - Cartes des sols thématiques - Formule simplifiée de Burns : $\% \text{ lessivé} = [PD/(PD+Vm/100)]^{h/2} \times 100$ <p>PD = Pluie Drainante en cm (voir formule ci-dessous)</p> <p>Vm = Humidité volumique à la capacité au champ (Hcc) en %</p> <p>En l'absence de mesures, prendre Vm = 2 RU en mètres (estimation citée par PLAS en 1992)</p> <p>$h/2 = 1/2$ de la profondeur d'enracinement en cm car il s'agit d'azote distribué sur l'ensemble du profil.</p> <p style="text-align: center;">PD = P - k x ETP - RU</p> <p>PD = Pluie Drainante en mm</p> <p>P = Pluviométrie hivernale du 1er septembre à fin mars en mm</p> <p>k = coefficient cultural</p> <p>ETP = EvapoTranspiration Potentielle en mm du 1er septembre à fin mars</p> <p>RU = Réserve Utile en mm</p>

EXEMPLE D'UTILISATION

	P faible 200 mm (hiver sec)	P élevée 600 mm (hiver humide)
RU faible 50 mm (sol à faible capacité de rétention en eau)	P/RU moyen (4) - Flux d'azote moyens - Teneurs en nitrates moyennes	P/RU élevé (12) - Flux d'azote importants - Teneurs en nitrates globalement basses
RU élevée 150 mm	P/RU faible (1,3) - Flux d'azote faibles - Teneurs en nitrates moyennes à élevées	P/RU moyen (4) - Flux d'azote moyens - Teneurs en nitrates moyennes

“SURFACE EN SOL NU EN PÉRIODE À RISQUE” (PÉRIODE DRAINANTE) PRESSION ÉTAT RÉPONSE PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE**Surface agricole qui n'est protégée par aucun couvert végétal durant l'interculture en période de drainage.**

OBJECTIFS	Estimer, durant la période de drainage, la surface agricole présentant un risque de pertes d'azote important. La présence de CIPAN ou de repousses pendant l'interculture ou encore la présence d'une culture d'hiver permettent, par leur développement et l'absorption d'azote minéral, de limiter le risque de lessivage.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	Valeur de référence à définir localement en fonction des contraintes techniques rencontrées (possibilité de semer des CIPAN...) et des priorités définies sur le territoire.
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Moyen terme (3-4 ans...)

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	<p>La Surface en Sol Nu ne comporte ni culture de production ni CIPAN. Le statut des surfaces avec repousses du précédent est à préciser localement. (voir commentaires)</p> <p>Données nécessaires : parcellaire avec occupation des sols et assolements.</p> <p>Surface exprimée en ha ou en % des surfaces de référence : SAU, Surfaces Labourables (SL), Surfaces en Cultures de Printemps (SCP), surface à faible rétention (fiche n°1)...</p> <p>Représentation graphique, cartographies.</p>
ORIGINE DES DONNÉES	<p>Dires d'experts, relevés de terrain, statistiques existantes.</p> <p>Occupation des sols et surface accessible par analyse d'images aériennes ou acquises par télédétection</p>
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Exploitation, territoire
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	<p>Le sol est considéré comme nu si aucune couverture végétale suffisante n'est présente entre la récolte de la culture principale précédente et le semis de la culture principale suivante, ou si les surfaces en arboriculture ou viticulture ne sont pas enherbées. Cette couverture peut être la culture principale (céréale d'hiver, prairie, ...), une repousse de la culture précédente (colza, pois) ou une CIPAN, chacune d'entre elles devant être suffisamment développée pour limiter les risques.</p> <p>Il y a lieu de bien identifier la période durant laquelle le risque de drainage est important (analyse fréquentielle du climat). Exprimé en surface, c'est un indicateur de pression.</p> <p>Indicateur à interpréter sur le moyen (3-4 ans) et le long terme en tenant compte de l'évolution des systèmes de cultures et des contraintes d'implantation de CIPAN pendant l'interculture (par ex. date de récolte du précédent trop tardive pour semer la CIPAN). L'évolution de la surface de référence choisie (SAU, SL, SCP) sera analysée conjointement, durant la même période, ainsi que l'évolution des successions de cultures.</p> <p>Indicateurs complémentaires : Surface en CIPAN, Durée en sol nu (fiche n°5), Surface à faible rétention (fiche n°1).</p>
INDICATEURS SIMILAIRES	<p>Même indicateur élémentaire en lui affectant un coefficient tenant compte du degré de couverture et de l'efficacité du piégeage du couvert; ce qui nécessite une expertise préalable.</p> <p>Expression en nombre de parcelles : c'est un indicateur de réponse.</p>

LES INDICATEURS AZOTE – FICHE N° 3 DE L'INDICATEUR
“SURFACE EN SOL NU À FAIBLE RÉTENTION”

PRESSION ÉTAT RÉPONSE PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE

Surface agricole où le risque de percolation est le plus élevé et qui n'est protégée par aucun couvert végétal en période de drainage

OBJECTIFS	Estimer, sur une entité définie (exploitation ou territoire) la surface agricole qui contribue ou risque de contribuer de façon importante au lessivage des nitrates.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	A définir localement en fonction des contraintes techniques rencontrées (possibilité de semer des CIPAN...) et des priorités définies sur le territoire. <i>Exemple</i> : elle peut atteindre 0 % si l'on vise la couverture totale des sols les plus sensibles aux pertes de nitrates.
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Annuelle

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	Surface cumulée des parcelles caractérisées par un indice de drainage supérieur à une valeur seuil définie localement et sans couverture végétale suffisante. Cet indicateur “croise” l'indicateur 2 (surface en sols nus) avec l'indicateur 1 (indice de drainage). Surface exprimée en ha ou en % des surfaces de référence : SAU, Surfaces Labourables ou Surfaces en Cultures de Printemps... Il est nécessaire de connaître les surfaces occupées par les différents sols avec leur indice de drainage et leur occupation Représentation graphique, cartographies. Indicateur de pression en surface (éventuellement indicateur de réponse quand il est exprimé en nombre de parcelles)
ORIGINE DES DONNÉES	Données d'occupation des sols : exploitation, technicien, expert local, enquêtes exhaustives ou sur échantillon représentatif, relevés de terrain, données PAC ou du RGA. Accessible par analyse d'images aériennes ou acquises par télédétection. Indice de drainage : voir fiche n°1
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Exploitation, territoire.
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	Le sol caractérisé par son indice de drainage est considéré comme nu si aucune couverture végétale suffisante n'est présente entre la récolte de la culture principale précédente et le semis de la culture principale suivante, ou si les surfaces en arboriculture ou viticulture ne sont pas enherbées. La couverture végétale peut être la culture principale (céréale d'hiver, prairie, ...), une repousse de la culture précédente (colza, pois) ou une CIPAN, chacune d'entre elles devant être suffisamment développée pour limiter les risques. Indicateur à interpréter sur le moyen (3-4 ans) et le long terme en tenant compte de l'évolution des systèmes de cultures et des contraintes d'implantation de CIPAN pendant l'interculture (date de récolte du précédent trop tardive pour semer la CIPAN...).
	L'évolution de la surface de référence choisie (SAU, SL, SCP...) sera analysée conjointement, durant la même période, ainsi que l'évolution des successions de cultures. Indicateurs complémentaires : Surface en CIPAN

Surface agricole protégée par une culture intermédiaire piège à nitrates en période de drainage

OBJECTIFS	Estimation de la surface implantée en culture intermédiaire piège à nitrates. Cet indicateur permet d'apprécier l'évolution d'une pratique importante pour réduire les risques de perte par lessivage des nitrates en interculture.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	Valeur de référence à définir localement en fonction des contraintes techniques rencontrées (possibilité de semer des CIPAN...) et des priorités définies sur le territoire.
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Moyen terme (3-4 ans...)

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	<p>Surface exprimée en ha ou en % des surfaces de référence : SAU, Surfaces Labourables (SL), Surfaces en Cultures de Printemps (SCP)...</p> <p>Données nécessaires : parcellaire avec occupation des sols et assolements.</p> <p>Représentation graphique, cartographies.</p>
ORIGINE DES DONNÉES	<ul style="list-style-type: none"> - Dires d'experts, relevés de terrain, statistiques existantes. - Occupation des sols et surface accessibles par analyse d'images aériennes ou acquises par télédétection.
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Exploitation, territoire.
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle.

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	<p>Il y a lieu de bien identifier la période durant laquelle le risque de drainage est important (analyse fréquentielle du climat) afin de s'assurer que la présence de CIPAN couvre la période de risques.</p> <p>Indicateur de pression en surface (éventuellement indicateur de réponse quand il est exprimé en nombre de parcelles).</p> <p>Indicateur à interpréter sur le moyen (3-4 ans) et le long terme en tenant compte de l'évolution des systèmes de cultures et des contraintes d'implantation de CIPAN pendant l'interculture (par exemple : date de récolte du précédent trop tardive pour semer la CIPAN...).</p> <p>L'évolution de la surface de référence choisie (SAU, SL, SCP) sera analysée conjointement, durant la même période, ainsi que l'évolution des successions de cultures.</p> <p>Indicateurs complémentaires : Surface en sols nus, Durée en sol nu (fiche n°5), Surface en sols nus à faible rétention...</p>
INDICATEURS SIMILAIRES	Nombre de parcelles dont les surfaces sont nues durant l'interculture hivernale (indicateur de réponse).

DURÉE EN SOL NU AU COURS D'UNE SUCCESSION DE CULTURES

■ PRESSION
 ■ ÉTAT
 RÉPONSE
 ■ PARCELLE
 ■ EXPLOITATION
 ■ TERRITOIRE

Durée cumulée des intercultures en sols nus dans une succession de cultures

OBJECTIFS	Estimation de la durée cumulée durant laquelle la parcelle n'est protégée par aucun couvert végétal au cours d'une succession de cultures. Cette durée est l'un des éléments qui permet d'apprécier le risque de lessivage des nitrates, aucun couvert végétal ne contrecarrant la percolation de l'eau et le lessivage des nitrates au-delà de la profondeur de sol prospectée par les racines.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	Elle est assez bien corrélée avec la quantité d'azote lessivée pendant la période de calcul, moins bien avec la concentration en nitrates. Objectif en fin de programme : à définir localement.
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Moyen terme (3-4 ans...)

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL

- La durée est exprimée en jours relativement à une période de référence, par ex :
 $D1 = \text{durée en sol nu} / \text{durée totale de la succession}$.
- La durée peut aussi être exprimée en cumul de précipitations "brutes" :
 $D2 = \text{pluviométrie en sol nu} / \text{pluviométrie totale de la succession}$.

Données nécessaires :

Dates de semis et de récolte de chaque culture de la succession, dates de semis et d'enfouissement des CIPAN, dates de présence des repousses (colza, pois).
Relevés météorologiques locaux (pluviométries journalières et cumulées en mm) sur les périodes concernées.

ORIGINE DES DONNÉES

Dires d'experts, enquête exhaustive ou sur échantillon représentatif, relevés de terrain.

ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES

La parcelle ou îlots de parcelles pendant une succession culturale complète.
Agrégation à l'exploitation ou sur un territoire

PÉRIODICITÉ DE CALCUL

A chaque rotation ou retour de la tête d'assolement

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION

Cet indicateur permet de hiérarchiser les successions de culture vis-à-vis des risques de pertes (en masse : kg/ha et non en concentrations : mg/l) par lessivage de nitrates. Il permet d'apprécier l'évolution du risque de transfert au fil du temps selon les modifications apportées aux successions et les scénarii climatiques

Indicateur à interpréter sur le moyen terme. Cet indicateur est intéressant pour raisonner par système de culture. Par exemple, il permet, en fonction des risques, de fixer des objectifs de couverture du sol par système de culture, en tenant compte des contraintes de mise en œuvre.

Indicateurs complémentaires : taux de CIPAN, Indice de drainage.

LES INDICATEURS AZOTE - FICHE N° 6 DE L'INDICATEUR **CAPACITÉ DE STOCKAGE DES DÉJECTIONS ANIMALES EXISTANTES / CAPACITÉ AGRONOMIQUE DE STOCKAGE NÉCESSAIRE**

PRESSION ÉTAT RÉPONSE PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE

OBJECTIFS	Evaluer les moyens de stockage disponibles sur la ferme et le besoin éventuel en stockage pour réaliser des épandages aux moments souhaitables pour les couverts végétaux.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	Supérieure ou égale à 1
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Sans objet

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	<p>Cet indicateur correspond à un écart entre les capacités de stockage existantes et les capacités agronomiques souhaitables pour limiter les risques de pollution diffuse.</p> <p>Capacité de stockage des déjections animales existantes = volume de fosse à lisier ou à purin, surface de plate-forme à fumier présentes sur la ferme lors du diagnostic.</p> <p>Capacité agronomique de stockage des déjections = volume de stockage qu'il est souhaitable d'avoir sur la ferme compte tenu de la gestion actuelle du cheptel de façon à n'épandre les déjections animales qu'aux périodes recommandées agronomiquement.</p> <p>Les capacités agronomiques de stockage des déjections sont déterminées en croisant les flux annuels de déjections produites en bâtiment qui entrent dans l'ouvrage de stockage avec flux de sortie des déjections correspondant aux doses de produits dont les couverts végétaux ont besoin aux dates souhaitables d'épandages (raisonnement du plan de fumure).</p> <p>Le détail des données techniques est disponible dans le guide DEXEL, téléchargeable sur le site WEB de l'Institut de l'élevage www.inst-elevage.asso.fr</p> <p>Données nécessaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Calcul du flux entrant</i> : effectifs, types d'animaux et temps de présence en bâtiment ; mode de logement des animaux ; surfaces ou ouvrages générant des eaux souillées à récupérer (type de salle de traite, surface découverte générant des eaux souillées). - <i>Calcul des flux sortant</i> : surfaces, dates et doses des couverts récepteurs des épandages (raisonnement des plans de fumure et respect des plans d'épandage).
ORIGINE DES DONNÉES	Exploitation
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Exploitation
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	<p>A chaque changement important d'assolement (modification importante de date, dose d'épandage).</p> <p>A chaque changement de mode de logement ou de gestion des effluents (fumier/lisier).</p> <p>En cas de changement notable dans la gestion du troupeau (extension des temps annuels de pâturage...).</p>

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	<p>Indicateurs complémentaires :</p> <p>N maîtrisable/UGB</p> <p>N organique /ha épandable (Directive nitrates)</p> <p>Pourcentage de prairie/ SAU</p>
---------------------------	---

PRESSION ÉTAT RÉPONSE PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE

Quantité d'azote organique annuelle par unité de surface de référence

OBJECTIFS	Estimer chaque année la pression d'azote organique épandu mécaniquement dans les parcelles d'une surface de référence ayant reçu des matières organiques. La surface de référence peut être la surface recevant effectivement des matières organiques une année donnée (SAMO), ou la surface potentiellement épandable (SPE), ou la part de l'exploitation consacrée à une culture (sole maïs) ou la SAU de l'exploitation ou du bassin versant ou du territoire.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	A définir localement ; cette valeur peut être agronomique (les besoins en azote de la culture) ou réglementaire. La diminution de cet indicateur peut être considérée comme une évolution favorable.
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	La valeur de cet indicateur à un moment donné est intéressante, mais c'est surtout à l'évolution de cet indicateur dans le temps qu'il faut s'attacher. A étudier sur le moyen ou le long terme, sachant que les valeurs annuelles de cet indicateur peuvent varier beaucoup d'une année sur l'autre (variations de l'assolement, donc de la surface de référence).

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	ΣN contenu dans les apports organiques appliqués sur les parcelles de l'exploitation/ Surface de référence. L'azote organique apporté est constitué de l'azote organique d'origine animale et des autres sources d'azote organique (sous produits industriels, composts,...) L'azote organique apporté peut être assimilé à l'azote organique maîtrisable = nombre d'animaux x références CORPEN x le temps de présence dans les bâtiments en mois/12 + azote des boues de station d'épuration + toutes autres sources d'azote organique importé (les références CORPEN peuvent être remplacées par les normes réglementaires le cas échéant). Quantités de produits organiques apportées et teneurs en N Surface de référence Cet indicateur s'exprime en kg N Organique/ha
ORIGINE DES DONNÉES	Données du DEXEL, enquêtes, dossiers ICPE, dossier "identification bovine", Cahier d'enregistrement des épandages, Brochures.
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Les données sont disponibles à l'échelle de l'exploitation. Agréger les exploitations pour obtenir un territoire.
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Calculs annuels

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	Cet indicateur peut être très variable d'une année sur l'autre (variation d'assolement). Cet indicateur prend en compte l'azote total contenu dans les apports organiques dont une partie seulement est disponible pour la plante l'année de l'épandage (effets directs) puis les années suivantes (arrière-effets). Par ailleurs, il ne renseigne pas sur d'autres sources de fertilisation (azote minéral, restitutions au pâturage, fixation symbiotique,...). Quand il est calculé à l'exploitation, cet indicateur global ne permet pas de juger des pratiques d'épandage (date et quantités apportées par parcelle). Pour utiliser cet indicateur, il est pertinent de disposer de cartes pédologiques pour s'assurer que les effluents ne sont pas épandus : - systématiquement sur les mêmes parcelles tous les ans (parcelles les plus proches de l'exploitation en général) ; - dans les sols les plus filtrants. Une baisse de cet indicateur ne reflète pas toujours une amélioration des pratiques. Par exemple : augmentation de la SAMO en utilisant les parcelles sensibles au lessivage. Si le contexte change, une augmentation ne reflète pas toujours une détérioration des pratiques : par exemple, suite à la mise aux normes, cet indicateur peut augmenter du fait de l'augmentation de la quantité d'azote organique maîtrisable. L'indicateur n° 8 SAMO/SR (ex : SAMO/SPE) est un bon indicateur complémentaire pour avoir une idée précise de la pression d'azote organique sur l'exploitation.
----------------------------------	---

Part d'une surface de référence recevant des matières organiques

OBJECTIFS	Cet indicateur permet d'évaluer la part d'une surface de référence recevant de l'azote organique et, par là même, de se donner une idée de la pression d'azote organique sur cette surface de référence. La surface de référence peut être la surface potentiellement épandable (SAMO/SPE) ou la part de l'exploitation consacrée à une culture ou la SAU de l'exploitation ou du bassin versant ou d'un territoire.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	A définir localement. Plus la valeur est élevée plus la dose apportée à l'hectare est faible.
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	La valeur de l'indicateur à un moment donné est intéressante, mais l'évolution de cette valeur au cours du temps l'est tout autant. A étudier sur le moyen ou long terme, en particulier si l'indicateur varie beaucoup d'une année sur l'autre. S'il varie peu, il faudra s'attacher à regarder si ce ne sont pas toujours les mêmes parcelles qui reçoivent les matières organiques exogènes.

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	<p>SAMO = somme (exprimée en ha) des surfaces recevant une ou plusieurs fois des matières organiques pendant une année (une parcelle ne peut être recensée qu'une seule fois).</p> <p>SR = surface de référence exprimée en ha.</p> <p>Cet indicateur est sans dimension puisqu'il exprime un pourcentage d'utilisation. Les données nécessaires concernent aussi bien les apports de déjections animales que de matières organiques importées sur l'exploitation (boues de stations d'épuration, composts divers...).</p>
ORIGINE DES DONNÉES	Les données relatives aux surfaces proviennent de l'exploitation : cahiers d'épandage, cahiers de fertilisation.
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Les données sont disponibles à l'échelle de l'exploitation. Agréger les exploitations pour obtenir un bassin versant ou un territoire
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Calculs annuels

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	<p>Cet indicateur ne doit pas être utilisé seul, il doit être couplé systématiquement avec l'indicateur Norg/SR qui traduit mieux la pression organique sur les surfaces recevant de l'azote.</p> <p>Cet indicateur traduit la latitude qu'ont les utilisateurs d'azote exogène pour modifier leur plan d'épandage ou pour agrandir leur élevage.</p>
INDICATEURS SIMILAIRES	Variation en % de SAMO/SR entre deux périodes de calcul.

PRESSION ÉTAT RÉPONSE PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE

Estimation de la quantité d'azote minéral apporté / ha sur une culture d'une exploitation, ou d'un territoire, et suivi de son évolution.

OBJECTIFS	Décrire les pratiques et leur évolution en matière de fertilisation azotée minérale. Préciser la contribution de la fertilisation minérale à la pression azote sur un territoire.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	A définir localement, par culture
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Les données annuelles d'une exploitation peuvent être comparées à celles des exploitations voisines. Sur une même exploitation, ou sur un territoire, l'évolution pourrait se juger sur la durée d'un programme d'action.

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	<p>ΣN minéral apporté sur le cycle cultural/surface consacrée à ce cycle cultural. Pour passer de la parcelle à la sole, sur l'exploitation ou le territoire, on peut affecter la valeur calculée par hectare d'un coefficient tenant compte de la surface de la parcelle ou de la sole par rapport à la surface totale considérée, et faire la somme des doses ainsi calculées. On obtient la formule suivante :</p> $D_{pondérée} = \Sigma(D_i \times S_i) / ST$ <p>D_i et S_i représentent respectivement la dose/ha apportée sur la surface i et ST, la surface totale considérée. Cette dose moyenne pondérée s'exprime en kgN/ha. On peut présenter également la distribution des surfaces par classe de doses.</p>
ORIGINE DES DONNÉES	<ul style="list-style-type: none"> - Exploitation ; Cahier d'enregistrement des épandages - Données statistiques de surfaces consacrées à chaque culture et dose moyenne d'azote sur chaque culture.
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Parcelle ou exploitation ou territoire
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	Cet indicateur ne peut pas s'interpréter indépendamment des indicateurs relatifs aux apports de matière organique, au mode d'apport de l'azote (fractionnement) et aux rendements obtenus. Cet indicateur ne peut pas être interprété une année donnée mais doit être replacé dans une séquence d'années successives afin de traduire une évolution, ou être comparé à ceux d'exploitations voisines du même type.
---------------------------	--

EXEMPLE D'UTILISATION

Une sole de blé de 50 ha est constituée de 30 ha recevant 160kgN/ha et de 20 ha recevant 180kgN/h. On peut calculer la dose moyenne pondérée reçue par un hectare de la sole blé ainsi : $(160 \times 30 + 180 \times 20) / 50 = 168$ kgN/ha. On peut faire la même chose au niveau de chacune des cultures d'une exploitation ou pour une culture au niveau d'un territoire...

Références bibliographiques :

 Calcul de la fertilisation azotée des cultures annuelles. Ed COMIFER 1996 (en cours de révision)

Estimation des quantités d'azote disponible mises à disposition de la culture.

OBJECTIFS	Estimer la quantité d'azote apporté sous forme minérale, ou organique (y compris directement par les animaux) et disponible pour la culture l'année de l'apport.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	Valeur des besoins de la culture au maximum. Sauf cas particuliers, la diminution est le sens espéré de variation de cet indicateur.
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Par rapport aux besoins de la culture, l'interprétation peut être annuelle ou à moyen terme pour apprécier l'évolution de la pression liée aux pratiques agricoles

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	<p>Somme des quantités d'azote affectées, pour chaque origine, d'un coefficient d'équivalence engrais minéral et rapporté à la surface consacrée à la culture.</p> $\Sigma(N \text{ organique} \times \text{coeff equiv engrais minéral} + N \text{ minéral}) / \text{surface culture.}$ <p>Les données nécessaires sont donc :</p> <ul style="list-style-type: none"> - quantités de produits organiques apportés et périodes d'apport - teneurs en N - coefficients d'équivalence engrais minéral - Nombre de jours de pâturage - Surface consacrée à la culture. <p>Compter éventuellement l'azote apporté par l'eau d'irrigation. Cet indicateur s'exprime en kg d'azote disponible par hectare.</p>
ORIGINE DES DONNÉES	Exploitation, Cahiers d'enregistrement des épandages Enquêtes, Brochures.
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Parcelle, Exploitation, Territoire
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	<p>Cet indicateur ne doit être interprété qu'accompagné des indicateurs "périodes d'apport" et "rendements".</p> <p>Les chiffres obtenus ne doivent pas être strictement comparés aux besoins de la culture. On peut conclure que, lorsque cet indicateur est supérieur aux besoins, la pression est forte ; et que si l'évolution de cet indicateur est à la baisse, elle va dans le bon sens.</p> <p>Porter une attention particulière aux coefficients utilisés en particulier pour la valorisation des matières organiques apportées.</p>
----------------------------------	---

Références bibliographiques :

-  Fertiliser avec des engrais de ferme (brochure ITP, ITCF, ITAVI, IE 2001)
-  Calcul de la fertilisation azotée des cultures annuelles. Ed COMIFER 1996 (en cours de révision)

NOMBRE D'APPORTS D'AZOTE

PRESSION ÉTAT RÉPONSE PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE

Estimation et suivi dans le temps, du nombre d'apports d'azote, minéral ou organique, effectué en période de besoins sur une culture donnée.

OBJECTIFS	En général et selon la culture, le fractionnement des apports d'azote permet une meilleure concordance apports-besoins, donc une meilleure utilisation et des possibilités d'ajustement en cours de culture. L'objectif est donc de quantifier le nombre d'apports d'azote réalisés "à la bonne période", c'est-à-dire pendant la période de besoins de la culture, sur une même parcelle ou sur une sole
VALEUR DE RÉFÉRENCE	A fixer localement car elle dépend de la culture et du contexte considérés
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Court terme et moyen terme puisque cet indicateur est intéressant à connaître à un moment donné, Il est aussi intéressant de suivre son évolution sur le long terme.

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	Pour obtenir l'indicateur au niveau de la parcelle ou du groupe de parcelles, il suffit de relever les indications du cahier d'épandage, en ne prenant en compte que les apports réalisés en période de besoins de la culture. Si la pratique diffère d'une parcelle à l'autre, pour obtenir l'indicateur au niveau d'une sole sur l'exploitation, on peut affecter à chaque parcelle un coefficient égal à la surface de la parcelle divisée par la surface de la sole ainsi : $\text{nbr apport} = \sum(N_i \times S_i) / S_T$ On peut également faire ce calcul au niveau d'un territoire dans la mesure où il présente une certaine homogénéité. Cet indicateur est sans dimension puisque c'est le nombre de passages.
ORIGINE DES DONNÉES	Cahiers d'enregistrement des pratiques d'épandage rendus obligatoires dans le cadre de la PAC. Enquêtes.
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Parcelle ou sole (ensemble des parcelles) portant la culture considérée
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	Cet indicateur est à calculer et interpréter par culture. Il doit permettre d'apprécier l'évolution des pratiques au niveau de l'exploitation entre années. Les apports organiques destinés à remplacer des apports minéraux (lisier sur blé) doivent être pris en compte. L'augmentation du nombre d'apports ne traduit pas toujours une amélioration des pratiques. De même la suppression d'un apport inutile, ou en période à risque, la réduction du nombre d'apports suite à l'utilisation d'un engrais retard, doivent être interprétés favorablement. La fertilisation goutte à goutte n'est pas concernée et ne doit pas entrer dans ce calcul. L'interprétation est à moduler en fonction du type de sol. Il peut être décliné par zone en fonction de la sensibilité au lessivage en l'appréciant par exemple avec les valeurs de l'indicateur n°1 (P/RU). Couplé à l'indicateur n°10 (Azote disponible apporté) et à son évolution, il donne une bonne idée de l'évolution des pratiques en réponse aux conseils. Cet indicateur doit être interprété en tenant compte des indicateurs n°12 (N disponible hors périodes des besoins) et 19 (Ecart au conseil)
INDICATEURS SIMILAIRES	Fractionnement des apports d'azote

Proportion de l'azote disponible issu des apports organiques et minéraux hors des périodes de besoins de la culture.

OBJECTIFS	Estimer les risques liés à de l'azote disponible à une période où les besoins de la culture sont faibles ou nuls, et où les risques de lessivage sont importants. Cet azote disponible peut être issu de la minéralisation de la matière organique apportée (engrais de ferme, boues urbaines, etc...) et/ou des apports d'azote minéral
VALEUR DE RÉFÉRENCE	A fixer localement. Plus la valeur est faible, plus les risques sont faibles pour l'environnement. On doit tendre vers la valeur zéro.
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Annuel pour caractériser la pression, moyen terme pour caractériser l'évolution des pratiques.

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	(Sommes des quantités d'azote minéral apportées en période déconseillée + Sommes des quantités d'azote organique apportées et minéralisées hors besoins de la culture)/quantités d'azote disponible mises à disposition de la culture. Les quantités d'azote disponible mises à disposition de la culture correspondent à l'indicateur n°10. Il faut donc d'abord calculer cet indicateur n°10 (Azote disponible apporté) puis faire la distinction entre la quantité relative d'azote mal située par rapport aux besoins et celle qui est correctement située par rapport aux besoins. La somme des deux est égale à 100 %. Il est calculé par parcelle. Pour l'obtenir pour la sole consacrée à une culture, pondérer la valeur parcellaire par le rapport (surface de la parcelle/surface de la sole). On obtient donc un indicateur qui intègre à la fois la répartition des apports et les surfaces concernées. Pour comparer plusieurs exploitations, en matière de risque, on peut calculer cet indicateur au niveau de l'exploitation en pondérant chaque valeur obtenue par sole par le rapport (surface de la sole/SAU de l'exploitation). De la même façon on peut passer à l'échelle du territoire.
ORIGINE DES DONNÉES	Cahier d'enregistrement des épandages ou enquêtes
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	La parcelle, pour tenir compte de la variabilité des périodes inappropriées au regard des stades de développement ; La sole consacrée à une culture (niveau exploitation ou territoire si suffisamment homogène) ; L'exploitation ; Le territoire.
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle pour estimer la pression une année donnée et moyen terme pour apprécier l'évolution sur une période plus longue.

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	Il est important de définir les périodes inappropriées par rapport aux besoins des cultures mais aussi par rapport aux risques de lixiviation. Pour définir la part de l'azote organique rendu disponible, en dehors des périodes de besoins des cultures il faudra faire appel à des coefficients fournis dans des tables (cf brochures ci-dessous) ou à partir de dires d'experts. Porter une attention particulière aux valeurs proposées et à leur cohérence par rapport au contexte local. Lorsque des engrais retard sont utilisés, tenir compte du fait que des apports précoces n'impliquent pas une disponibilité précoce de l'azote de ces engrais. Cet indicateur ne doit être interprété que complété par les indicateurs n°11 (Nombre d'apports d'azote) et 19 (Ecart au conseil).
INDICATEURS SIMILAIRES	Part de l'azote issu des apports, disponible pendant les périodes de besoins de la culture (=100 - Indicateur 12).

EXEMPLE D'UTILISATION

L'exemple ci-dessous, et en particulier les chiffres relatifs à la disponibilité de l'azote, sont complètement fictifs et sans lien avec la réalité du terrain.

Une exploitation comporte 50 ha de blé tendre (3 apports d'azote minéral, 25 % disponibles en dehors des besoins), 10 ha de betteraves (1 apport et 40 % disponibles en dehors des besoins), et 30 ha de maïs (1 apport de fumier à l'automne et 1 apport de minéral au semis, 30% disponible en dehors des besoins). L'indicateur pour l'exploitation sera égal à :

$(25 \times 50/90) + (40 \times 10/90) + (30 \times 30/90) = 28,3\%$ de l'azote disponible sur cette exploitation l'est à une période qui ne correspond pas aux besoins des cultures.

Inversement, on peut dire que $100-28,3=71,6\%$ de l'azote disponible pour les cultures de cette exploitation l'est à une période qui correspond bien aux besoins des cultures.

On peut ainsi comparer les pratiques de plusieurs exploitations.

Références bibliographiques :

📖 Fertiliser avec des engrais de ferme (brochure ITP, ITCF, ITAVI, IE 2001)
📖 Calcul de la fertilisation azotée des cultures annuelles. Ed COMIFER 1996 (en cours de révision)

LES INDICATEURS AZOTE - FICHE N° 13 DE L'INDICATEUR **SOLDE CORPEN**
(COMMUNÉMENT NOMMÉ "BILAN" CORPEN)

PRESSION ÉTAT RÉPONSE PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE

OBJECTIFS	Repérer les exploitations à risque d'enrichissement du milieu en azote (compartiments eau, sol et air).
VALEUR DE RÉFÉRENCE	A définir localement (cette valeur n'est pas nécessairement zéro)
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Moyen terme (au moins 5 ans) et long terme.

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	<p>Solde = entrées d'azote - sorties d'azote</p> <p>“<u>Entrées d'azote</u>” : quantité globale d'azote (minéral et organique) utilisée sur l'exploitation ou sur la région considérée. N issu de la fixation symbiotique = 0</p> <p>“<u>Sorties d'azote</u>” : quantité globale d'azote exportée par les productions, obtenue par la somme pour toutes les cultures (rendement moyen par culture x coef. d'exportation/culture x surface occupée par la culture).</p> <p><i>Données nécessaires :</i></p> <p>Calcul à l'exploitation : assolement, rendement des cultures et quantités d'azote utilisées sur l'exploitation.</p> <p>Dans le cas de l'extension de l'approche à une petite région : rendement moyen par culture et assolement de la région et quantité d'azote utilisée sur la zone.</p>
ORIGINE DES DONNÉES	<p>Enquête ou valorisation des cahiers d'enregistrement des agriculteurs ou des données de la comptabilité.</p> <p>Dires d'experts pour les rendements moyens par espèce ou données ONIC, données DDAF ou SCEES ou ONIC pour les surfaces emblavées.</p> <p>Données coopératives/négoces pour les ventes d'engrais sur les communes concernées (avec le risque d'utilisation de stocks existants ou de reports de stocks), ou dire d'expert sur les doses moyennes par culture.</p>
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Exploitation (ou territoire)
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION

Le solde rend compte globalement des quantités d'azote sous 3 formes : nitrique (donc lessivable à court terme, risque pour l'eau), organique (stockage dans le sol éventuellement lessivable mais sur un plus long terme) et gazeuse (donc présentant d'abord un risque pour l'air), mais il n'en fournit pas la répartition.

Le solde Corpen est donc un indicateur pertinent sur le long terme, mais qui ne peut pas faire ressortir les risques de pollution sur le court terme. En effet, la pollution de l'eau est le résultat de 2 phénomènes :

- des phénomènes cumulatifs (enrichissement du milieu en azote par stockage temporaire sous une forme non lessivable et donc risque de relargage à long terme) pour lesquels le solde azote peut être un indicateur acceptable (avec les limites liées à l'augmentation du solde lié aux pertes gazeuses),
- des phénomènes instantanés (un stock d'azote sous forme minérale et des pluies drainantes) que l'indicateur ne permet pas de traduire.

Cet indicateur est calculé pour des **systèmes "à l'équilibre"** (cultures, pratiques culturales stables dans le temps, stabilité du taux de MO...). Il devient difficilement interprétable dans le cas de déstockage volontaire d'azote ou à l'inverse de stratégie d'enrichissement en MO du milieu. Il permet d'identifier les groupes d'exploitation à risque d'enrichissement en azote (dans les 3 compartiments) et de détecter les causes dominantes de risque, mais **ne permet pas de pointer les éventuelles parcelles ou situations ponctuellement très excédentaires** sur une exploitation ou un territoire ("boîte noire").

Les résultats doivent être accompagnés d'une interprétation avec des indicateurs complémentaires pour **ne pas confondre la réduction du risque** (diminution du solde) **avec la réduction des pratiques à risque** : une évolution favorable peut être le fait de meilleurs rendements (conduisant à plus d'exportations) et pas forcément à de meilleures pratiques. Les principaux indicateurs complémentaires sont : l'évolution des systèmes de culture et des assolements, le potentiel climatique de l'année, l'apparition éventuelle d'autres mesures (MAE réduction d'intrants).

Le calcul de cet indicateur est souvent abusivement réalisé à l'échelle de la culture et sur une année.

Dans le cas où il n'y a pas d'apports organiques, il permet de fournir une information simple à acquérir sur l'efficacité de l'utilisation de l'azote par la culture, mais **il n'autorise pas les comparaisons entre cultures** : pour 2 cultures différentes, le solde à l'équilibre de fertilisation est différent et non nul. Les comparaisons sont donc éventuellement à faire entre années pour une même culture (pour observer l'évolution sur une longue période), mais certainement pas entre cultures la même année.

De plus, les valeurs calculées, à l'instar du solde Corpen, ne donnent aucune information sur les risques de pollution nitrique des eaux.

INDICATEURS SIMILAIRES

Balance globale azotée (voir fiche 13 bis) : calcul similaire au solde CORPEN mais avec des références revues depuis 1988 et des précisions apportées quant à l'évaluation des exportations par l'herbe pâturée (voir DEXEL sur le site WEB de l'Institut de l'Élevage).

"Bilan" Bascule : le principe du "Bilan" Corpen a été repris pour un calcul à l'échelle de la rotation. Il permet alors de mieux comprendre d'où vient le risque et le poids relatif des différents systèmes de culture sur une exploitation ou une petite région.

EXEMPLE D'UTILISATION

Indicateur calculé fréquemment dans des opérations de gestion collective de l'azote (ex : les opérations Ferti-Mieux) ou dans le cadre de travaux de groupes d'agriculteurs.

Références bibliographiques :

- ☞ Solde Corpen et bilan apparent (JC Simon, 1988).
- ☞ CORPEN "Bilan de l'azote à l'exploitation" – 1988

BALANCE GLOBALE AZOTÉE (BGA)

PRESSION ÉTAT RÉPONSE PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE

OBJECTIFS

Evaluer les risques de pollution diffuse par enrichissement du milieu (eau, sol, air) en azote à l'échelle de l'exploitation d'élevage. Un solde positif traduit un enrichissement potentiel en azote du "système" sur lequel il est calculé et par là-même un risque de pertes vers le milieu. En effet, la valeur du solde traduit un enrichissement en azote sous 3 formes : nitrique (donc lessivable à court terme, risque pour l'eau), organique (stockage dans le sol éventuellement lessivable mais sur un plus long terme) et gazeuse (lié à l'épandage des engrais organiques et minéraux, à la dénitrification...), mais elle n'en fournit pas la répartition. La part des pertes gazeuses en bâtiment n'est pas incluse dans ce solde contrairement au "bilan" apparent ou "bilan" des minéraux (fiche 15).

VALEUR DE RÉFÉRENCE

La balance globale azotée est un indicateur de pilotage de l'azote organique et minéral à l'échelle de l'exploitation. Les valeurs de références doivent se construire en tenant compte du milieu et du système de production agricole. Cet indicateur doit être interprété avec d'autres indicateurs de pression. Les rejets d'azote des animaux et les exportations d'azote des végétaux sont issus des travaux du CORPEN 1998, 1999, 2001 et 2003.

PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION

Pluriannuel

CONSTRUCTION**MÉTHODE DE CALCUL**

Le principe de la Balance Globale Azotée après apport de N minéral est apparenté au solde CORPEN.

Cette balance consiste à totaliser d'une part les entrées d'azote, correspondant à la fertilisation organique totale et à la fertilisation minérale et d'autre part les sorties d'azote par le système de cultures.

Les entrées d'azote correspondent aux rejets totaux d'azote par les animaux de l'exploitation, aux importations d'engrais de ferme moins les exportations, aux achats d'engrais du commerce. Les entrées d'azote par la fixation symbiotique des légumineuses associées aux graminées, à la fois pour les prairies permanentes et les prairies temporaires ne sont pas comptabilisées. Les deux principales entrées d'azote proviennent donc de l'azote rejeté par les animaux, des engrais de ferme et du commerce épandus.

On peut les détailler de la façon suivante :

- **L'azote produit par les animaux de l'exploitation** : l'azote organique, d'origine animale produit par les effectifs animaux moyens présents sur l'exploitation.
- **L'azote issu des importations d'engrais de ferme et des boues de stations.** Cette entrée d'azote est comptabilisée à partir des bordereaux de livraisons de lisier ou de fumier, en provenance des tiers.
- **L'azote des engrais du commerce** est comptabilisé à partir de la déclaration de l'éleveur, culture par culture. Une consolidation peut être réalisée à partir des achats totaux d'engrais recensés au niveau de la comptabilité.

L'azote de la fixation d'azote symbiotique dans les prairies permanentes, temporaires ou artificielles n'est pas comptabilisé. Pour les légumineuses à graines et les protéagineux, les exportations d'azote correspondent aux entrées d'azote par la fixation, soit un solde de zéro. Si certaines de ces légumineuses reçoivent des engrais, on considère que les kg d'azote épandus correspondent à autant d'azote fixé en moins.

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL

Les sorties d'azote correspondent aux exportations par les végétaux. Pour les cultures fourragères ou non fourragères, il faut préciser le devenir de la récolte en grains plus paille (si celle-ci est récoltée) et en fourrages. Au niveau des prairies, le rendement est établi à partir du bilan fourrager permettant d'estimer la quantité d'herbe consommée par les animaux au pâturage. Les sorties correspondent également aux exportations d'effluents chez les tiers.

Exportations d'azote produit par les animaux sur l'exploitation : l'azote organique, d'origine animale qui est exporté sur les terres d'un tiers ou collecté par un fabricant d'engrais horticoles et autres.

Exportations d'azote par les cultures fourragères et non fourragères : les exportations d'azote par les cultures fourragères et non fourragères correspondent à la production de grains, paille ou fourrage au champ, affectés de leur teneur en azote. La paille utilisée sur l'exploitation et recyclée par le fumier est considérée comme une exportation.

Exportations d'azote par les prairies : les exportations d'azote par les prairies correspondent aussi à la production d'herbe multipliée par la teneur en azote de l'herbe.

La production d'herbe valorisée au pâturage (voir bilan fourrager) est estimée à partir de la méthode simplifiée du bilan fourrager.

La balance globale azotée après engrais est la différence entre les sorties d'azote et les entrées. Elle prend en compte l'ensemble des îlots culturels d'une exploitation et résume les pratiques de fertilisation de l'éleveur. Le solde de la balance correspond aux pertes d'azote par lessivage, à l'organisation de l'azote dans le pool d'azote humique et aux pertes d'azote par volatilisation au champ (épandage, pâturage, ...). Cette balance diffère du "bilan apparent" de l'azote.

BGA après engrais = [(Effluents d'élevage épandus + Autres effluents importés + restitutions pâturage plein air + apports d'engrais minéraux) - (Exportations des cultures)]

ORIGINE DES DONNÉES	Déclaration
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Exploitation
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION

Cet indicateur doit être interprété avec d'autres indicateurs de pression. Les rejets d'azote des animaux et les exportations d'azote des végétaux sont issus des travaux du CORPEN 1998, 1999, 2001 et 2003. Cet indicateur est calculé pour des systèmes "en croisière" (cultures, pratiques culturales stables dans le temps, stabilité du taux de MO...). Il devient difficilement interprétable dans le cas de déstockage volontaire d'azote ou à l'inverse de stratégie d'enrichissement en MO du milieu. Le raisonnement pluriannuel de la gestion des engrais de ferme résulte également du plan d'épandage, du plan prévisionnel de fertilisation (PPF) et du cahier d'enregistrement pour renseigner des indicateurs agronomiques. Dans la majorité des cas, la balance après engrais est supérieure à zéro.

INDICATEURS SIMILAIRES

Pression d'azote issu d'effluents d'élevage/SR
Pression d'azote minéral par hectare de SR
Sols nus en période de lixiviation importante par hectare de SR
SAMO/SR

PRESSION ÉTAT RÉPONSE PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE

Indicateur de l'équilibre de fertilisation

OBJECTIFS	Estimer après la récolte, l'excès d'azote lié aux pratiques de fertilisation, par une évaluation de l'adéquation des pratiques aux besoins de la culture.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	Définie localement. En Poitou-Charentes, il existe 4 classes : Equif ≤ 0 ferti N un peu juste 0 < Equif ≤ 40 ferti N bien ajustée 40 < Equif ≤ 80 ferti N élevée 80 < Equif ≤ 120 ferti N très en excès
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Annuel

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	$EQUIF = FS + (CAU \times X) - bY$ <p> b = besoin en azote par unité de production Y = rendement réalisé CAU = coefficient apparent d'utilisation de l'azote (fixé à 80%) X = dose d'azote apportée FS = fournitures en azote du sol (estimées à partir de témoins non fertilisés et présentées sous forme d'un abaque régional) </p> <p>Données nécessaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - culture récoltée, rendement obtenu, dose totale d'azote minéral apportée, apports organiques (effluents, prairie) - type de sol
ORIGINE DES DONNÉES	Enquêtes
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Parcelle
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	<p>Comme pour tous les indicateurs de bilans azotés prenant en compte le rendement, l'effet de l'année est très important sur le résultat. L'interprétation doit donc en tenir compte pour ne pas confondre réduction de l'excès d'azote (par le biais de rendements importants par exemple) et réduction des pratiques à risque d'excès d'azote. EQUIF peut être exprimé en valeur absolue ou en classes établies à dire d'experts et basées sur des références régionales. Les classes permettent de masquer la valeur absolue de l'indicateur, qui apporte une précision trompeuse compte tenu des simplifications opérées dans le calcul. Par construction, EQUIF se rapproche de l'estimation d'un excédent d'azote sous forme minérale. Mais s'il varie dans le même sens, il n'est pour autant pas assimilable à un reliquat récolte. En effet, seule une partie de l'excès de fertilisation se retrouve dans le reliquat azoté à la récolte.</p> <p>L'indicateur est basé sur une hypothèse de fournitures du sol correspondant à une valeur médiane. Ce poste est par ailleurs identique quelque soit le bilan azoté du précédent ou le climat hivernal.</p> <p>Initialement paramétré pour les grandes cultures annuelles en Poitou-Charentes, il a été étendu à la vigne et aux prairies en place. L'intégration des situations d'élevage (d'effluents organiques) est en cours.</p>
----------------------------------	---

Références bibliographiques :

 AIMON-MARIE F., ANGEVIN F., GUICHARD L., 2001. "MERLIN : une méthode agronomique pour apprécier les risques de pollution diffuse par les nitrates d'origine agricole". Agrotransfert, Lusignan, 27 p.

PRESSION ÉTAT RÉPONSE PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE

Le "bilan" apparent de l'azote est également appelé "bilan" des minéraux lorsqu'il est réalisé sur l'azote, le phosphore et la potasse. Il s'agit d'un solde.

OBJECTIFS	<p>Ce "bilan" est un indicateur global des niveaux d'excédents N P K sur une exploitation. L'excédent est un indicateur de risque de pertes vers l'eau, l'air et de stockage d'éléments dans les sols. La répartition de l'excédent entre ces trois compartiments dépend du système de production, du milieu et de la gestion des minéraux dans l'exploitation.</p> <p>Le bilan apparent ou bilan des minéraux se distingue du bilan CORPEN ou BGA par le fait qu'il intègre les pertes par volatilisation d'ammoniac en bâtiment ainsi que toutes les pertes d'azote gazeux liées à l'épandage des déjections animales.</p>
VALEUR DE RÉFÉRENCE	<p>A définir localement par système de production</p>
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	<p>Moyen et long terme</p>

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL

Le principe consiste à sommer tous les minéraux entrés via les engrais, les aliments concentrés et les compléments minéraux vitaminiques, la fixation symbiotique, les déjections importées d'un tiers, les pailles ou fourrages achetés, d'en déduire toutes les sorties de l'exploitation via les productions de lait, viande, récoltes végétales vendues ou données à des tiers, déjections animales exportées chez des tiers. L'ensemble des produits ci-dessus est corrigé des variations de stock et d'inventaires animaux. Le solde de minéraux ainsi obtenu est ramené à l'hectare de SAU. La période de calcul correspond généralement à l'année comptable de façon à obtenir plus rapidement les informations (achats, ventes, variations de stock et inventaires d'animaux).

Ce bilan s'exprime donc de la façon suivante :

- en kg N/ ha SAU/an
- en kg P / ha SAU/an (ou P₂O₅ selon les auteurs)
- en kg K/ ha SAU/an (ou K₂O selon les auteurs)

Méthode de calcul et référence des teneurs : document téléchargeable sur le site de l'Institut de l'élevage, club des métiers élevage et environnement à l'adresse :

http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/article.php3?id_article=4017

Logiciel de calcul en ligne sur les sites de la DRAF et DIREN Bretagne, INRA, Chambres d'agriculture, Institut de l'élevage...

Les données nécessaires sont en majorité disponibles dans le grand livre comptable de l'exploitation complété des bordereaux de livraison des effluents en cas d'importation ou d'exportation de déjections animales vers des tiers. Ce bilan est donc généralement facilement réalisable. L'appréciation de la fixation symbiotique par les légumineuses reste le point le plus délicat en absence de suivi des parcelles dans le cas des prairies d'associations. Il est également parfois nécessaire de demander au vendeur d'aliment la composition de certains produits.

CONSTRUCTION

ÉCHELLES D'ACQUISITION
DES DONNÉES

Exploitation agricole

PÉRIODICITÉ DE CALCUL

Annuelle

UTILISATION

CONSEILS
D'INTERPRÉTATION

Ce "bilan" est un indicateur global du risque et ne présume pas directement des niveaux de pertes d'azote par lessivage dans l'année dans une situation donnée par exemple. L'analyse des marges de progrès possible demande de disposer d'informations complémentaires sur le système de production, les pratiques agricoles et le milieu. Des situations de références régionales faisant le lien entre systèmes optimisés et pertes d'azote mesurées dans l'eau et l'air permettent de mieux apprécier le risque.

C'est un indicateur pédagogique pour les agriculteurs car :

- il est simple de principe, concret (achat/ventes de produits), et valorise des données simples d'accès ;
- il aborde globalement les aspects air/sol/eau à l'échelle de l'exploitation et annuellement ;
- il est lié à la comptabilité de l'exploitation.

Indicateur très sensible aux pratiques de fertilisation minérale et à l'alimentation des animaux dans un système de production donné.

Indicateur robuste : les données nécessaires au calcul sont préenregistrées et les teneurs des produits sont bien connues. En effet, en élevage cette échelle de bilan permet de ne pas avoir à estimer des postes délicats comme le stock d'éléments N P K contenus dans les déjections par les animaux de l'exploitation ou les teneurs et les quantités de fourrages consommés par les animaux présents (pâturages, teneur de l'herbe...).

Ce bilan a été adapté à l'élevage de porc (voir fiche suivante).

Références bibliographiques :

 Le bilan apparent de l'azote à l'échelle de l'exploitation agricole : méthodologie et résultats, SIMON ET AL 1992 FOURRAGES 129 79-94.

 Typologie des bilans d'azote de divers types d'exploitation agricole : recherche d'indicateurs de fonctionnement. SIMON J.C. ET AL, 2000 Agronomie, 20, 175-195. Simon J.C. (199).

 Optimisation du bilan des minéraux des exploitations laitières. Méthode de simulation des flux N-P-K paramétrée pour la région Bretagne CR Institut de l'Elevage, EDE 2000.

 Maîtrise des flux d'azote et de phosphore à l'échelle de l'exploitation et incidence sur la qualité de l'eau à l'échelle du bassin versant dans les régions d'élevage intensif de l'Ouest de la France, Chambaut H. et al, colloque bassin versant à vannes, 2004

PRESSION ÉTAT RÉPONSE PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE

OBJECTIFS	Estimer les rejets d'azote d'un élevage porcin, tous ateliers réunis (reproducteurs, post-sevrage et engraissement) en distinguant les émissions par voies gazeuses et les rejets d'azote au niveau des effluents d'élevage à gérer par l'éleveur.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	A définir localement
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Pluriannuel

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL

Quantités d'azote émises par voies gazeuses (bâtiment et stockage) pour une année :
pour un logement sur caillebotis

$$= (0.25) \times N \text{ excrété} + (0.05) \times [(1-0.25) \times N \text{ excrété}]$$

La formule somme les émissions gazeuses azotées au bâtiment estimées à 25 % de l'azote excrété par les animaux et les émissions au stockage estimées à 5 % de l'azote stocké.

pour un logement sur paille

$$= 0.57 \times N \text{ excrété}$$

La formule globalise les émissions au bâtiment et au stockage.

Quantité d'azote rejeté au niveau des effluents d'élevage à gérer

$$= N \text{ excrété} \times (1-0.25) \times (1-0.05) \text{ pour un logement sur caillebotis}$$

$$= N \text{ excrété} \times (1-0.57) \text{ pour un logement sur paille}$$

N excrété par élevage

$$= N \text{ ingéré} - N \text{ retenu reproducteurs} - N \text{ exporté (+ N porcelets)}$$

Avec :

$$N \text{ ingéré} = \Sigma (\text{teneur en protéines des aliments ou des matières premières} \times \text{quantité consommée}) / 6.25$$

$$N \text{ retenu reproducteurs} = 7 \text{ g par jour de présence (en moyenne)}$$

N exporté par les porcelets et/ou les porcs à l'engrais :

- pour les naisseurs-engraisseurs

$$= e^{(-0.9385 - 0.0145 \times TVM)} (0.915 \text{ PV}, 1009)^{(0.7364 + 0.0044 \times TVM^*)} / 6.25$$

- pour les post-sevrageurs ou engraisseurs

il faut retirer du calcul précédent l'N corporel retenu en début d'engraissement (N porcelets)

Cet indicateur s'exprime en quantité d'azote épandable (g ou kg)

Données nécessaires :

Type d'élevage (naiseur-engraisseur, post-sevrage engraisseur, engraisseur)

Effectif de porcs produit par an

Poids vif initial et final et TVM

Indice de consommation

Type d'aliments (taux de protéines) par stade physiologique

(* TVM : Teneur en Viande Maigre)

CONSTRUCTION

ORIGINE DES DONNÉES Par enquête auprès des éleveurs

ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES Exploitation agricole

PÉRIODICITÉ DE CALCUL Annuelle

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION

Le calcul du bilan simplifié se base sur des données parfois peu disponibles et/ou très variables. C'est notamment le cas des pourcentages d'émissions gazeuses sous formes azotées en bâtiment et au niveau du stockage des effluents d'élevage. Il est nécessaire à l'avenir de mieux préciser l'importance et la nature de ces pertes. L'utilisation du bilan simplifié conduit à une détermination plus précise des rejets de l'élevage, en particulier lorsque les performances s'éloignent de la moyenne ou qu'une conduite alimentaire particulière est utilisée.

Indicateurs complémentaires : Solde CORPEN et "bilan" apparent à l'échelle de l'exploitation.

Références bibliographiques :

- Brochures CORPEN :
- 👉 "Estimation des rejets d'azote et de phosphore des élevages de porcs" (1996)
 - 👉 "Estimation des rejets d'azote – phosphore – potassium – cuivre et zinc des porcs" (2003)

JOURNÉES DE PRÉSENCE AU PÂTURAGE PAR HECTARE ET PAR AN

PRESSION ÉTAT RÉPONSE

PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE

OBJECTIFS	Qualifier le degré d'intensification de la pression de pâturage dans les parcelles d'une exploitation, d'un bassin versant.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	A définir localement

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	<p>(Pour chaque passage d'animaux sur une parcelle, somme des effectifs d'animaux) x (coefficient UGB du type d'animaux pâturant) x (nombre de jours sur la parcelle) x (nombre d'heures au pâturage par jour/24H).</p> <p>Le total des journées équivalentes UGB ainsi calculées sur l'année est divisé par la surface de la parcelle.</p> <p>On obtient un total de journées équivalent plein temps d'UGB/ ha/an sur la parcelle.</p> <p>Données nécessaires : <i>Pour chaque passage d'animaux pâturant une parcelle :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - effectif et type d'animaux (pour affecter le coefficient UGB) - temps de présence par jour sur la parcelle - nombre de jours concernés <p>Surface pâturée</p>
ORIGINE DES DONNÉES	Entretiens auprès de l'éleveur, enregistrement du planning de pâturage
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Exploitation agricole Territoire
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	<p>Un nombre élevé de JPP est souvent lié à une prairie exploitée exclusivement par pâturage. Un nombre de JPP moyen ou faible (selon seuils estimés localement) peut indiquer soit une exploitation partielle de la prairie par pâturage, une partie de la production étant ensuite récoltée mécaniquement, soit des prairies peu productives pâturées. Si le nombre de JPP est très élevé et qu'il excède le potentiel de rendement des prairies dans la petite région, cela peut indiquer une situation partielle de "parcelle parking" : pendant une partie de l'année la production de la prairie est insuffisante pour nourrir les animaux qui sont alors complétés (apports de fourrages extérieurs).</p> <p>Cet indicateur renseigne, à travers des journées équivalent plein temps UGB au pâturage, sur l'importance des rejets azotés via les restitutions animales. Au delà des seuils identifiés, le risque de lessivage augmente fortement. Cet indicateur calculé à la parcelle d'après le planning de pâturage réalisé est très dépendant du chargement global dans l'exploitation (UGB/SFP) et de la part de maïs dans le système fourrager. Il doit être utilisé par groupe de parcelles ou globalement au niveau de la sole prairiale.</p> <p>Indicateurs complémentaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Azote non maîtrisable/ ha prairie pâturée - Ares pâturés/ UGB - % temps de présence des animaux en bâtiment sur l'année - Dose d'azote minéral sur prairie kg N/ha/an
---------------------------	---

PRESSION ÉTAT RÉPONSE PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE

Émission annuelle de NH₃ dans l'air pour les élevages porcins et avicoles

OBJECTIFS	<p>La méthode de calcul a été mise en place et est utilisée dans le cadre de la déclaration annuelle des émissions polluantes concernant les installations classées soumises à autorisation (arrêté du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable du 24 décembre 2002).</p> <p>Les élevages concernés sont ceux ayant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - plus de 750 emplacements truies (femelles saillies ou ayant mis bas) ou plus de 2000 emplacements porcs charcutiers (porcs à l'engrais de plus de 30 kg, jeunes femelles avant la première saillie et animaux en élevage de sélection et multiplication) pour les élevages porcins, - plus de 40 000 animaux équivalents pour les élevages avicoles <p>et dont les émissions dans l'air sous forme d'ammoniac (NH₃) sont supérieures à 10 000 kg par an.</p>
VALEUR DE RÉFÉRENCE	<p>Une diminution de la valeur sur plusieurs années est souhaitable sachant que le zéro n'est techniquement pas atteignable.</p>
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	<p>Pluriannuel</p>

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL

Cet indicateur correspond à une quantité (kg) de NH₃ émis par l'élevage (bâtiment, stockage et parcelles) dans l'air pendant une année

Quantité de NH₃ émise par l'élevage = émission brute - abattements

Emission brute en porc = émission standard - réduction due à une alimentation biphase pratiquée

- Emission standard pour les porcs = émission standard par type d'emplacement x nombre d'emplacements x taux d'activité

Avec :

Emission standard par emplacement de truie = 11.6 kg NH₃ / an

Emission standard par emplacement en post-sevrage = 1.8

Emission standard par emplacement d'engraissement = 6.8

Les émissions standard par emplacement sont calculées pour des élevages porcins considérés comme représentatifs, c'est-à-dire sur caillebotis intégral béton en ventilation dynamique avec stockage du lisier en préfosse dans le bâtiment, stockage extérieur non couvert et épandage buse-palette sans enfouissement.

Un taux d'activité d'élevage est pris en compte et compris entre 0 et 1.

En cas d'alimentation biphase (au moins deux aliments distribués à chaque stade physiologique), une réduction de 17% est appliquée à l'émission standard.

CONSTRUCTION

Emission brute en volaille = émission standard selon les espèces :

- 2,9 kg/m² de bâtiment (poulets, dindes, pintades et volailles de reproduction)
- 1,7 kg/m² de bâtiment (poulettes)
- 4,6 kg /m² de bâtiment (canards à rôtir)
- 0,150 kg/place de poules pondeuses (gestion des fientes : fientes séchées)
- 0,450 kg/place de poules pondeuses (gestion des fientes : fosse profonde)
- 0,300 kg/place de poules pondeuses (gestion des fientes : autres systèmes)

En cas de compostage, les valeurs standard sont augmentées de 10 %.

En cas de transfert vers une unité de transformation, les valeurs standard sont réduites de 25 %.

Abattements liés aux voies de réduction autres que alimentaires mises en œuvre

Abattement = taux d'abattement x part de NH₃ concernée

Avec comme valeurs de taux d'abattement :

- Lavage d'air (en porc) : 0.23 (si lavage uniquement sur l'engraissement) ;
0.40 (si lavage sur l'élevage entier)
- Couverture des fosses au stockage des effluents : 0.06
- Matériel spécifique utilisé pour l'épandage de lisier brut : 0.23
- Station de traitement des lisiers : 0.33

Données nécessaires :

- Porcs : nombre d'emplacements truie, post-sevrage et engraissement.
- Volailles : surface des bâtiments ou nombre de places (poules pondeuses).
- Fonctionnement de l'élevage sur l'année (normal ou arrêt momentané ou définitif de la production de tout ou partie de l'élevage).
- Porcs : type d'alimentation par stade physiologique (standard ou multiphase).
- Voie(s) de réduction des émissions d'ammoniac utilisée(s) en précisant sur quelle partie de l'élevage ou sur quelle quantité des effluents.

ORIGINE DES DONNÉES	Déclaration des éleveurs
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Exploitation
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION

Une diminution des émissions d'ammoniac annuelle, à effectif constant sur plusieurs années, ne peut être due qu'à la mise en œuvre de techniques de réduction.

Références bibliographiques :

- ☞ "Questionnaire relatif aux rejets annuels polluants dans l'eau et dans l'air des élevages pour l'année 2003"
- ☞ "Guide pour l'évaluation de l'émission de NH₃ dans l'air des élevages de porcs et de volailles", documents envoyés aux élevages de porcs soumis à autorisation dans le cadre de l'arrêté du 24 décembre 2002.

PRESSION ÉTAT RÉPONSE PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE

Écart de la dose d'azote apportée par rapport à la dose optimale

OBJECTIFS	Estimation simplifiée des risques de surfertilisation par un calcul de l'écart au conseil : écart entre le conseil (établi selon la méthode des bilans) donné sur la quantité d'azote à apporter par parcelle et la pratique de l'agriculteur en kg/ha d'azote efficace.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	Souvent déterminée localement. En toute logique la valeur de référence devrait être de zéro. Exemple de classes retenues pour la région Bretagne (par culture, en % d'agriculteurs) : - correctement fertilisé < à 50 kg/ha d'azote d'écart au conseil, - légèrement sur-fertilisé entre 50 et 100 kg/ha d'azote, - sur-fertilisé : > à 100 kg/ha d'azote

CONSTRUCTION

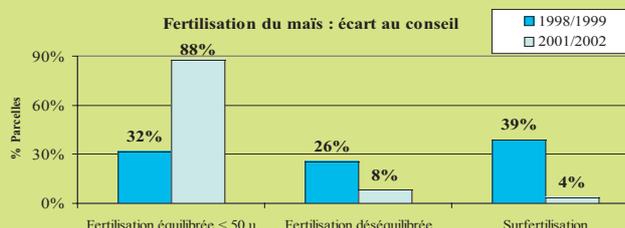
MÉTHODE DE CALCUL	Quantité d'azote conseillée (issue du calcul par la méthode des bilans) - quantité d'azote appliquée. Calcul réalisé par parcelle ou par sole d'une culture (moyenne pondérée). Les quantités d'azote comprennent l'engrais minéral et les éventuels apports organiques, exprimés en azote efficace (voir coefficients d'équivalence engrais). Données nécessaires : - précédent : type, rendement et dose d'azote apportée, ou RSH sur la parcelle ; - rendement objectif par culture ; - référentiel des fournitures en azote du sol ; - quantité d'azote minéral et organique apportée.
ORIGINE DES DONNÉES	- enquêtes parcelles sur un échantillon d'agriculteurs. - consultation des cahiers de fertilisation et des plans prévisionnels de fertilisation chez l'agriculteur. - recueil auprès des prescripteurs réalisant les plans prévisionnels de fertilisation.
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Parcelle
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	C'est un indicateur de réponse, qui mesure l'adhésion des agriculteurs aux conseils (sont-ils suivis ou non, et dans quelle proportion ?). L'interprétation suppose que plus l'on s'écarte du conseil et plus la situation est risquée en terme d'équilibre de fertilisation. Cette interprétation s'appuie sur des hypothèses fortes pas toujours vérifiées : - que le conseil donné est lui-même pertinent et ne conduit pas à de la surfertilisation (par exemple par un objectif de rendement surestimé, ou une fourniture du sol sous-estimée). - que la dose appliquée par l'agriculteur conduit à un rendement proche de celui visé par le conseil. Indicateurs complémentaires pour éclairer l'interprétation : - écart au rendement objectif - surface en période déconseillée
INDICATEURS SIMILAIRES	Indicateur de réponse de type : - nb d'agriculteurs réalisant un plan de fumure - nb d'agriculteurs utilisant des outils de raisonnement

EXEMPLE D'UTILISATION

Pourcentages d'agriculteurs dont l'écart au conseil est situé dans les 3 classes d'écart.



Méthode d'Évaluation des Risques de Lixiviation des Nitrates

OBJECTIFS	<p>Évaluer de façon qualitative le risque de lessivage de nitrates en fonction de la situation culturale (succession et pratiques de fertilisation) et du milieu, à partir de données relativement simples à renseigner.</p> <p>L'indicateur n'est pas assorti d'une valeur de référence proprement dite. En revanche son calcul débouche sur 3 classes de risque croissant.</p>
------------------	--

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	<p>MERLIN est issu de la combinaison de 3 indicateurs, exprimés en classes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - EQUIF (indicateur de l'équilibre de fertilisation en 4 niveaux - voir fiche n°14), - IC (indicateur de gestion de l'interculture, en 4 niveaux), basé sur l'aptitude du couvert à absorber de l'azote avant la reprise du drainage. - SENSIB (sensibilité du sol à l'infiltration, en 3 niveaux) souvent établie par des pédologues et cartographiée, ou classée en fonction du type de sol et de sa réserve utile. <p>Le croisement de ces 3 indicateurs s'appuie sur des règles élaborées à dire d'experts. Ces règles reposent sur l'hypothèse forte que les 3 indicateurs n'ont pas le même poids et ne sont pas additifs.</p> <p>Les tableaux ci-après présentent les règles de décision retenues pour le croisement des indicateurs.</p> <p>Données nécessaires par parcelle :</p> <ul style="list-style-type: none"> - type de sol, RU et/ou classe de Sensibilité, - culture récoltée, rendement obtenu, dose totale d'azote minéral apportée, apports organiques (effluents, prairie) ; - modalités de gestion des résidus (exportés, enfouis, mulchés) ; - nature, niveau de développement et date de destruction des repousses ou d'une éventuelle CIPAN ; - nature et date de semis de la culture suivante.
ORIGINE DES DONNÉES	<p>Enquête ou valorisation des cahiers d'enregistrement des agriculteurs ou des données issues des plans de fertilisation.</p> <p>Carte des sols</p>
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	<p>Exploitation ou territoire</p>
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	<p>Annuelle</p>

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	<p>Les classes et la combinaison sont établies à dire d'expert et basées sur des références régionales. Cette expertise nécessite d'être évaluée pour s'assurer du bien fondé de la hiérarchisation de différentes situations en terme de risque de fuite d'azote (poids accordé à chaque indicateur et interactions, pertinence des limites de classes...). La méthode propose un travail relatif à l'échelle d'une zone. Les comparaisons entre zones (par exemple entre petits bassins) demandent des précautions. L'indicateur Merlin n'intégrant pas le climat et la minéralisation automnale, il est préférable de faire des comparaisons avec le nouvel indicateur intermédiaire PracSys (succession de cultures et pratiques) issu du croisement d'Equif et d'IC.</p>
----------------------------------	---

EXEMPLE D'UTILISATION

En Poitou-Charentes :

- réalisation de diagnostics préalables à différentes actions bassins versants (Ferti-Mieux, périmètres de captage)
- suivi et évaluation d'actions territoriales (suivi global de l'évolution des risques sur un territoire agricole et visualisation de leur répartition spatiale)
- suivi et évaluation des risques dans des exploitations certifiées ISO 14001

Références bibliographiques :

- 📖 AIMON-MARIE F., ANGEVIN F., GUICHARD L., 2001 : "MERLIN : une méthode agronomique pour apprécier les risques de pollution diffuse par les nitrates d'origine agricole", Agroturf, Lusignan, 27 p.
- 📖 LAURENT M., AVELINE A., GUICHARD L., 2004 : "Indicateurs agri-environnementaux Equif et Merlin : Evaluation et évolution en Poitou-Charentes". 2p. Actes du colloque Bvfuture.
- 📖 ROUSSEAU M.L., 2003 : "L'évaluation de MERLIN, une méthode utilisée en Poitou-Charentes constituée d'indicateurs agro-environnementaux" (EQUIF, IC, SENSIB), Mémoire de fin d'études ESA Angers, 70p.

PRESSION
 ÉTAT
 RÉPONSE

 PARCELLE
 EXPLOITATION
 TERRITOIRE

OBJECTIFS	Fournir une estimation du lessivage de NO ₃ , après apports d'azote et après récolte, et des émissions gazeuses (NH ₃ suite aux apports, N ₂ O globalement sur l'année) de situations agricoles caractérisées par les pratiques, la succession de cultures et le type de sol.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	Les calculs d'émissions sont réalisés en kg N/ha/an et exprimés sur une échelle de 0 à 10, la valeur 7 correspondant à la "référence". Cette référence correspond : <ul style="list-style-type: none"> - pour I_{NO₃} : à la quantité lessivée pour le site donné et le climat (moyen ou de l'année) qui génère une concentration sous les racines de 50 mg NO₃/l ; - pour I_{NH₃} : à des émissions de 20 kg N-NH₃/ha/an (valeur moyenne des seuils de redéposition d'azote dans les écosystèmes fixés par les experts) ; - pour I_{N₂O} : à des émissions de 3 kg N-N₂O/ha/an, en grandes cultures et 5,4 en prairies.
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Période couvrant la succession culturale ou pas de temps annuel si toutes les séquences de la succession sont représentées.

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	<p>L'indicateur est basé sur un modèle opérationnel disponible sous forme de logiciel à www.inra.fr/indigo/</p> <p>Il calcule de manière chronologique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les émissions de NH₃ par des coefficients variant en fonction du type d'engrais, de la période d'apport, du mode d'apport (incorporation ou non) et du sol (calcaire ou non) ; - le lessivage de NO₃ après apport par l'équation de Burns, en prenant en compte la date d'apport, le fractionnement et la dose apportée ; - le lessivage après récolte par l'estimation d'un bilan post-récolte multiplié par un coefficient de lessivage obtenu par l'équation de Burns qui tient compte du drainage hivernal. Le bilan est calculé entre la date de récolte et le début du drainage (entrée hiver) et prend en compte le reliquat récolte (majoré si surfertilisation), la minéralisation des résidus et du sol, les apports après récolte et l'absorption par un couvert (CIPAN, culture suivante) ; - les émissions de N-N₂O par le coefficient de Bouwman (1,25 x dose N) x facteurs de correction (si le sol est hydromorphe, en cas de non labour, etc.). Dans le cas de légumineuse non fertilisée, les émissions sont estimées à 3 kg N-N₂O par an. <p>Données nécessaires : données disponibles sur l'exploitation agricole ou dans la région (sols, climat) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Climat : T°C moyenne annuelle, P- 0,5 ETP mensuel - Sol : texture, profondeur, matière organique, calcaire, hydromorphie, RU si disponible - Pratiques : culture+culture suivante avant hiver, gestion des résidus, type de travail du sol, apports N, etc.
ORIGINE DES DONNÉES	Enquête auprès d'agriculteurs Typologie de systèmes de culture construits à partir d'une enquête sur un petit territoire
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Parcelle
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION

La précision des estimations reste moyenne en particulier quand les données sols (notamment la RU) sont estimées avec peu de précision. L'utilisation de I_N dans les régions à hiver doux nécessite une adaptation des tables de paramètres (car les paramètres actuels correspondent aux régions du grand nord est de la France). L'indicateur ou le sous indicateur I_{NO_3} permet d'approfondir l'analyse du rôle des pratiques sur le risque d'émission et tester des scénarii d'amélioration. Il est basé sur un modèle simplifié mais demande une quantité de données plus importante qu'un indicateur simple.

Initialement proposé pour les grandes cultures, une version de I_N a été adaptée à la viticulture (travail de M. Thiollet avec l'ITV et le CIVC), à l'arboriculture (travail de P. Griffith CTIFL), puis aux prairies.

La base de I_N a été intégrée dans le modèle PERSYST* (INRA Grignon) qui évalue les risques d'émissions à l'échelle de la rotation et pour des séries climatiques.

INDICATEURS SIMILAIRES

DEAC / Aqualea

Cet indicateur est développé à l'UMR INPL-(ENSAIA)-INRA Nancy Colmar avec l'aide de l'ARAA.

Références bibliographiques :

- ☞ BOCKSTALLER, C., GIRARDIN, P., :
"IN", an indicator to assess nitrogen losses in cropping systems, 11th Nitrogen Workshop, Reims, INRA, 2001, pp. 419-420.
- ☞ BOCKSTALLER, C., GIRARDIN, P., :
"Evaluer les systèmes de culture à l'aide d'indicateurs agri-environnementaux : la méthode INDIGO®", Les Rencontres Annuelles du CETIOM, Paris, CETIOM, 2002a, pp. 54-58.
- ☞ BOCKSTALLER, C., GIRARDIN, P.,
2002b. "Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode INDIGO, Document INRA-ARAA, pp. 113.
- ☞ PERVANÇON, F., BOCKSTALLER, C., BERNARD, P. Y., PEIGNÉ, J., AMIAUD, B., VERTÈS, F., FIORELLI, J. L., PLANTUREUX, S., : 2005. "A novel indicator of environmental risks due to nitrogen management on grasslands". *Agriculture Ecosystems and Environment* 105, 1-16.

Modèle de simulation des flux d'eau et d'azote sous racines

OBJECTIFS

- Estimer les pertes d'azote par lessivage sous forme nitrique dans une parcelle au cours d'une rotation (succession de cultures) suivant les techniques culturales (cultures et intercultures).
- Diagnostiquer la qualité de l'eau drainée sous le territoire étudié.
- Hiérarchiser les solutions techniques de limitation du flux de nitrates perdu par lessivage.

Ce modèle calcule les volumes d'eau drainés et les flux d'azote nitrique lixiviés sous chaque parcelle agricole constitutive du territoire étudié. Son intérêt réside dans la possibilité :

- d'estimer les pertes dans des situations variées de parcelles sur lesquelles on connaît les sols et les pratiques culturales ;
- de tester l'impact de modifications de pratiques agricoles (fertilisation azotée minérale ou organique, gestion des résidus de culture, Cipan,..) sur ces variables de sortie, soit à l'échelle annuelle (campagne climatique particulière), soit à l'échelle pluriannuelle grâce notamment à la possibilité d'une analyse fréquentielle des résultats.

Le diagnostic porte sur deux variables : flux d'azote (kg N/ha) et indice de concentration en nitrates de l'eau drainée.

VALEUR DE RÉFÉRENCE

A définir localement selon les caractéristiques des systèmes

PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION

En début de programme et lors d'une remise à jour du diagnostic.

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL

1 - Grandes cultures annuelles :

- Calcul de la quantité d'azote minéral présente dans le sol à la récolte (fonction de l'espèce, du type de sol et du bilan d'azote du précédent) ;
- Calcul de la minéralisation des matières organiques du sol ou liées aux apports exogènes ;
- Calcul de la croissance automnale et hivernale (et de l'absorption d'azote) des couverts végétaux (cultures d'hiver ou Cipan) ;
- Calcul de la lixiviation d'azote (bilan hydrique et algorithme de Burns).

2 - Prairies :

- Relations lessivage $N = f(\text{dose annuelle})$ établies par milieu pédoclimatique sur la base de références expérimentales.
- Prise en compte du mode d'exploitation (part de fauche), de la croissance estivale et du taux de légumineuses.

CONSTRUCTION

ORIGINE DES DONNÉES

Données renseignées à la parcelle ou par îlots de parcelles et issues d'exploitations réelles ou bâties pour des exploitations type.

Données nécessaires :

Sol : profondeur, texture, charge en cailloux, %MO, humidités caractéristiques (des sols types sont proposés pour renseigner ces variables d'entrée par défaut).

Cultures : espèce, dates de semis et récolte, fumure azotée

Climat : Pluie, ETP, températures journalières.

Données météorologiques journalières.

ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES

Les calculs sont effectués à l'échelle de la parcelle agricole. Par agrégation de parcelles, il est possible de porter le diagnostic aux différentes échelles constitutives du territoire diagnostiqué (exploitation agricole, bassin versant).

PÉRIODICITÉ DE CALCUL

Les calculs sont réalisés sur trois périodes du cycle cultural (récolte à début drainage, début à fin drainage, fin drainage à récolte de la culture suivante). Les cycles culturaux peuvent être enchaînés.

L'interprétation des résultats peut se faire à différentes échelles de temps :

- Annuel : caractérisation des flux pour une campagne agricole donnée.
- Pluriannuel : c'est l'échelle à privilégier. Une option de calcul permet de réaliser une analyse fréquentielle des flux calculés sur une longue série climatique.

Calculs sensibles à la qualité des variables d'entrée.

Validation réalisée sur les sites expérimentaux de longue durée Arvalis et Cetiom.

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION

Une représentation graphique permet de visualiser le poids de chaque parcelle agricole sur les éléments constitutifs du flux d'azote : volume drainé et concentration en nitrates.

Deux indicateurs globaux sont calculés à l'échelle de la somme des parcelles agricoles : l'un porte sur le flux d'azote et l'autre sur la concentration en nitrates de l'eau drainée.

Conception : Arvalis-Institut du végétal, Cetiom, ITB

Diffusion : possibilités de prestations, études et collaborations à convenir avec les instituts concernés : Arvalis-Institut du végétal, Cetiom, ITB.

Références bibliographiques :

 CARIOLLE M.: 2002, DEAC-Azote, "Un outil pour diagnostiquer le lessivage de l'azote à l'échelle de l'exploitation agricole de polyculture. Proceedings of the 65th IIRB Congress, 13-14 février 2002, Bruxelles (B), pp 67-74.

PRESSION ÉTAT RÉPONSE PARCELLE EXPLOITATION TERRITOIRE

Evolution de la teneur en nitrates de l'eau de la ressource

OBJECTIFS	Caractériser la qualité de l'eau par rapport aux nitrates par une valeur moyenne, une valeur maximale, une fréquence de dépassement de la valeur de référence ou une valeur d'évolution de la teneur.
VALEUR DE RÉFÉRENCE	Valeurs définies localement sur la base de plafonds réglementaires.
PAS DE TEMPS NÉCESSAIRE POUR L'INTERPRÉTATION	Une succession de plusieurs années consécutives (surtout en eaux superficielles). Une périodicité de 3 – 4 ans (possible pour les eaux souterraines).

CONSTRUCTION

MÉTHODE DE CALCUL	Sélection du ou des points de prélèvements afin d'assurer la meilleure représentativité de la ressource en eau et des pollutions sur lesquelles l'action cherche à agir. Calcul de la moyenne des mesures réalisées sur la période définie (annuelle ou hivernale).
ORIGINE DES DONNÉES	Base de données ADES pour les Eaux souterraines ou base de données BNDE pour les eaux superficielles (www.eaufrance.fr) ou mesures locales.
ÉCHELLES D'ACQUISITION DES DONNÉES	Points de prélèvements (captages, sources, forages,)
PÉRIODICITÉ DE CALCUL	Annuelle ou pluriannuelle (3-4 ans).

UTILISATION

CONSEILS D'INTERPRÉTATION	Veiller à conserver les mêmes points de surveillance tout au long de l'action. Nécessité de coupler les données avec les données pluviométriques en eaux superficielles.
INDICATEURS SIMILAIRES	Flux d'azote

CHAPITRE 4

Un exemple d'utilisation
des indicateurs AZOTE

Application à une action locale visant à réduire la pollution des eaux par les nitrates agricoles

Exemple des Plateaux du Haut-Saintois (Vosges et Meurthe-et-Moselle)

L'action des plateaux du Haut Saintois constitue une des sept actions Ferti-Mieux mises en place en Lorraine.

Labellisée en juin 1993, elle se caractérise d'une part par son ancienneté, d'autre part par ses résultats obtenus sur la qualité de l'eau.

Sa présentation s'appuie sur le cadre proposé dans les chapitres 1 et 2 du présent guide et sur des extraits des rapports publiés sur les opérations Ferti-Mieux en Lorraine (1).

Dans un but pédagogique, il a ainsi été fait le choix de réinterpréter une expérience passée réussie, à la lumière des éléments méthodologiques présentés dans ce guide.

Du fait de la nécessaire adaptation aux actions et au contexte locaux, les indicateurs retenus dans cette partie peuvent parfois différer de ceux mentionnés dans les pages précédentes.

Tous les acteurs ayant œuvré dans le cadre de cette action et en particulier Pierre-Yves BERNARD (CRA Lorraine) et Annie KUNG-BENOIT (CA des Vosges) qui ont effectué une relecture attentive de cette présentation, sont vivement remerciés.

① Description de la zone d'action et diagnostic initial

L'augmentation régulière de la teneur en nitrates des eaux des sources (eaux souterraines) constatée dans les dernières décennies (teneur annuelle moyenne en nitrates comprise entre 50 et 55 mg/l) a conduit l'agence de l'eau Rhin-Meuse et les gestionnaires de l'eau issue des plateaux à s'associer aux Chambres d'agriculture des Vosges et de Meurthe et Moselle ainsi qu'à l'INRA de Mirecourt pour faire modifier les pratiques agricoles afin de restaurer à long terme la qualité des eaux, en association étroite avec les agriculteurs concernés.

Le milieu physique

Les plateaux du Haut Saintois sont constitués de calcaires fissurés du Bajocien inférieur d'une épaisseur variant entre 20 et 50 mètres, reposant sur un substrat marneux du Toarcien. Ils contribuent à l'alimentation en eau potable de 11 communes, à hauteur de 125 000 m³ par an, ainsi qu'un syndicat des eaux assurant la consommation de 40 communes pour près de 210 000 m³ par an. La ligne de sources se situe à la base du plateau à la jonction entre le calcaire et le substrat marneux ; 17 sources ont été recensées avec des teneurs en nitrates variant de 30 à 60 mg/l et représentant 8 aires d'alimentation en eau.

(1) Collectif Rapport d'étape 1991-1998. 92 pages et annexes ; Bernard P. Y., 2000. Ferti-Mieux en Région Lorraine. Quel impact sur la qualité des eaux souterraines ? 116 p et annexes.

Les sols de la partie sommitale des plateaux et des versants sont très diversifiés en matière de texture et se caractérisent par une réserve utile très faible à très importante. Ils présentent une grande sensibilité au lessivage compte tenu de leur importante perméabilité. Ils ont été mis en culture alors que les parties basses qui entourent ces plateaux concentrent le réseau hydrographique, les sols hydromorphes et les prairies permanentes et les bois.

Le bilan hydrique P-ETP est excédentaire durant les mois d'hiver et au début du printemps (mars - avril). La réserve utile des sols est alors reconstituée et une grande quantité d'eau est disponible pour s'infiltrer et alimenter les nappes.

Les principales activités agricoles

L'occupation des sols des plateaux est exclusivement agricole et forestière. Les 850 ha de SAU des plateaux, dont un tiers de prairies permanentes, étaient répartis, en 1991, entre 41 exploitations qui représentent une superficie agricole totale de 2900 ha et possèdent 20 à 75 % de leurs terres labourées sur les plateaux. La principale production est l'élevage bovin laitier ; les cultures principales sont les céréales d'hiver et le maïs fourrage, essentiellement localisées sur le plateau, et les prairies dans les vallées. Les chargements par ha de SAU sont modérés, en moyenne de 1,2 UGB/ha et variant de 0,6 à 1,8 UGB/ha.

Le diagnostic mené en 1991 sur les pratiques agricoles met en évidence une très forte concentration des apports de fumiers sur le plateau (63% du fumier produit est épandu sur les terres labourables du plateau soit 27% de la SAU). L'insuffisance des capacités de stockage conduit à des apports de fumiers frais y compris en période hivernale en particulier sur les terres du plateau dont les sols très filtrants restent praticables et permettent des épandages hivernaux.

2 Le plan d'actions

➤ Objectif : restaurer la qualité de l'eau

Afin de pouvoir continuer à utiliser ces eaux pour l'alimentation en eau potable sans accroissement du coût de l'eau qui est assez faible (50 centimes d'euros par m³), il convient d'assurer une protection efficace de cette ressource et de restaurer la qualité des sources ayant une teneur dépassant 50 mg/l.

Le double objectif fixé est de diminuer de 25% la moyenne des teneurs en nitrates des 17 sources et d'obtenir une teneur de 40 mg/l pour les sources ayant les plus fortes teneurs dépassant 50 mg/l.

➤ Actions menées

L'action a été lancée en 1991. Elle a regroupé de nombreux partenaires. Elle a bénéficié d'une forte animation auprès d'une population limitée d'agriculteurs.

La principale action issue du diagnostic initial a consisté à transformer le fumier en compost et à développer l'épandage de compost sur prairies permanentes hors plateau à des doses

faibles. Cette action a été accompagnée de deux autres mesures : le raisonnement de la fumure minérale en complément de la fumure organique notamment sur maïs et la mise en place de cultures intermédiaires pièges à nitrates.

La méthode du bilan azoté a été appliquée sur tout le bassin pour raisonner la fertilisation (fixation des objectifs de rendement et prise en compte des fournitures du sol).

La couverture des sols à l'automne a été encouragée sous forme de culture intermédiaire piège à nitrates ou à défaut de repousses de céréales.

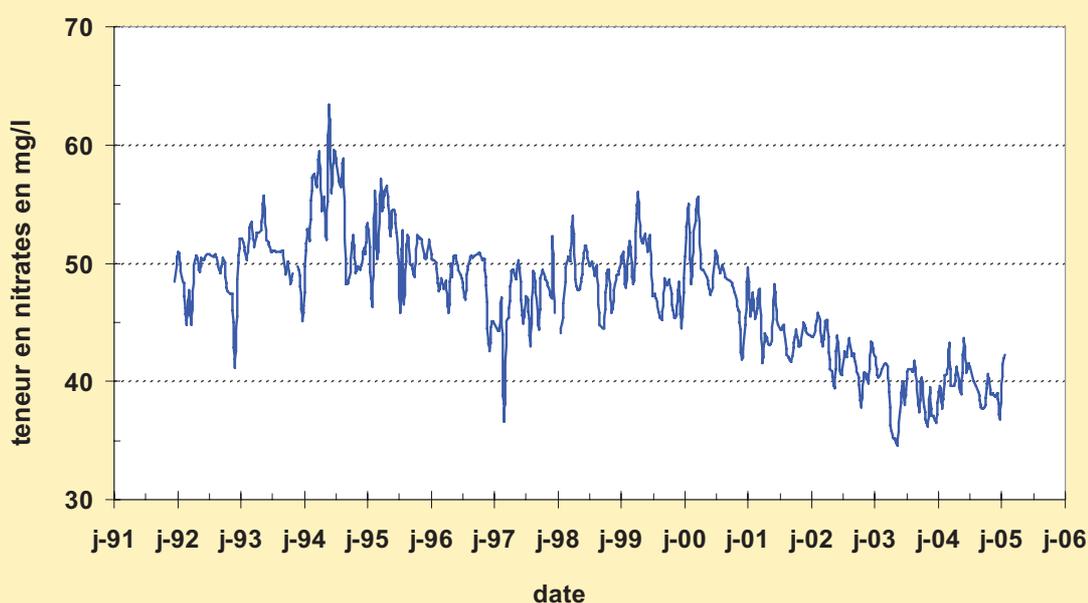
Ces actions ont été soutenues par des financements de l'Agence de l'eau Rhin Meuse, des Conseils Généraux de la Meurthe-et-Moselle et des Vosges, du Conseil Régional de Lorraine et du Ministère de l'Environnement. Ils ont permis d'une part de réaliser des investissements (composteuse et plate-forme de compostage), d'autre part de mettre en place des mesures agri-environnementales (MAE).

➤ Suivi - Évaluation

En matière de qualité de l'eau, une augmentation du nombre de prélèvements d'eau dans les principales sources a été prévue pour mieux suivre l'évolution de la teneur en nitrates et mieux relier cette évolution à celle des pratiques agricoles. Une collaboration INRA Mirecourt et Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine a ainsi permis de mettre en place en 1991 un réseau de suivi comportant 17 sources captées et 26 analyses par an et par source.

En matière d'activités agricoles, suite au diagnostic initial de 1991, une nouvelle analyse des pratiques a été réalisée en 1997 pour évaluer les changements de pratiques. Chaque année, l'implication des agriculteurs pour participer à l'action de compostage et à la contractualisation de MAE a été examinée.

**Evolution de la teneur en nitrates des sources du Haut-Saintois (54 - 88)
(moyenne sur 17 points de suivi)**



3 Résultats

Les dépassements du seuil de 50 mg/l dans les sources se font de plus en plus rares, et la teneur moyenne se situe entre 40 et 45 mg/l.

La pratique ayant eu le plus d'impact est l'augmentation de la surface recevant des déjections animales (forte réduction des doses sur maïs et utilisation des prairies). Il en a résulté une forte diminution du solde d'azote, calculé sur la base d'un calcul de type BASCULE (2) passant de 114 kg/ha à 21 kg/ha sur les terres du plateau. Simultanément, il y a eu une réduction des sols nus en hiver.

Les indicateurs retenus ont été construits selon la démarche "Etat/Pression/Réponse" et choisis compte tenu des objectifs fixés et des actions menées. Le tableau ci-après indique les valeurs objectifs fixées et les résultats obtenus lors d'une évaluation intermédiaire, 5 ans après le diagnostic initial et 10 ans après (uniquement pour les indicateurs d'état).

➤ Les indicateurs d'état

L'évolution des teneurs en nitrates dans les sources de ces plateaux depuis 20 ans montre, à l'origine de l'opération, une tendance à l'augmentation et de plus en plus fréquents dépassements de la norme de 50 mg/l.

L'action engagée a pour but de stopper ces augmentations et de retrouver des teneurs inférieures à la norme. Trois indicateurs d'état peuvent être construits : la teneur moyenne de l'ensemble des sources après le démarrage de l'opération (illustrée ci-dessus), la proportion de sources ayant stabilisé la dégradation, voire amorcé une inversion vers la restauration, le nombre de sources ayant une teneur inférieure à 50 mg/l, l'objectif poursuivi étant d'atteindre des teneurs inférieures à 50 mg/l dans toutes les sources.

➤ Les indicateurs de pression

Le diagnostic réalisé a montré l'importance des apports de fumier sur les terres labourables du plateau pour conduire à des fuites en nitrates importantes. Il en a résulté une action orientée vers un changement des pratiques relatives à la gestion des fumiers : réduction drastique des apports de fumier sur les terres labourables du plateau et réduction des doses d'azote minéral sur les maïs implantés sur le plateau. Le transfert de fumier sur les terres hors plateaux essentiellement consacré aux prairies permanentes impose sa transformation en compost.

Il en résulte les indicateurs suivants :

- La réduction drastique des apports de fumier sur le plateau peut être analysée d'une part par la proportion (en tonnes) de fumier épandu sur le plateau par rapport à la quantité totale de la zone, d'autre part par les proportions de surfaces à risques faible à nul et à risques forts sur le plateau. Les classes de risques sont déterminées en croisant succession de cultures et doses de fumier, selon une méthodologie proposée par le secrétariat technique de Ferti-Mieux (3) .

(2) Benoit M., 1992. Un indicateur des risques de pollution azotée nommé "BASCULE" (Balance Azotée Spatialisée des Systèmes de Culture de l'exploitation) Fourrages, 129, pp 95-110.

(3) Lanquetuit D., Sebillotte M., 1997. Le guide Ferti-Mieux pour évaluer les modifications de pratiques des agriculteurs - 179 pages.

➤ Indicateur "proportion de fumier"

Évolution des tonnages de matière organique
en T de fumier (ou équivalents)

	Plateaux		Hors plateaux		Total
	TL	STH	TL	STH	
1991	14 461	816	8 570	1 320	25 167
1997	5 586	1 135	10 497	11 759	29 960
	- 9 000	+ 300	+ 1 900	+ 10 500	+ 5 000

TL : terres labourables

STH : surfaces toujours en herbe

➤ Indicateur "surfaces à différents niveaux de risques sur et hors plateaux" en ha

Risques	Plateaux					Hors plateaux			
	TF	F	M	E	TE	TF	F	M	E
1991	267	153	11	211	119	1760	236	119	27
1997	278	388	105	72	6	1959	411	63	31

TF : très faible - F : faible - M : moyen - E : élevé - TE : très élevé

➤ La réduction des doses d'azote minéral sur les maïs implantés sur les plateaux peut être analysée à travers deux indicateurs : la dose moyenne devant significativement diminuer compte tenu des doses observées dans le diagnostic ; le solde d'azote (4) des terres labourables sur le plateau prenant en compte la fumure organique et minérale au regard des rendements, ce solde devant aussi être fortement réduit.

Compte tenu de la nécessité d'accompagner ces actions par la couverture des sols présentant le plus de risques, un objectif d'une centaine d'hectares implantés avec une culture intermédiaire piège à nitrates a été fixé. Il en résulte un indicateur, ratio entre la surface implantée en CIPAN et la surface nécessitant une CIPAN.

Ces indicateurs restent valides car on a observé une stabilité générale de la pression organique et des modes d'occupation des sols.

(4) Le solde d'azote est le résultat des balances azotées (entrées - sorties) par rotation, cumulées selon leur surface respective.

Le tableau de bord

Indicateurs	Valeurs objectifs fixées	Situation initiale (1991)	Situation intermédiaire (1997)	Situation actuelle (2004)
Indicateurs d'état				
Teneur moyenne en nitrates des 17 sources	- 25 %	Voir courbe	Voir courbe	Voir courbe
Nombre de sources où la dégradation est stoppée	100 %	0	78 %	78 %
Nombre de sources ayant une teneur supérieure à 50 mg/l	0	61 %	33 %	28 %
Indicateurs de pression				
Proportion de fumier épandu sur le plateau (tonnage)	< 25 %	63 %	22 %	
Dose moyenne d'azote minéral sur maïs sur plateau	↘	115 unités/ha	72 unités/ha	
Solde d'azote sur les terres labourées du plateau	↘	114 kg/ha	21 kg/ha	
Surfaces sur le plateau à risques faible ou nul	↗ (100 %)	45 %	74 %	
à risque fort sur plateau	↘ (0 %)	41 %	10 %	
Surface en CIPAN	100 ha	0	65 à 80	
Indicateurs de réponse				
Nombre d'agriculteurs faisant du compostage	16	0	14	
Surfaces contractualisées MAE en % des terres labourées du plateau	100 %	0	80 %	

➤ Les indicateurs de réponse

Deux indicateurs de réponses ont été retenus au regard des engagements des agriculteurs tant du point de vue de leur implication en matière de compostage que de surfaces du plateau contractualisées avec la MAE réductions d'intrants azotés.

Le diagnostic avait identifié 16 éleveurs épandant sur les terres des plateaux des quantités importantes de fumier et en conséquence prioritairement concernés par le compostage permettant de transférer une partie du fumier sur les prairies hors des plateaux.

Les MAE réduction d'intrants azotés ont été proposées à tous les agriculteurs ayant des terres labourables sur le plateau.

④ **Bilan et perspectives**

Certaines valeurs objectifs avaient été clairement fixées lors du lancement de l'action comme le nombre d'agriculteurs concernés par le recours au compostage, nombre fixé au regard des quantités de fumier qu'ils épandaient sur les terres du plateau ou la surface à implanter en culture intermédiaire piège à nitrates, surface fixée compte tenu des intercultures laissant le sol nu.

Certaines valeurs objectifs sont difficiles à fixer en valeur absolue et ont été remplacées par des sens de variation parfois accompagnés d'une valeur souhaitable (c'est souvent le cas des indicateurs de pression).

Enfin ces valeurs objectifs sont à accompagner d'un pas de temps qui peut être différent selon les indicateurs : une réponse doit être rapide (contractualiser une MAE), un changement d'état plus long (diminution de la teneur en nitrates).

Les différents indicateurs retenus concernent l'évolution des pratiques agricoles sur les terres du plateau puisque les efforts du plan d'action ont porté sur ces terres.

Cependant, l'évolution des surfaces à risque sur les terres hors des plateaux montre également une amélioration significative de la situation. En effet, le compostage du fumier a permis de réduire les apports d'azote organique sur les terres des plateaux ce qui était l'objectif et d'augmenter les apports sur les terres hors des plateaux. Toutefois, le compostage du fumier a pu contribuer à augmenter les pertes en NH_3 et N_2O .

Les indicateurs mentionnés dans ce guide sont pour la plupart déjà utilisés dans le cadre d'actions locales. Leur liste n'est pas exhaustive. Les opérateurs pourront la compléter par des indicateurs qu'ils jugeront plus adaptés aux problématiques qu'ils rencontrent.

Si la mise en œuvre d'indicateurs et leur suivi sont nécessaires au bon déroulement d'un plan d'action de maîtrise des pollutions par l'azote, la finalité du programme ne doit pas se simplifier à la seule évolution positive de quelques uns d'entre eux.

Leur évolution dans le temps doit témoigner de la pertinence des actions mises en œuvre et de l'implication des acteurs à atteindre l'objectif final de réduction de la pression azotée sur l'environnement... et, in fine, de reconquête de la qualité des milieux.

ANNEXES

POUR EN SAVOIR PLUS : SITES WEB

Site CORPEN :

www.ecologie.gouv.fr/ puis saisir "CORPEN" dans la case "chercher" et liens vers BRS Porcs à l'INRA de Rennes :

www.rennes.inra.fr/CORPEN/

Autres sites :

www.comifer.asso.fr/

www.eaufrance.fr/

www.eau-rhin-meuse.fr/

www.ifen.fr/

www.inra.fr/indigo/

www.oecd.org/agr/env/indicators.htm

www.virtualcentre.org/fr/dec/toolbox/refer/envindi.htm

Abréviations utilisées dans le guide ou termes à préciser

BGA	balance globale azotée
BRS Porcs	bilan réel simplifié pour les élevages de porcs
BV	bassin versant
CIPAN	culture intermédiaire piège à nitrates
DCE	directive cadre sur l'eau
DN	directive nitrates
ETP	évapotranspiration potentielle
ETM	évapotranspiration maximale
ETR	évapotranspiration réelle
ICPE	installation classée pour la protection de l'environnement
JPP	journées de présence au pâturage
MO	matière organique
N	azote
Norg maît	azote organique maîtrisable
OTEX	orientations technico-économiques des exploitations
P	pluviométrie
PAC	politique agricole commune
PMPOA	programme de maîtrise des pollutions azotées d'origine agricole
PRA	petite région agricole
RAR	reliquat à la récolte
RDD	reliquat début drainage
RSH	reliquat sortie hiver
RU	réserve utile
SAMO	surface amendée en matière organique
SAU	surface agricole utile
SCA	surface en cultures d'automne
SCP	surface en cultures de printemps
SE	surface épandable
SL	surface labourable
SPE	surface potentiellement épandable
SR	surface de référence
ZV	zone vulnérable

Les organismes

CEMAGREF	institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement
DDAF	direction départementale de l'agriculture et de la forêt
DIREN	direction régionale de l'environnement
DRAF	direction régionale de l'agriculture et de la forêt
IFEN	institut français de l'environnement
INRA	institut national de la recherche agronomique
INSEE	institut national de la statistique et des études économiques
SCEES	service central des enquêtes et études statistiques

Les outils

DEAC	diagnostic environnement azote culture (fiche n° 22)
DEXEL	diagnostic environnement des exploitations d'élevages
INDIGO ®	méthode scientifique d'évaluation agri-environnementale des pratiques agricoles. Cette méthode est basée sur une batterie de 10 indicateurs (dont In sur l'azote, I-phy sur les produits phytosanitaires) permettant d'évaluer l'impact annuel des pratiques agricoles sur l'air, le sol, l'eau de surface et l'eau souterraine (fiche n° 21)

EQUIF	indicateur de l'équilibre de la fertilisation (fiche n° 14)
MERLIN	méthode d'évaluation des risques de lixiviation des nitrates (fiche n° 20)
PERSYST	basé sur l'indicateur azote d'INDIGO®. C'est un prototype d'évaluation visant à mieux prendre en compte les effets pluriannuels (variations climatiques, phénomènes d'accumulation).

Termes techniques

Certification : action par laquelle un organisme compétent et indépendant reconnaît qu'une entité respecte les exigences d'un référentiel de façon efficace.

ETP : évapotranspiration potentielle. Elle correspond à la consommation en eau d'une pelouse rase, elle est fonction du climat (vent, soleil...).

ETM : évapotranspiration maximale. Elle est fonction du couvert végétal en place ($ETM = kETP$, où k représente le coefficient cultural).

ETR : évapotranspiration réelle. Il s'agit de l'eau réellement évapotranspirée par la culture, en fonction de la disponibilité en eau.

Eutrophisation : enrichissement de l'eau en composés phosphorés et azotés, provoquant un développement accéléré des algues et des végétaux d'espèces supérieures qui perturbe l'équilibre des organismes présents dans l'eau et entraîne une dégradation de la qualité de l'eau.

Etat initial : instant du démarrage d'une opération, d'un programme, d'une politique.

Hydrographique : le réseau hydrographique est l'ensemble des cours d'eau (constitué par un fleuve, ses affluents et sous-affluents) drainant une région ; le bassin hydrographique est un espace géographique alimentant un cours d'eau et drainé par lui.

Hydromorphie, sol hydromorphe : sol soumis à un excès d'eau permanent ou temporaire.

Impact : dans les chapitres concernés, on entend par impact une variation d'indicateur d'état sous l'influence de l'évolution de la pression.

Itinéraires techniques : ensemble des interventions relatives à un cycle de production.

Modèle : représentation d'une réalité de manière simplifiée. Les modèles agronomiques permettent de rendre compte de différents processus : croissance, production, évolution d'un stock d'eau ou d'azote dans le sol, ... Leur utilisation est multiple : compréhension de fonctionnement global (d'un champ cultivé par exemple), prédiction (d'une quantité d'azote perdue sous culture par exemple) ou simulation (de l'effet de modifications de pratiques agricoles sur la qualité de l'eau qui percole).

Pays : territoire habité par une collectivité (nation, région, province, ... ensemble de communes...) et constituant avec sa population une réalité géographique dénommée.

Petite région agricole (PRA) : espace où les conditions physiques et la mise en valeur agricole sont semblables ; l'INSEE et le SCEES ont défini environ 600 PRA.

Pollution diffuse : pollution dont la ou les origines peuvent être généralement connues mais pour lesquelles il est impossible de repérer géographiquement l'aboutissement dans les milieux aquatiques et les formations aquifères.

Pollution ponctuelle : pollution provenant d'un site unique, par exemple point de rejet d'un effluent, zone contaminée, ...

Programme d'actions : ensemble d'actions menées dans le cadre de la lutte contre la pollution. Ce programme comprend un diagnostic, du conseil et une évaluation des résultats. Il est coordonné par un Comité de Pilotage regroupant les différents acteurs du monde agricole et de l'eau.

(A ne pas confondre avec le terme "programmes d'actions" utilisé dans le cadre de la directive Nitrates).

Prescripteurs : conseillers agricoles

Qualification : reconnaissance attribuée à un membre d'un réseau qui répond aux critères imposés par le réseau dans le cadre d'une charte, d'un référentiel, ou d'un cahier des charges.

RAR : reliquat à la récolte ou quantité d'azote minéral dans le sol estimée quelques jours avant ou après la récolte.

RDD : reliquat début drainage. Son estimation résulte de la quantité d'azote minéral du sol à la récolte du précédent cultural augmenté de la minéralisation nette apparente des matières organiques du sol entre la récolte du précédent et le début drainage. Peuvent aussi s'ajouter les effets directs des apports organiques et se retrancher l'azote absorbé par un couvert végétal.

RSH : reliquat sortie hiver ou quantité d'azote minéral dans le sol estimée de janvier à avril selon la région et la culture.

Successions culturales : succession de cultures au cours du temps sur une parcelle agricole (rotation si la succession est périodique).

Systèmes de culture : succession de cultures sur plusieurs années avec les itinéraires techniques associés, c'est-à-dire les pratiques culturales et les objectifs associés.

Systèmes de production : combinaison des productions et des facteurs de production (terre, travail, capital). La définition des grands types de systèmes sert de base à la typologie des exploitations (ex : classification en OTEX).

Traçabilité : aptitude à retrouver l'historique, la mise en œuvre ou l'emplacement de ce qui est examiné.

Zone tampon : dispositifs enherbés ou espaces intersticiels entre deux parcelles (zone boisée, zone humide, haie...).

- 1 - AIMON-MARIE F., ANGEVIN F., GUICHARD L., 2001. MERLIN : une méthode agronomique pour apprécier les risques de pollution diffuse par les nitrates d'origine agricole. Agrotransfert, Lusignan, 27 p.
- 2 - BOCKSTALLER C., GIRARDIN P., 2001. "IN", an indicator to assess nitrogen losses in cropping systems, 11th Nitrogen Workshop, Reims, INRA, 2001, pp. 419-420.
- 3 - BOCKSTALLER C., GIRARDIN P., 2002a. Evaluer les systèmes de culture à l'aide d'indicateurs agri-environnementaux : la méthode INDIGO®, Les Rencontres Annuelles du CETIOM, Paris, CETIOM, 2002a, pp. 54-58.
- 4 - BOCKSTALLER C., GIRARDIN P., 2002b. Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode INDIGO, Document INRA-ARAA, pp. 113.
- 5 - CARIOLLE M. 2002, DEAC-Azote : un outil pour diagnostiquer le lessivage de l'azote à l'échelle de l'exploitation agricole de polyculture. Proceedings of the 65th IIRB Congress, 13-14 février 2002, Bruxelles (B), pp 67-74.
- 6 - CEMAGREF Rennes Etudes GESUFER (carnets de suivi parcellaire des apports des fertilisants d'origine animale)
- 7 - CHAMBAUT H. et al, 2004, "Maîtrise des flux d'azote et de phosphore à l'échelle de l'exploitation et incidence sur la qualité de l'eau à l'échelle du bassin versant dans les régions d'élevage intensif de l'Ouest de la France", colloque bassin versant à vannes.
- 8 - Chambres d'Agriculture de Bretagne, 2004, Savoirs et Savoir-Faire sur les Bassins Versants: pollution de l'eau et dynamique de restauration de sa qualité en milieu rural, Colloque interrégional, 343 p.
- 9 - COMIFER, 1996, Calcul de la fertilisation azotée des cultures annuelles, 62 p.
- 10 - COMIFER, 2002, Brochure interculture
- 11 - CORPEN, 1988, Bilan de l'azote à l'exploitation, 36 p.
- 12 - CORPEN, 1995, Programme National de Réduction de la Pollution des Eaux par les Nitrates provenant des Activités Agricoles, 33 p.
- 13 - CORPEN, 1996, "Estimation des rejets d'azote et de phosphore des élevages de porcs", 23 p.
- 14 - CORPEN, 2003, "Estimation des rejets d'azote - phosphore - potassium - cuivre et zinc des porcs", 41 p.
- 15 - CORPEN, 2003, Des indicateurs pour des actions locales de maîtrise des pollutions de l'eau d'origine agricole: éléments méthodologiques et application aux produits phytosanitaires, 136 p.
- 16 - EUREVAL-C3E, 2003, Assistance à la mise en place d'un outil d'aide à l'évaluation pour la mise en œuvre du 3ème programme cadre nitrates, 77 p.

- 17 - FERTI-MIEUX, 2000, Evolution des pratiques agricoles et de la qualité de l'eau, ANDA, 43 p.
- 18 - GIRARDIN P., GUICHARD L., BOCKSTALLER C. 2005. Indicateurs et tableaux de bord : guide pratique pour l'évaluation environnementale, Eds Tec & Doc Lavoisier, 39 pages.
- 19 - IRRI-MIEUX, 2002, Guide pratique pour l'évaluation d'un projet local, 39p.
- 20 - Institut Technique de la Betterave, 2003, Betterave sucrière : évolutions techniques et aspects environnementaux, 61 p.
- 21 - Institut de l'Elevage - ITAVI - ITCF - ITP, 2001, "Fertiliser avec des engrais de ferme", 106 p.
- 22 - Institut de l'Elevage, 2000, "Optimisation du bilan des minéraux des exploitations laitières. Méthode de simulation des flux N-P-K paramétrée pour la région Bretagne" CR Institut de l'Elevage, EDE 2000.
- 23 - LAURENT M., AVELINE A., GUICHARD L., 2004. "Indicateurs agri-environnementaux Equif et Merlin : Evaluation et évolution en Poitou-Charentes." 2p. Actes du colloque Bvfuture.
- 24 - MAURIZI B. & VERREL J.L., 2002, Des indicateurs pour des actions de maîtrise des pollutions d'origine agricole, dans Ingénieries N°30, p. 3 à 14.
- 25 - OENEMA O., KROS H., de VRIES W., 2003, "Approches and uncertainties in nutrient budgets : implications for nutrient management and environmental policies" in European Journal of Agronomy, 20 (2003), 3-16.
- 26 - PERVANÇHON F., BOCKSTALLER C., BERNARD P.Y., PEIGNE J., AMIAUD B., VERTES F., FIORELLI J.L., PLANTUREUX S., 2005. A novel indicator of environmental risks due to nitrogen management on grasslands. Agriculture Ecosystems and Environment 105, 1-16.
- 27 - ROUSSEAU M.L., 2003. L'évaluation de MERLIN, une méthode utilisée en Poitou-Charentes constituée d'indicateurs agro-environnementaux (EQUIF, IC, SENSIB), Mémoire de fin d'études ESA Angers, 70 p.
- 28 - SEBILLOTTE M. et MEYNARD J.M., 1990, "Systèmes de culture, systèmes d'élevage et pollutions azotées" in Nitrates, Agriculture, Eau. Paris, 7-8 nov. 1990, 289-312.
- 29 - SIMON J.C. et al., 1992 "Le bilan apparent de l'azote à l'échelle de l'exploitation agricole : méthodologie et résultats" in FOURRAGES 129 79-94.
- 30 - SIMON J.C. et al., 2000, "Typologie des bilans d'azote de divers types d'exploitation agricole : recherche d'indicateurs de fonctionnement" in Agronomie, 20, 175-195.

