

ITADA PROJET N° 14

Mise au point et validation d'indices agro-écologiques pour le diagnostic des exploitations de grande culture s'orientant vers la Production Intégrée

RAPPORT DE SYNTHÈSE 1994-1995

ORGANISMES REALISATEURS

CHEF DE PROJET : P. GIRARDIN (INRA) Colmar

PARTENAIRE : M. HANSON (IfUL) Müllheim

ASSOCIES : ARAA (C. BOCKSTALLER)

DUREE DU PROJET : 1994-1995

POSITION DU PROBLEME

La Production Intégrée visant à concilier les impératifs économiques, agronomiques et écologiques est une solution pour limiter les impacts de l'agriculture sur l'environnement. Le passage progressif des exploitations à un tel système de production nécessite des outils d'évaluation des effets agronomiques et environnementaux des pratiques agricoles. Des mesures directes et répétées au champ (comptage, composantes du rendement, reliquats azotés ...) peuvent être envisagées mais présentent des inconvénients : coûts, temps de travail, problèmes d'interprétation qui viennent de la difficulté à relier, dans certains cas, les mesures directes aux pratiques de l'agriculteur.

Ces considérations ont amené au développement des indices ou indicateurs agro-écologiques qui constituent une méthode indirecte d'évaluation, sans recours systématique à des mesures répétées au champ.

OBJECTIF

Fournir aux agriculteurs un outil de diagnostic permettant d'apprécier le niveau d'atteinte de la Production Intégrée de leur exploitation et aux décideurs un outil d'évaluation agro-écologique des exploitations agricoles en vue de la mise en place de leur politique de gestion de la ressource en eau ou de l'espace.

RETOMBÉES ET EFFETS INDUITS

L'utilisation de tels indicateurs peut être envisagée à différents niveaux :

- pour l'agriculteur, de tels outils permettent de situer ses pratiques par rapport aux exigences de la PI et éventuellement de les adapter d'une année à l'autre. Ce sont des outils d'aide à la décision.
- pour les agronomes et conseillers qui pourront les utiliser par simulation pour comparer différents itinéraires techniques en place dans des essais. A ce niveau, les outils d'évaluation agro-écologiques, en dehors des critères courants (rendement) ou de mesures d'impact souvent coûteuses, sont jusqu'à présent quasi-inexistants.
- pour les décideurs dans le cadre de la mise en oeuvre de programmes d'orientation des pratiques agricoles (Ferti-Mieux ...). De tels outils donnent un aperçu de l'évolution des pratiques agricoles par rapport aux exigences de la Production Intégrée (PI) et de respect du milieu. Néanmoins l'utilisation de ces outils ne paraît pas adaptée à un contexte où il existe un enjeu financier direct pour l'agriculteur, les données fournies par l'agriculteur pour le calcul des indicateurs n'étant pas contrôlables. Les agriculteurs participant à ce type d'évaluation doivent être volontaires.

METHODOLOGIE

Principe à la base du calcul d'un indicateur agro-écologique

Les indicateurs sont des indices variant de 0 à 10 et calculés à partir des données techniques fournies par l'agriculteur et des données stables du milieu à la disposition de celui-ci (analyse de sol ...). Leur calcul ne fait pas appel à des données issues de mesures de terrain répétées. Le principe est d'évaluer dans quelle mesure les pratiques de l'agriculteur correspondent aux exigences ou aux recommandations de la PI, ceci pour différentes composantes d'un système de culture :

- Une valeur de l'indicateur égale à 7 signifie que l'agriculteur satisfait aux recommandations "réalistes" de la PI.
- Une valeur inférieure à 7 signifie que l'agriculteur s'éloigne de ces recommandations "réalistes" de la PI.
- Une valeur supérieure à 7 signifie que l'agriculteur va plus loin que ces recommandations "réalistes" de la PI en appliquant des techniques de la PI de pointe ou plus coûteuses en temps.

Excepté l'indicateur *assolement* calculé au niveau de l'exploitation agricole, les autres indicateurs sont calculés au niveau de la parcelle. Une valeur au niveau de l'exploitation est obtenue à partir d'une moyenne pondérée au prorata de la surface de chaque parcelle. La plupart des indicateurs (excepté l'indicateur *gestion de l'azote* cf. p.4) sont calculés sur la période récolte de la culture précédente-récolte de la culture de l'année considérée.

L'impact agronomique ou environnemental est évalué de différente manière en fonction du mode de construction de l'indicateur (Tableau 1). Ce choix s'est fait à partir des connaissances et des méthodes disponibles. Ainsi pour l'indicateur *pesticides*, il n'existait pas de modèles faciles à utiliser et validés dans une large gamme de situations. Par ailleurs on se trouvait face à un problème complexe avec différents risques (de diffusion dans les eaux souterraines et superficielles, dans l'air ..., toxicologiques sur la santé humaine, la faune terrestre, les auxiliaires ...), donc un ensemble de données hétérogènes qu'il n'était pas facile de combiner mathématiquement. La logique floue, une méthode pouvant être utilisée dans des systèmes experts, permettait de résoudre ce problème.

Pour l'indicateur gestion de l'azote, les connaissances et références disponibles ont permis d'établir un " parcours recommandé PI " pour la gestion de l'azote. L'estimation de l'impact sur le milieu repose alors sur les hypothèses suivantes : si l'agriculteur suit les principes de la PI, les effets agronomiques doivent être bénéfiques et ceux sur l'environnement limités. S'il s'écarte des recommandations de la PI, les risques d'un impact négatif sur le milieu augmentent en fonction de cet " écart ".

Démarche

- Mise au point du mode de calcul des indicateurs
- Etude de la faisabilité du calcul des indicateurs à partir d'un réseau d'exploitations agricoles
- Validation des indicateurs
- Restitution des résultats aux agriculteurs avec un conseil basé sur la Production Intégrée conformément à une démarche d'aide à la décision.

Mise en place du réseau d'exploitations agricoles

L'objectif était de trouver des agriculteurs des principales " petites régions " d'Alsace, ceci afin d'avoir dans l'échantillon une variabilité suffisante et représentative des principaux systèmes d'exploitation en grande culture. Les critères de sélection ont été :

- l'ouverture des agriculteurs au projet.
- l'intérêt des agriculteurs aux questions d'environnement et plus précisément à la Production Intégrée, sans que cela les engage au niveau de leurs pratiques culturales.
- l'assolement et type de sol représentatif de la petite région.
- l'absence d'élevage.

Les agriculteurs ont été choisis à partir des réponses à un questionnaire envoyé à une série d'agriculteurs. Les adresses de ces derniers venaient du Centre d'Économie Rural du Ht-Rhin, de conseillers de différentes ADAR du Bas-Rhin et de l'interlocuteur allemand du projet, M. HANSON de l'IfUL. Les exploitations sont présentées dans les Tableaux 2 et 3.

RESULTATS

Mise au point des indicateurs

Le mode de calcul de sept indicateurs a été établi : *assolement, succession culturale, gestion de l'azote, - du phosphore, - de la matière organique, - de l'irrigation et -des pesticides*. Ce dernier est pour l'instant opérationnel pour la culture du maïs. Le recueil des données pour les pesticides des autres cultures est en cours.

Une première version de l'indicateur gestion de l'énergie avait été proposée aux agriculteurs du réseau qui l'ont remise en question. Il reste donc la mise au point de cet indicateur et des indicateurs *gestion du travail du sol, couverture du sol, érosion, structures écologiques*.

Exemple de mode de calcul d'un indicateur agro-écologiques : cas de l'indicateur *gestion de l'azote*

Pour caractériser la gestion de l'azote, l'indicateur I_N devra prendre en compte : la réduction du risque de lessivage hivernal (maîtrise de la fertilisation azotée, du calcul des doses d'engrais, gestion adaptée des résidus de culture et des couverts végétaux), et, la réduction des pertes par lixiviation au printemps (adéquation des apports de fertilisants aux périodes de forte absorption par les plantes). À ceci s'ajoute la limitation des risques de volatilisation de l'azote par l'enfouissement des fertilisants.

L'indicateur est calculé au niveau d'une parcelle sur la période entrée hiver de l'année précédente - rentrée hiver de l'année considérée (entrée hiver : 1 décembre). Une valeur moyenne au niveau de l'exploitation est obtenue par une moyenne pondérée au prorata de la surface de chaque parcelle.

$$I_N = 7 + \sum k_j \text{ avec } 0 \leq I_N \leq 10$$

→ La valeur 7 correspond au respect de parcours recommandés de la fertilisation (dose, date, nombre d'apports, bilan N durant hiver ...), qui sont inspirées des recommandations des opérations Ferti-Mieux et permettent de limiter les pertes d'azote.

$\sum k_j = k_{en} + k_{demi} + k_{demo} + k_{fr} + k_{d1} + k_{do} + k_{bi} + k_{tec.am}$: ensemble des bonus et malus avec :

1 point de bonus : diminution de 30 unités N / ha du risque potentiel de lessivage suite à des pratiques améliorantes non préconisées dans le parcours recommandé.

1 point de malus : augmentation de 30 unités N / ha du risque potentiel de lessivage suite au non-respect du parcours recommandé.

k_{en} (malus) porte sur le non-enfouissement des fertilisants présentant un risque de volatilisation.

k_{demi} et **k_{demo}** représentent respectivement les malus dus à une date d'épandage de fertilisants minéraux et de fertilisants organiques trop précoce, qui peuvent induire des risques de pertes en azote avant que la culture ne commence à en absorber.

k_{fr} est le malus correspondant au non-respect du fractionnement éventuellement recommandé.

k_{d1} représente le malus dû à une dose excessive au 1^{er} apport.

k_{do} traite de la dose totale.

k_{bi} est le résultat d'un bilan d'azote sur la période récolte-entrée hiver qui prend en compte l'azote minéralisé par les résidus et l'humus, les reliquats de récolte (fixés à la valeur minimale, les excès sont comptabilisés dans **k_{do}** qui note la surfertilisation) et l'azote absorbé par un éventuel couvert hivernal.

k_{tec.am.} représente les bonus pour les techniques améliorantes (localisation de l'engrais, outils de pilotage de la fertilisation).

A titre d'exemple le calcul de **k_{en}** et **k_{do}** est présenté

k_{en} : Enfouissement des lisiers et des engrais

Si, dans les 24 h, il y a irrigation sur culture de printemps ou enfouissement par travail du sol :

$$\mathbf{k_{en} = 0}$$

sinon :	Lisier et fientes :	$\mathbf{k_{en} = - (0,20 \cdot \text{dose NH}_3) / 30}$
	Urée :	$\mathbf{k_{en} = - (0,10 \cdot \text{dose N}) / 30}$
	Solution liquide :	$\mathbf{k_{en} = - (0,10 \cdot \text{dose N}) / 30}$

k_{do} : dose d'azote

- **X_R** : dose recommandée calculée pour la culture (méthode des bilans pour blé, méthode simplifiée ARAA pour le maïs ...)

- **X** : dose totale N (N engrais + M.O.) apportée par l'agriculteur

Si ($X > X_R$) alors : $\mathbf{k_{do} = - (X - X_R) / 30}$

Si ($X < X_R$) alors : $\mathbf{k_{do} = - (X - X_R) / 30}$

Utilisation des indicateurs agro-écologiques à partir des résultats obtenus sur le réseau d'exploitations en 1994 et 1995

Utilisation au niveau de l'exploitation agricole

La figure 1 est un exemple du type de représentation utilisée pour restituer les résultats aux agriculteurs. Construite avec les valeurs moyennes obtenues au niveau de l'exploitation, elle fait office de tableau de bord et permet de situer rapidement les points forts et les points faibles de l'exploitation par rapport aux exigences de la PI. Les composantes du système de culture ou les pratiques à améliorer par rapport aux exigences de la PI sont mis en évidence. Cependant des comparaisons entre indicateurs ne sont pas possibles. Un point n'a pas la même signification pour chaque indicateur. Ainsi on ne peut apporter aucune conclusion quant à l'importance relative des écarts par rapport aux valeurs recommandées.

Dans l'exemple donné, il apparaît que la diversité des cultures, les successions culturales et la gestion du phosphore sont à améliorer. La part de monoculture du maïs et une fertilisation phosphatée excessive en sont les raisons. Sur ce dernier point, l'agriculteur est prêt à améliorer ses pratiques. Les indicateurs servent aussi à mettre en évidence les points positifs et à conforter l'agriculteur dans ses décisions. Pour cette exploitation, c'est le cas de la gestion de l'irrigation ou de l'azote.

Les résultats moyens obtenus au niveau de l'exploitation méritent naturellement des explications et peuvent nécessiter une analyse plus fine au niveau de la parcelle pour prendre en compte l'hétérogénéité des parcelles et des pratiques. L'un des principes de la PI est d'adapter les pratiques aux conditions du milieu. Un exemple de ce niveau d'analyse est donné par la figure 2 pour l'indicateur *gestion de l'azote*. Des différences entre cultures et surtout entre parcelles pour une culture sont mises en évidence. Dans cet exemple on remarque notamment que la parcelle 1 présente une valeur plus faible suite à une dose trop élevée, qui ne tenait pas compte du précédent cultural (tournesol).

Les indicateurs peuvent aussi être utilisés pour retracer l'évolution des pratiques agricoles et pour analyser l'historique d'une parcelle. La Figure 3 donne un exemple obtenu au Lycée Agricole de Rouffach pour l'indicateur *succession culturale*. La diminution de la valeur de l'indicateur pour la parcelle 8, correspond à l'introduction de la monoculture de maïs.

Utilisation au niveau d'une zone ou d'une région

Les Figures 4a, 4b, 4c, 4d, 4e donnent un exemple d'utilisation des indicateurs au niveau d'une région. Les valeurs moyennes des exploitations du réseau pour les deux années sont représentées. Ce genre de représentation permet de suivre aisément l'évolution pour une période donnée, dans ce cas sur deux ans, d'une ou des pratiques. L'indicateur *assolement* (Figure 4a) diminue d'une année à l'autre pour plusieurs exploitations, ce qui est dû à l'abandon du tournesol notamment (exploitations 13, 15, 16). Pour l'indicateur *gestion de l'azote* (Figure 4c), les valeurs des exploitations allemandes (14 à 17) sont supérieures à celles des exploitations alsaciennes. Ceci s'explique effectivement par la mise en place de cultures intermédiaires encouragées par le programme MEKA. Cependant dans notre cas, les échantillons d'exploitations ne sont pas représentatifs de la totalité de l'agriculture de la plaine du Rhin.

Au travers de ces exemples, il apparaît que les indicateurs pourraient être utilisés pour suivre l'évolution des pratiques sur une petite région ou une zone, (un bassin versant, une zone de captage ...), ceci sur un échantillon représentatif d'exploitations ou de parcelles. L'effet de l'introduction de mesures d'orientation des pratiques agricoles (une opération Ferti-Mieux par exemple) pourrait être évalué. Néanmoins l'utilisation de ces outils ne paraît pas adaptée à un contexte où il existe un enjeu financier direct pour l'agriculteur, les données fournies par l'agriculteur pour le calcul des indicateurs n'étant pas contrôlables. Les agriculteurs participant à ce type d'évaluation doivent être volontaires.

Le travail sur le réseau d'exploitations a permis de tester les indicateurs et la faisabilité du calcul. Le calcul au niveau des parcelles peut être lourd dans le cas où leur nombre est relativement important. Le calcul a été certes informatisé au moyen d'une base de données Access de Microsoft[®]. Mais il reste la prise de données. Ainsi l'agriculteur de l'exploitation 17 ne nous a pas donné le détail du parcellaire. On pourrait envisager de travailler sur un échantillon représentatif de parcelles.

Par ailleurs il est à noter que les exploitants ne modulent pas normalement leurs pratiques sur chaque parcelle. Ainsi dans le cas de l'exploitation 17, ses pratiques étaient homogènes et donc facile à noter. Mais il reste les données stables du milieu et sa variabilité. Nous en sommes restés dans son cas à un regroupement sommaire des parcelles en deux catégories.

Cette variabilité du milieu est prise en compte notamment pour l'azote pour le calcul de la dose recommandée et demande des connaissances du milieu et agronomiques. Pour l'indicateur gestion du phosphore, une analyse de terre est nécessaire. Celle-ci n'est pas toujours disponible ce qui nous a amené à travailler sur un échantillon de parcelles.

Validation des indicateurs

Les exemples donnés au chapitre précédent ont montré que ces indicateurs présentent une bonne sensibilité aux variations des pratiques et aussi du milieu. La question se pose de savoir si ces indicateurs sont fiables en tant qu'estimateurs d'un impact sur le milieu. Ceci nous amène à la phase de validation des indicateurs. Après quelques essais (cf. rapport 1995) et une réflexion théorique nous avons conclu que cette phase devait comprendre deux étapes distinctes dont nous avons fixé les modalités :

- une étude de la fiabilité des indicateurs en tant qu'estimateurs d'un impact sur le milieu. Cette étape consistera en un test de vraisemblance.
- une étude de la valeur d'usage des indicateurs qui porte sur les réactions et l'utilisation par les utilisateurs potentiels de ces outils.

Test de vraisemblance

Il s'agit de relier les valeurs des indicateurs à des variables de terrains mesurées. En raison de la nature composite des indicateurs, c'est-à-dire qu'ils prennent en compte différents éléments, et du mode de construction des indicateurs, on ne s'attendait pas à une relation simple entre la valeur d'un indicateur et un critère mesuré, comme dans le cas de la validation d'un modèle. Ainsi nous avons été amenés à proposer un test de vraisemblance : celui-ci consiste à vérifier si les points correspondant aux couples, valeur de l'indicateur-valeur mesurée, se retrouvent dans une zone de vraisemblance délimitée par une courbe enveloppe.

Un tel test a été effectué pour l'indicateur *gestion de l'azote* (Figure 5), pour lequel nous avons relié les valeurs de l'indicateur à des mesures de reliquats d'azote minéral à l'entrée de l'hiver, lui-même lié au risque de lessivage hivernal de nitrate. La définition de la zone de vraisemblance se justifie ainsi :

- pour des valeurs de reliquats inférieures à 30 kg/ha on considère qu'on se situe en zone d'absence de risque, on est à la limite de précision de l'estimation de la minéralisation et donc du calcul des doses optimales (cf. travaux de DELPHIN à l'INRA).
- au-dessus de 30 kg/ha la zone de vraisemblance est délimitée par une droite décroissante de pente 1/30 qui correspond à la valeur du point de l'indicateur.

Quelle est la signification de ce test ? Si l'indicateur a une valeur élevée (7 ou plus) il ne peut être relié qu'à une absence de risque de lessivage, et au fur et à mesure que l'indicateur décroît, le risque augmente selon la valeur de la pente. Ceci se comprend aisément. Mais par ailleurs une faible valeur de l'indicateur ne correspond pas systématiquement à une valeur élevée des reliquats entrée hiver. Ceci peut être dû entre autre à un lessivage printanier. Ainsi l'indicateur est relié à un impact potentiel dans le cas de l'azote. Dans notre cas, les points observés se situent bien dans la zone de vraisemblance, mais la gamme de variation reste faible.

Pour les indicateurs *gestion du phosphore* et *de la matière organique*, il faudra travailler sur un intervalle de temps plus long pour avoir des mesures de terrain révélant des différences significatives. Les indicateurs *assolement* et *succession culturale* peuvent être difficilement reliés à un impact direct sur le terrain mais prennent leur place en tant qu'outil d'évaluation des pratiques agricoles et d'aide à la décision.

Test de la valeur d'usage

Celui-ci a consisté en un sondage sommaire, sans questionnaire écrit, lors de la restitution des résultats 1994 aux agriculteurs. Sur les 17 agriculteurs, 1, et selon le cas 2, n'ont pas été sondés.

Pour ce qui est de la présentation à l'aide des figures en rosace (Figure 1, en couleur pour les agriculteurs !), les réactions sont positives avec 2/3 des agriculteurs qui la trouvent claire et compréhensible (Tableau 4a). Sur le fond les avis sont divers (Tableau 4b) en l'absence de questionnaire précis. Pour ce qui est du conseil fourni aux agriculteurs du réseau, (Tableau 4c), les réactions les plus négatives ont été notées par rapport au conseil de diversifier l'assolement et les successions culturales, un des fondements de la PI, pour lequel seul un quart était d'accord et le pratiquait en partie au moins. Le contexte économique en est la raison principale et ceci ne nous a pas surpris. Trois agriculteurs étaient prêts à le faire sur les parcelles en jachères ou non irriguées. Les agriculteurs sont plus ouverts pour réduire la fertilisation PK (près des 2/3) sur la base du conseil établi sur les nouvelles normes du COMIFER. Pour l'azote les réactions sont plus mitigées ce qui s'explique aussi facilement par l'effet direct de l'azote sur le rendement de certaines cultures.

Rappelons que ces résultats n'ont naturellement qu'une valeur indicative en raison de la taille de l'échantillon et de sa non-représentativité par rapport à l'ensemble de l'agriculture de la plaine du Rhin, et, ne peuvent pas être généralisés.

CONCLUSIONS

Ce projet s'appuie sur un travail de recherche qui a permis la mise au point d'outils d'évaluation des pratiques agricoles dans l'optique de la Production Intégrée. Ceci a abouti à la mise au point de sept indicateurs agro-écologiques qui devraient être complétés par cinq autres. Un travail méthodologique notamment sur la phase de validation a été mené en parallèle.

Les indicateurs sont avant tout des outils d'aide à la décision destinés aux agriculteurs leur permettant de se situer par rapport aux exigences de la PI de cohérence agronomique et de respect du milieu, en vue de les amener à adapter leur pratiques à ces principes. Il est à noter que l'environnement concerne directement l'agriculteur au travers de son outil de base qu'est le sol.

Une utilisation par les décideurs peut être envisagée pour le suivi des pratiques agricoles ce qui peut être utile dans le cadre de la mise en oeuvre de programmes d'orientation des pratiques agricoles (Ferti-Mieux ...) ou pour anticiper des évolutions. Néanmoins, et ceci a fait l'objet d'un vaste débat (cf. document "Le point sur le programme indicateurs agro-écologiques" (INRA-ARAA)), l'utilisation de ces outils ne paraît pas adaptée à un contexte où il existe un enjeu financier direct pour l'agriculteur, les données fournies par l'agriculteur pour le calcul des indicateurs n'étant pas contrôlables. Par ailleurs, il est possible que les indicateurs doivent être adaptés à l'utilisation spécifique par des décideurs dans les conditions envisagées.

Le travail avec un réseau d'exploitations agricoles a permis de les tester en situation réelle. La poursuite de ce volet permettra de tester dans quelle mesure les indicateurs pourront influencer sur les pratiques de ces agriculteurs. Les premières réactions confirment que la présentation des résultats est lisible et facile à comprendre. Reste les questions du poids de chaque indicateur et des interactions entre eux.

Enfin ces indicateurs portent sur les exploitations en grandes cultures et sur les surfaces en grandes cultures des exploitations mixtes. Pour les systèmes de productions fourragères et animales et d'autres (maraîchers ...), des indicateurs spécifiques seront nécessaires.

PERSPECTIVES

Mise au point : poursuite des travaux sur les autres indicateurs (travail du sol ...).

Poursuite de l''évaluation des indicateurs comme outils d'aide à la décision sur le réseau et de la validation.

Mise en oeuvre des indicateurs :

- développement d'une utilisation combinée de plusieurs indicateurs pour répondre à un objectif environnemental donné (exemples : qualité de l'eau, paysage ...).

RESUME

Le projet consiste dans le développement d'une méthode d'estimation indirecte de l'impact agri-environnemental des pratiques agricoles au moyen d'indicateurs agro-écologiques. De tels outils sous forme d'indices variant de 0 à 10, sont calculés à partir des données techniques fournies par l'agriculteur et ne nécessitent pas de mesures répétées et coûteuses au champ. Ils permettent d'établir le degré d'atteinte ou l'écart des pratiques de l'agriculteur par rapport aux exigences de la Production Intégrée et les risques pour l'environnement qui en découlent.

Le mode de calcul de sept indicateurs a été établi : *assolement, succession culturale, gestion de l'azote, - du phosphore, - de la matière organique, - de l'irrigation et -des pesticides*. Ce dernier est pour l'instant opérationnel pour la culture du maïs. La mise au point de cinq autres indicateurs : *gestion du travail du sol, couverture du sol, érosion, structures écologiques et énergie* est prévue.

Les indicateurs mis au point ont été testés en situation réelle sur un réseau de 17 exploitations agricoles de part et d'autre du Rhin. A partir des résultats obtenus en 1994 et 1995, différentes possibilités d'utilisation sont présentées. Les conditions de mise en oeuvre des indicateurs et les modalités de validation sont discutées.

PUBLICATIONS

BOCKSTALLER C. 1994. Un outil d'évaluation des systèmes de culture : les indices agro-écologiques. Assemblée générale du Département d'Agronomie INRA. Versailles 31 novembre-1 décembre 1994 (poster).

BOCKSTALLER C. et GIRARDIN P. 1994. AGRO-EChO : N°1, 2, 3 et N° spécial.

BOCKSTALLER C. et GIRARDIN P. 1995. Rapport 1994. ITADA mars 1995.

BOCKSTALLER C. et GIRARDIN P. 1995. Rapport 1995. ITADA novembre 1995.

BOCKSTALLER C. et GIRARDIN P. 1995. AGRO-EChO : N°4, 5, 6.

BOCKSTALLER C, KOLLER R. et GIRARDIN P. 1995. Le point sur le programme indicateurs agro-écologiques (INRA-ARAA). Document interne ARAA (juillet 1995)

GIRARDIN 1995. Méthode d'évaluation globale de l'impact de l'agriculture sur l'environnement. ALSACE NATURE, Campagne Agriculture et Nature, synthèse de la réunion du 15 février 1995. 3 pp.

GIRARDIN P. et BOCKSTALLER C. 1994. Evaluation agri-environnementale des exploitations agricoles au moyen d'indices agro-écologiques. Colloque EUCOR, Mulhouse 18-19 mai 1994, 2p.

GIRARDIN P., BOCKSTALLER C., PERLER O. et HÄNI F. 1994. Agri-environmental evaluation of arable farms by means of agroecological indices. Proceedings 3rd Congress of the European Society of Agronomy, Abano-Padova 18-22 september 1994, 694-695.

ANNEXES

Tableau 1 Mode de construction des indicateurs et type d'estimation de l'impact agronomique et environnemental sur le milieu

Indicateur	Mode de construction	Type d'estimation de l'impact sur le milieu
<i>Matière organique</i> <i>Irrigation</i>	modèle simple	quantitative, calcul par le modèle
<i>Azote</i> <i>Phosphore</i>	système de bonus, malus rapport à un " parcours recommandé "	semi-quantitative, estimation par écart au " parcours recommandé "
<i>Assolement</i> <i>Succession culturale</i>	notation par mise en classe	qualitative
<i>Pesticides</i>	Classes floues	qualitative

Tableau 2 Localisation des exploitations (effectifs entre parenthèses)

Haut-Rhin (7)	Bas-Rhin (6)	Bade-Wurtemberg (4)
Sundgau (2)	Ried (brun noir) (2)	Breisach (1)
Piémont Vosges sud (1)	Plaine Erstein (1)	March-Holzhausen (1)
Plaine de l'Ill (1)	Bruch de l'Andlau-	Riegel (1)
Hardt (2)	Colline (1)	Forêt-Noire (1)
Plaine de l'Ill-Ried (N.E. de Colmar) (1)	Kochersberg (2)	

Tableau 3 Assolement, SAU, nombre de parcelles pour chaque agriculteur (n°1 à 7 : Haut-Rhin ; n°8 à 13 : Bas-Rhin ; n°14 à 17 : Allemagne)

Culture	N° exploitation																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Asperges	-	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	2,8
Avoine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,9	-	-	-
Betterave s,	40,0	30,0	-	-	-	-	-	-	11,0	-	-	4,7	-	-	2,6	-	8,0
Blé h,	26,0	27,5	32,8	20,5	-	-	7,8	-	3,2	-	3,2	6,3	8,8	45,0	1,5	37,5	-
Blé dur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,1	-	-
Choux à choucroute	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,2	-	-	-	-	-	-
Colza h,	-	-	60,9	-	-	-	4,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Colza p,	-	-	-	-	-	-	3,8	-	-	-	-	-	-	11,2	-	-	-
Lin oléagineux	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,5	-	-	-
Maïs grain	17,0	29,2	-	44,7	49,0	70,6	23,4	105,2	38,3	30,5	26,3	14,6	42,9	-	36,7	51,5	60,0
Pomme de terre	-	-	-	-	4,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pois protéagineux	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,4	-	-	-
Seigle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,3	-	-	-
Soja	-	12,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tabac	-	-	-	-	-	-	-	-	3,1	-	-	2,2	-	-	-	-	-
Tournesol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1	-	13,7	12,5	-
Total	83,0	101,2	93,7	65,2	49,0	75,1	39,3	105,2	46,2	41,5	35,4	27,9	56,6	126,3	61,6	103,4	70,8
SAU exploitation	90,0	120,0	110,0	73,0	62,0	86,0	56,0	132,6	58,0	54,0	42,0	32,0	73,0	135,5	84,0	141,0	87,0
Nombre de parcelles	7	16	19	18	3	6	31	30	29	43	61	16	21	54	35	85	100

Remarques : exploitation 2 : 17,5 ha blé et 12,6 ha soja en bio ; exploitation 3 : + vigne et arboriculture
exploitations 4 et 17 : + vigne ; exploitation 12 : + élevage de poulets

Tableau 4 Résultats du sondage auprès des agriculteurs du réseau

a) sur la présentation des indicateurs agro-écologiques

Présentation des Indicateurs agro-écologiques	
	<i>Nombre d'agriculteurs</i>
Positif	10
Négatif	3
Partagé	0
Sans avis	2
Non sondé	2

b) sur le contenu

Contenu des indicateurs agro-écologiques	
	<i>Nombre d'agriculteurs</i>
Reflète l'opinion de la Production Intégrée	2
Nouveau par rapport à la recherche du rendement max.	1
Conforte l'agriculteur	2
Permet d'apprendre des choses nouvelles	1
Difficile à juger sur 1 année	1
Crainte sur l'utilisation des indicateurs	2
Proposition : prise en compte des aspects sur la biologie du sol	1
Proposition : indicateur "observation de la parcelle "	1

c) sur le conseil établi au moyen des indicateurs d'après les principes de la PI

Conseil PI			
	Succession culturale	Fertilisation PK	Fertilisation N
	<i>Nombre d'agriculteurs</i>		
Positif	4	10	6
Négatif	7+3*	2	4
Partagé	0	0	2
Sans avis	2	4	4
Non sondé	1	1	1

* partiel : positif sur les surfaces en jachères ou non irriguées

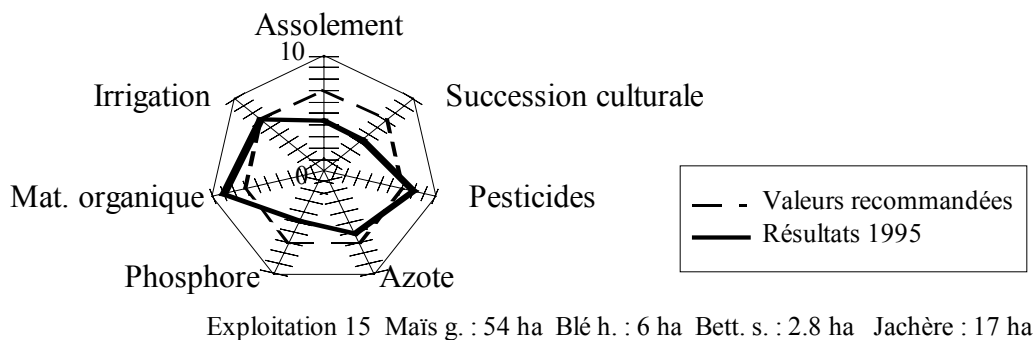


Figure 1 Exemple d'utilisation des indicateurs agro-écologiques au niveau de l'exploitation agricole.

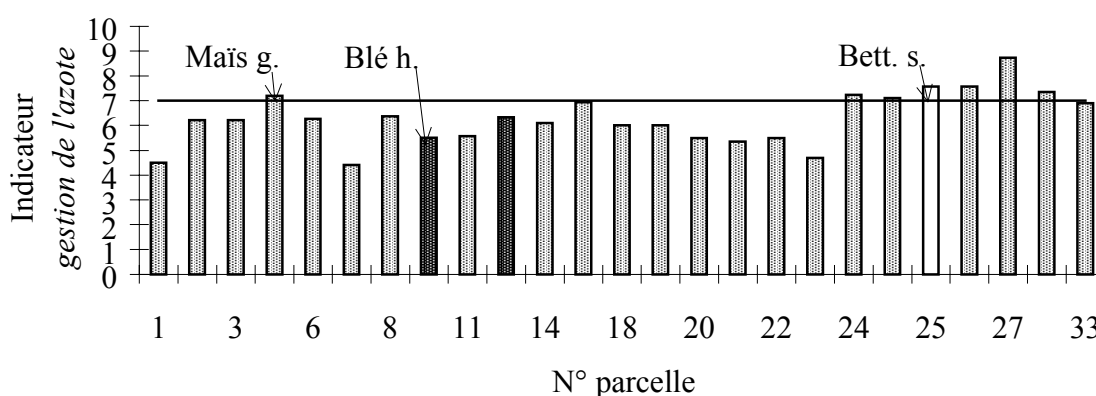


Figure 2 Résultats de l'indicateur *gestion de l'azote* au niveau de la parcelle (exploit. 15).

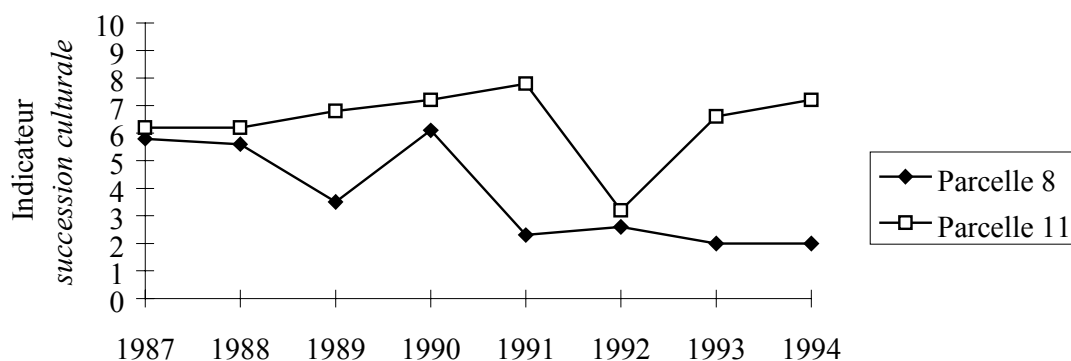
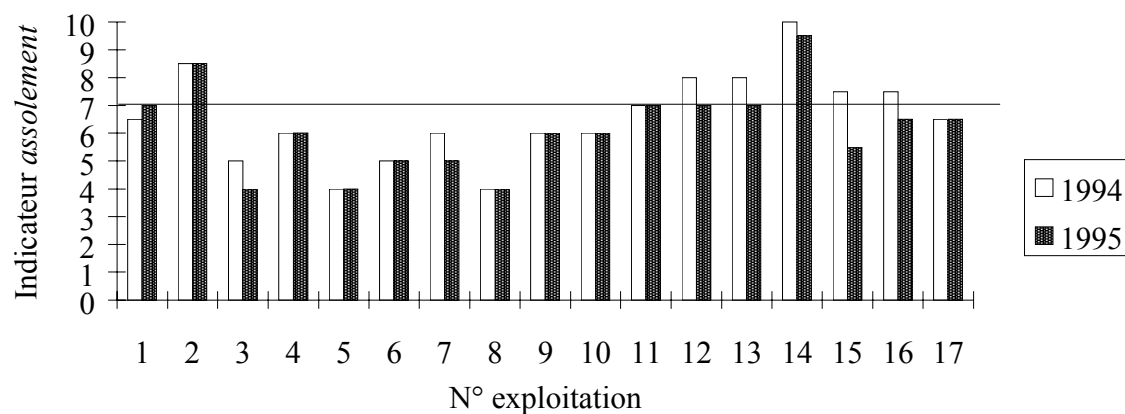
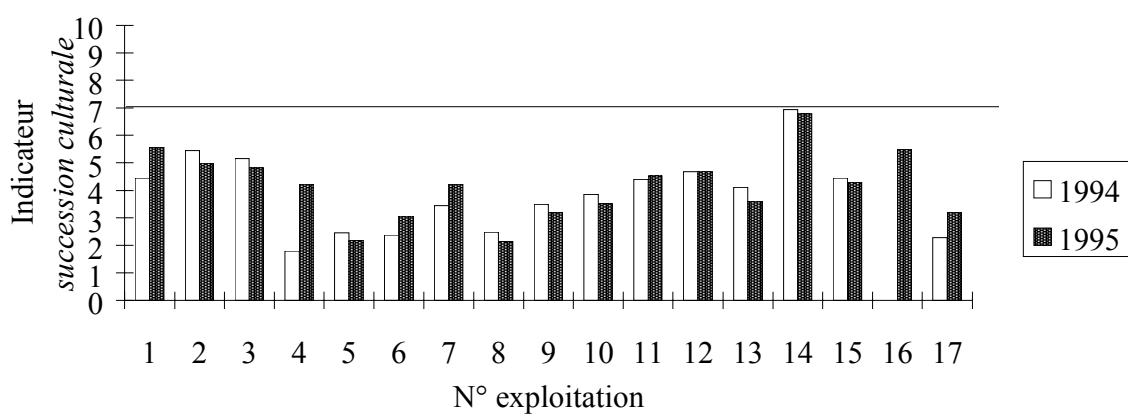


Figure 3 Evolution de l'indicateur *succession culturale* pour 2 parcelles de l'exploitation du Lycée agricole de Rouffach.

a)



b)



c)

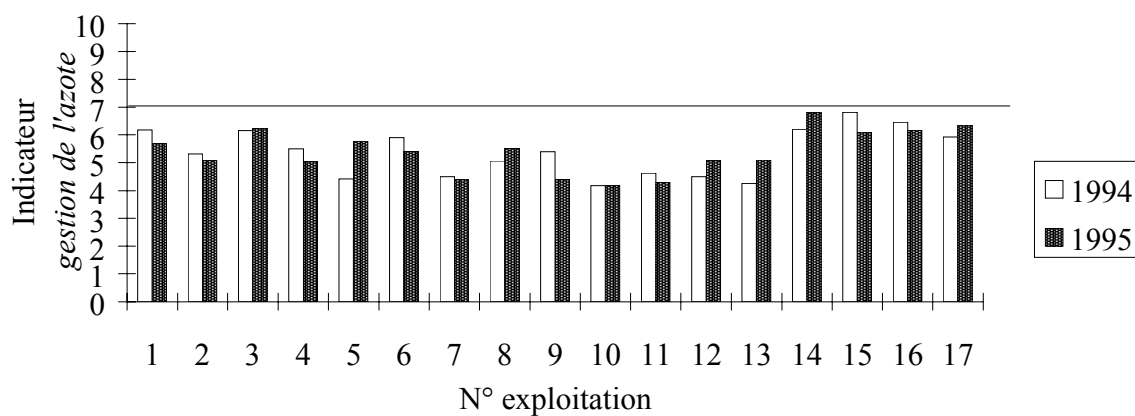
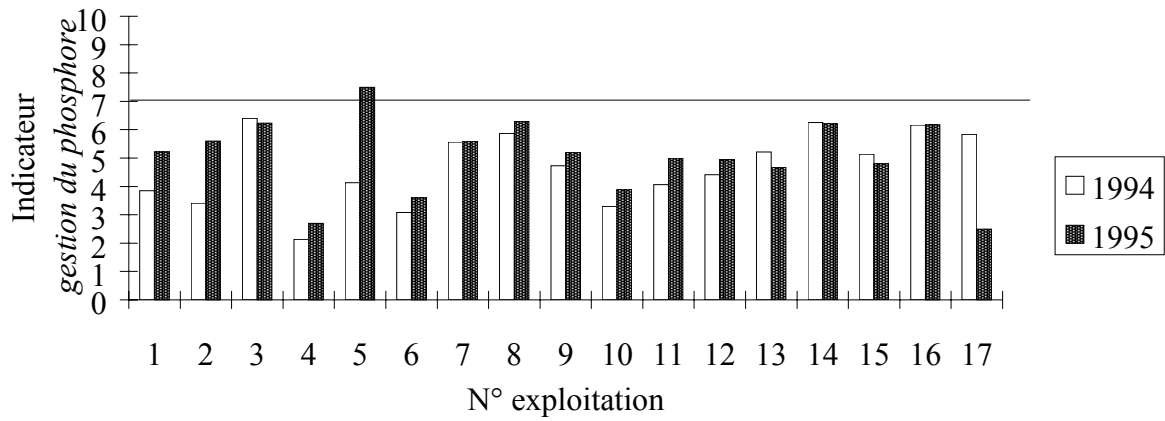


Figure 4 Valeurs de plusieurs indicateurs agro-écologiques pour le réseau d'exploitations en 1994 et 1995 (exploitations 1 à 13 : françaises ; 14 à 17 : allemandes).

d)



e)

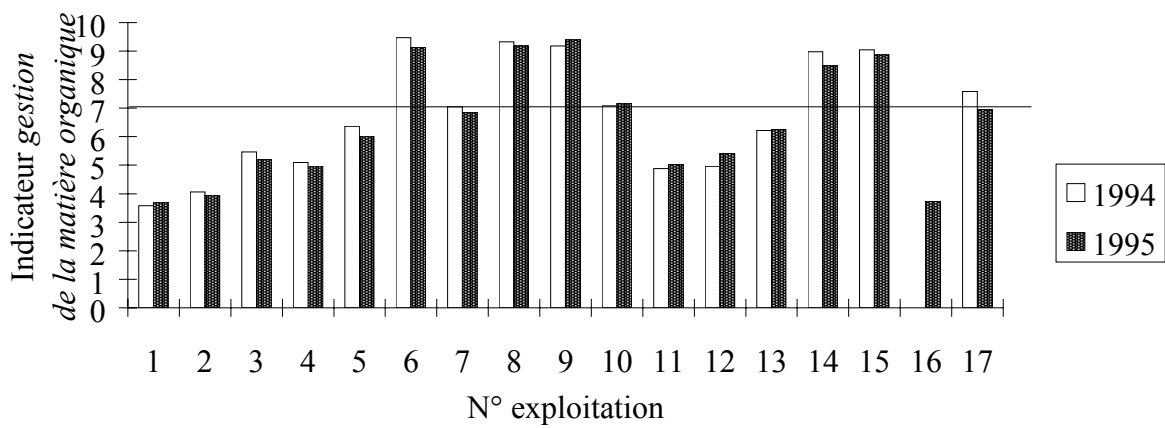


Figure 4 (suite)

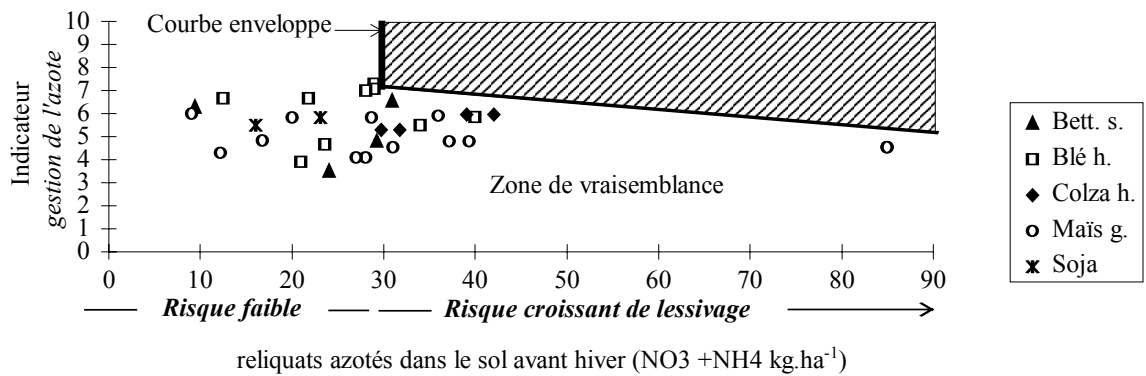


Figure 5 Test de vraisemblance pour l'indicateur gestion de l'azote. Les valeurs de reliquat avant hiver proviennent de mesures effectuées en 1994 et 1995 sur des parcelles du réseau.