INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
PARIS GRIGNON
INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES DE BELGIQUE
OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE

RAPPORT FINAL : CONTRAT CEE BIODIVERSITE ET ECONOMIE AGRAIRE AGRICULTURE ET DEVELOPPEMENT DURABLE : INVENTAIRE DES PRATIQUES AGRICOLES FAVORISANT LA BIODIVERSITE, APPLICATION A UNE FERME DE POLYCULTURE-ELEVAGE (CALVADOS, NORMANDIE).

Rédacteurs :
GRANVAL Philippe (ONC)
CHAMBARD Pierre (INA PG)
SOLER Marie Laure (INA PG)
FOUQUET Michel (ONC)
LAFFONTAINE René MARIE (IRScNB)

Rédaction Mars 1997

PLAN

I - Introduction.

II - Les limites de l'agriculture intensive.

A- Des limites d'ordre agronomique

1°) Non prise en compte de la faune du sol

2°) Prise en masse, compaction mécanique et diminution du taux de matière organique

3°) Un course au rendement potentiel

4°) Le développement de « nouvelles « maladies

B- Des limites d'ordre environnemental

1°) Pollution des eaux par les produits chimiques (engrais, pesticides, ...)

2°) Erosion éolienne et hydrique

3°) Destruction des écosystèmes

C - Des limites d'ordre économique.

III - La nouvelle donne économique

A- L'intérêt de l'extensification

B- L'agriculture intégrée

C- Gestion des peuplements lombriciens

IV - Application à la ferme de référence.

A- Rotation.

B- Taille et forme des parcelles

C- maintien et entretien des structures paysagères.

D- Rendement inférieur ou égal au potentiel pedoclimatique

E- Travail du sol simplifié

1°) Intérêts du semis direct

2°) Conditions dans lesquelles se réalise un bon semis direct

3°) Diagnostics et propositions sur l'exloitation de référence.

F- Adaptation de la fertilisation

1°) Raisonnement de la fertilisation minérale

2°) Les engrais verts : une meilleure gestion de l'interculture.

1- valorisation des résidus de récolte

2- implantation d'une culture intermédiaire

a choix de l'espèce

b préparation du semis

c le semis

d fumure minérale

e destruction

f enfouissement

g comparaison entre la gestion des résidus et une culture intermédiaire.

3- gestion des effluents d'élevage

a analyse des pratiques et remise en cause

b prise en compte de la valeur fertilisante des engrais de ferme

c mise en valeur des engrais de ferme par le travail du sol

4- diagnostic et proposition

G- Choix des variétés, date et densité de semis

1°) choix des variétés

2°) date de semis

3°) densité de semis

4°) diagnostic et propositions

H- Réduction des traitements phytosanitaires

1°) traitements curatifs.

2°) observations au champ

a) l'observation au champ

b) les avertissements agricoles

c) modèles de prévision des risques

3°) choix des produits

4°) conditions de traitement

5°) diasgnostic et propositions

IV - Un exemple dans le Calvados.

A - Pertes ou profits pour l'agriculteur

1 - Des actions ne présentant pas de coûts majeurs

a- taille et forme des parcelles

b- Sens des semis et aménagement des bordures de champs

c- mode de récolte, broyage et brulis

d- aménagement d'éléments fixes du paysage : l'exemple de la haie

2 - Des actions entrainant une modification profonde de la façon dont se construit la marge réalisée par l'agriculteur.

a- les nouveaux itinéraires techniques

b- la diversification des cultures et l'allongement de la rotation

3 - Conclusion sur la faisabilité économique.

B - Compatibilité avec la contrainte temps et le calendrier agricole

1 - Le temps et les aménagements d'éléments fixes du paysage

2 - Le temps et les conduites de cultures

a- taille et forme des parcelles

b- sens des semis, bordure de champs

c- mode de récolte, broyage et brûlis

3 - le temps et les « nouvelles rotations »

C - Conséquences;

1- Les conséquences économiques

2- La phase transitoire

3- L'information et la formation technique

4- Evaluation de l'impact sur la biodiversité

5- Evaluation de l'impact sur l'état des sols

6- Le problème du salissement des parcelles

7- Le temps libéré

8- La biodiversité

D- Conclusions.

VI- Bilan des recensements avifaunistiques sur la commune de Goustranville -14.

A- Introduction

B- Matériels et méthodes

C- Résultats

D- Conclusion

VII - Inventaire de l'avifaune hivernante Goustranville (Calvados), 15 et 16 janvier 1997.

A- Méthodologie

B- Résultats

C- Conclusion et Résumé.

VIII - Les odonates, outils performants pour l'évaluation biologique.

A- Quelques caractéristiques des odonates

B- Surveillance par bioindicateurs, principes généraux

C- Les odonates, instruments de mesure performants pour les milieux aquatiques

D- Relevé de biodiversité sur la ferme Granval (Goustranville, Calvados)

1°) Mise au point de la méthode de mesure utilisée : importance de l'observateur

2°) Méthodologie adoptée lors des relevés de la ferme Granval à Goustranville - Calvados.

3°) Résultats

4°) Evaluation des aménagements

5°) Proposition d'une gestion favorable pour les odonates

E- Suivi technique de la création d'un plan d'eau permanent sur la ferme du Calvados.

IX - Conclusion.

I- INTRODUCTION.

Conscient de l'enjeu d'un tel programme qui vise à rémunérer la production de biodiversité, il nous est apparu important de faire le point sur les pratiques à mettre en oeuvre pour atteindre cet objectif.
En effet, on constate que, dans nos sociétés, l'agriculture est le principal facteur agissant sur la répartition et l'évolution de la biodiversité. Or devenue intensive et industrielle, elle uniformise les milieux où elle intervient et donc la faune et la flore qui les occupent. La nécessité actuelle de limiter la production agricole offre l'opportunité de faire converger les intérêts des agriculteurs (maintien du revenu agricole et limitation de l'exode rural) et les intérêts du paysage ou de la biocénose. De là, émerge l'idée qui est engagée par le projet « Biodiversité et économie agraire », d'aider au développement d'une agriculture durable qui assure la conservation de la biodiversité par une rémunération équitable et efficace des pratiques agricoles mise en oeuvre à cette fin.

L'idée originale de ce projet réside dans le fait qu'il ne s'agit pas de donner une compensation financière à une perte de production agricole qui présenterait les inconvénients suivants :
- elle s'oppose au système de valeurs productivistes du monde agricole et aboutit à sa démotivation et à sa non - adhésion,
- elle implique des controles techniques, lourds, coûteux et non accessibles à l'agriculteur,
- elle n'a pas d'effet primordial sur l'environnement car l'agriculteur n'est pas impliqué activement dans cet objectif, mais il s'agit de rémunérer une production nouvelle la biodiversité. On rémunère alors la capacité d'un chef d'exploitation à trouver un équilibre entre une production agricole et une production (ou un maintien) de biodiversité.

Pour cela, trois questions doivent être résolues :
- Trouver des indicateurs de biodiversité simples à mesurer, évaluables et reconnus par les agriculteurs, mais adaptés au milieu considéré et à la rareté ou à la fragilité éventuelle des espèces afin qu'ils soient reconnus comme valables par les défenseurs de l'environnement.
- Déterminer les moyens accessibles à l'agricultuer pour favoriser la biodiversité
- Etablir un niveau de rémunération correspondant à un niveau de biodiversité.

Par ailleurs, il est nécessaire d'évaluer les conséquences possibles de ce projet tant pour la collectivité que pour l'agriculteur.

Toutefois, il est nécessaire de bien identifier les autres contraintes environnementales (nitrates, érosion,...) de manière à recommander des pratiques qui ne soient pas en contradiction avec d'autres mesures environnementales. Cela s'appelle la mise en cohérence du programme avec les objectifs généraux de protection de l'environnement.

Le développement durable a été défini par la commission Brundtland à l'ONU en 1987 comme « un développement répondant aux besoins présents d'une humanité solidaire, mais qui laisse aux générations futures la possibilité de survivre et de prospérer ». La protection de l'environnement fait donc partie intégrante du développement économique (Viaux, 1995). Ainsi, l'agriculture durable (*Sustainable Agriculture*) a pour objectifs de concilier économie et écologie pour pérenniser à long terme l'ensemble des moyens de production (Girardin, in Morard, 1994).

Nous verrons donc tout d'abord les limites de l'agriculture moderne, et notamment son absence de souci écologique et de notion de durabilité.

Mais une nouvelle donne économique s'est mise en place depuis le début des années 90 : la rentabilité de l'intensification céréalière est mise en doute dans le cadre de la réforme de la Politique Agricole Commune (PAC) et de la baisse des prix des céréales. Le concept

d'agriculture intégrée est à la base d'une réflexion sur les modifications des pratiques agricoles. Ce concept est définit par VIAUX (1995) : « un système intégré correspond à une approche globale de l'utilisation du sol pour la production agricole, qui cherche à réduire l'utilisation d'intrants extérieurs à l'exploitation (énergie, produits chimiques) en valorisant au mieux les ressources naturelles et en mettant à profit des processus naturels de régulation ». En outre, la jachère et les lombriciens se révèlent être de 'nouveaux' outils pour gérer la fertilité des sols. Il apparaît donc nécessaire de repenser l'agriculture dans cet autre contexte.

Ensuite, nous aborderons les applications pratiques de cette nouvelle conception de l'agriculture sur l'exploitation française de référence du programme Biodiversité - CE. Cette exploitation normande de polyculture élevage est située sur la commune de Goustranville (Calvados) en bordure des marais de la Dives. Nous avons tenté de savoir si l'application des conseils aux céréaliculteurs pour une agriculture plus respectueuse de l'environnement est réaliste du point de vue économique conme celui de l'organisation du travail. Pour cela, nous avons abordé la question des moyens (pratiques agricoles mais pas seulement), que les agriculteurs peuvent à priori mettre en oeuvre pour augmenter la biodiversité. Ensuite, nous avons approché une évaluation des conséquences de la mise en oeuvre de ces moyens, en termes économiques et de temps de travail au niveau de l'exploitation agricole en se situant dans un contexte de de culture en plaine, dans une zone Nord-Normandie Picardie. Puis, seront discutées les conséquences de la modification des pratiques agricoles en termes techniques, de biodiversité, de temps de travail et de période de transition.

Nous disposons de beaucoup plus d'informations sur les pratiques néfastes à la biodiversité que le contraire. Il nous est donc apparu indispensable de les indiquer. L'abandon de telles pratiques est déjà un pas vers l'objectif demandé.

L'identification des différentes échelles spatiales permet de préciser les espèces cibles à produire à chaque échelle. Le niveau régional est un maillon bien identifié, le terroir apparaît comme le maillon immédiat plus reconnu par les exploitants. Au niveau de l'exploitation,l'**assolement** va définir la nature du petit gibier et des autres composants de la faune par exemple, 50% de céréales dans l'assolement est un territoire favorable à la perdrix grise et à l'alouette des champs.Au sein même de l 'exploitation, nous proposons de distinguer deux grands ensembles : les marges incultes de l'ensemble de production constitué par les parcelles, les éléments fixes du paysage et les parcelles en jachères.

Marges		Somme des parcelles		
Chemin	Bordures des parcelles	HAIES	JACHERES	PARCELLE

Il est nécessaire de définir l'itinéraire technique qui est la combinaison des techniques employées par un agriculteur sur une parcelle pour conduire une culture (du travail du sol à la récolte, en passant par le choix des variétés, la fertilisation, etc...) SEBILLOTTE (1987). On distingue la pratique agricole simple (la récolte) d'un ensemble de pratiques qui traduit le degré d'intensification et par là même le risque global encouru par la faune. Cet itinéraire technique est également la base du raisonnement des agronomes qui définit pour la culture du blé (principale plante cultivée en France avec 5 millions d'ha), plusieurs itinéraires techniques qui va du rendement maximum possible au rendement obtenu avec le minimum d'intrants.

II LES LIMITES DE L'AGRICULTURE INTENSIVE

BDLIMITE

La notion de durabilité est absente du concept d'agriculture intensive. En effet, on exploite les ressources naturelles que sont la terre et l'eau comme de simples moyens de production, au même titre que les engrais, les produits phytosanitaires, ... Or ces ressources naturelles forment un capital, qui se dégrade aujourd'hui lentement et parfois de façon irréversible - du moins à l'échelle humaine. Il faut donc mettre en évidence les pratiques ou limites de l'agriculture moderne qui constituent des obstacles à la durabilité du développement agricole.

A - DES LIMITES D'ORDRE AGRONOMIQUE

1°) Non prise en compte de la faune du sol

Il est manifeste que l'agriculture intensive a ignoré les organismes vivants du sol, lorsque ceux-ci n'avaient aucune conséquence négative sur le développement des cultures végétales (non-ravageurs) ou lorsqu'ils n'étaient pas directement associés à la plante (non-symbiotes). Bouché (1984a) insiste sur le fait que ces organismes « n'ayant pas d'intérêt direct ou d'inconvénients immédiats ont été peu ou pas étudiés du point de vue agronomique. Pratiquement, les techniques agricoles, focalisées sur les objectifs de rentabilité 'évidente', ont ignoré ces auxiliaires ».

Ainsi, on ne sait pas utiliser les lombriciens et en plus « on détruit un capital considérable ».

2°) Prise en masse, compaction mécanique et diminution du taux de matière organique

La prise en masse est un processus de dégradation de la structure qui affecte la totalité des horizons travaillés (Mullins *et al.*, in Duchaufour, 1995) ; « le sol devient périodiquement compact et même durci lors des phases de dessiccation ; il redevient meuble quand l'humidité augmente à nouveau ». Cette dégradation de la structure intervient de façon progressive sur les sols dont la structure est initialement fragile, et qui sont soumis à un travail mal conduit et à un émiettement excessif, pratiqué à l'aide d'appareils trop puissants ou trop nombreux.

La prise en masse est progressive ; en revanche, ses effets sont plus durables. Le développement des monocultures de céréales à grains et l'apport toujours grandissant des fertilisants chimiques et des pesticides pour assurer la croissance de ces cultures a permis d'augmenter les rendements et la productivité du travail. Pourtant, ces pratiques ont contribué à des pertes de matières organiques du sol (Doran et Werner, 199?). Lacroix (1994) et Wicherek (1994) Dans les sols des terres cultivées, un taux de 1,5 % est jugé satisfaisant, alors qu'il atteint 4 à 6 % en moyenne en prairie permanente (jusqu'à 10-12 % dans certaines prairies) (Laissus, 1985).

3°) Une course au rendement potentiel

Le rendement potentiel c'est à dire le rendement maximum avec pour seules contraintes le sol et le climat, est rarement atteint en agriculture intensive (2 années sur 10 en moyenne). Or avec un tel objectif de rendement, un niveau d'intrants élevé est nécessaire pour un résultat non garanti.

L'augmentation de la productivité du travail a impliqué l'agrandissement des parcelles. Celle-ci s'est produite parfois sans tenir compte de l'hétérogénéité des sols sur des parcelles contiguës. Pour obtenir le rendement maximum dans les zones les moins favorables de la parcelle, l'agriculteur est contraint d'accroître la dose d'intrants, ce qui revient à en gaspiller sur les zones les plus favorables.

4°) Le développement des maladies

Raynal (1995a) note qu'avec le développement des nouvelles techniques culturales et d'assolements céréaliers intensifs, sont apparues importantes des maladies favorisées par le retour rapide des céréales sur les mêmes parcelles, alors qu'elles étaient considérées comme négligeables. C'est le cas par exemple des piétins, septorioses, fusarioses, helminthosporioses et des maladies à virus. Ces maladies sont apparues après l'utilisation massive de fongicides ayant détruit des champignons saprophites ; or les saprophytes jouent un rôle dans l'antibiose (équilibres microbiens dans le sol et sur les parties aériennes des végétaux), ce sont des antagonistes aux champignons pathogènes (Raynal, comm. pers.).

De même, l'utilisation d'insecticides à large spectre d'action et le traitement des bordures de champ ont détruit les insectes auxiliaires des cultures, ce qui a concouru un peu plus à la pullulation des insectes parasites.

B - DES LIMITES D'ORDRE ENVIRONNEMENTAL

Viaux (1995) remarque que les techniques utilisées en agriculture moderne sont assez récentes par rapport à la durée de constitution d'un sol agricole. Il est donc difficile de mesurer l'impact à long terme sur les ressources naturelles et sur la qualité des sols, de l'air et de l'eau.

1°) Pollution des eaux par les produits chimiques (engrais, pesticides, ...)

Doran et Werner (199?) rendent responsables les pratiques de l'agriculture intensive dans la contamination des eaux de surface et de profondeur aux Etats Unis. La qualité des eaux des nappes phréatiques se dégrade lentement (Viaux, 1995) ; par exemple, l'augmentation de la teneur en nitrates de la nappe de la Beauce ou de Champigny se fait, en tendance, à la vitesse d'environ 1 mg/an, ce qui paraît faible, mais en trente ans, on passe de 20 mg (teneur courante d'une nappe peu chargée en nitrates), à 50 mg/l (limite de potabilité pour l'U.E.).

2°) Erosion éolienne et hydrique

D'après Wicherek (1994 ; 1995) et Wicherek et Laverdière (1993), l'accélération de l'érosion des sols des grandes plaines cultivées d'Europe est manifeste, sous l'action du climat mais surtout de la déforestation, de la mécanisation et de l'intensification de l'agriculture. En effet, l'altération des sols s'est accélérée vers les années 1960, avec la mutation des systèmes de cultures et le remembrement. Du fait de l'absence de couvert végétal permanent, au lieu de s'infiltrer, les eaux se sont mises à ruisseler et à entraîner avec elles la terre et ses fertilisants naturels, en particulier le limon, l'argile et les matières organiques qui sont également les liants des sols fragiles. Les conséquences néfastes résultant de l'utilisation intensive des terres agricoles dans ce pays peuvent se classer en 4 catégories :

- perte de sols par érosion éolienne ou hydrique
- altération chimique des sols par salinisation ou acidification et par influence de métaux lourds
- altération physique des sols par suite du tassement
- oxydation des matières organiques

3°) Destruction des écosystèmes

« En Europe, les pratiques agricoles au sens large conditionnent la répartition et l'évolution de la diversité biologique plus que tout autre facteur, à l'exception des disparités climatiques et topographiques (...). L'agriculture a, bien sûr, réduit et morcelé les surfaces des milieux climaciques, entraînant la régression de beaucoup de grandes espèces. Mais à côté de cela, elle a pendant des millénaires, joué un rôle de diversification des paysages et des écosystèmes, étendant des milieux rares, créant des milieux de substitution auxquels la plupart des espèces avaient le temps de s'adapter. Ce n'est qu'avec l'avènement de l'agriculture intensive et industrielle que la fonction diversificatrice des activités agro-pastorales s'est inversé pour devenir une action réductrice. L'agriculteur a cessé d'être un gestionnaire du paysage et des écosystèmes semi-naturels pour en devenir un consommateur parmi d'autres. » (Trouvilliez *et al.*, 1993)

Le bocage est l'un des écosystèmes ayant le plus subi la pression de l'agriculture intensive. Cela s'est traduit par la disparition du maillage des haies, des talus des bandes enherbées, des bois et des chemins dans de nombreuses régions, et notamment dans les plaines céréalières actuelles. Certains n'hésitent pas d'ailleurs à comparer la Beauce à un véritable désert. Car la destruction des éléments fixes du paysage a entraîné la diminution ou même la disparition d'espèces dont ces éléments servaient d'habitat (petits mammifères), de réserves de nourriture (insectivores et granivores) et d'abri contre les prédateurs (exemple : perdrix grise/busard). Les prélèvements de perdrix grise ont été divisés par 10 dans l'Eure et Loir (FDC 28, comm. pers.). Autre conséquence : la disparition des haies aurait été la cause de pullulations de rongeurs (Tourneur, 1995).

La destruction des écosystèmes a conduit également à l'uniformisation des paysages. Cette monotonie en milieu rural a certainement des effets psychologiques négatifs.

C - DES LIMITES D'ORDRE ECONOMIQUE

On aurait pu croire que l'intensification soit la solution économique adéquate pour l'agriculture. Certes le niveau de vie des agriculteurs a beaucoup progressé depuis les années 50 et l'Europe a assuré son autosuffisance alimentaire, allant même jusqu'à exporter des produits agricoles. Mais ce développement s'est aussi accompagné de l'endettement croissant des agriculteurs (coûts des machines agricoles, des semences et des produits phytosanitaires, des terrains dans les zones péri-urbaines, ...).

Tirel (1987) dans son analyse de l'intensification des systèmes de production montre que le produit d'un agriculteur en 1984 intègre moins de terre et de travail, qu'il nécessite rarement plus de capital mais qu'il demande un recours accru aux consommations intermédiaires (voir tableau 1 ci-contre). Il constate également que le prix du blé a diminué en valeur réelle de 2 % par an, celui du lait de 0,5 % et celui de la viande de 0,1 %. Endettement et faible rentabilité économique ont ainsi conduit beaucoup d'agriculteurs 'à mettre la clé sous la porte'.

La politique agricole commune avait mis en place des organisations communes de marché, qui conduisaient à rémunérer l'agriculteur selon son rendement en grande culture. Celui-ci était donc poussé à produire des volumes de plus en plus importants par unité de surface. Une des conséquences de cette logique productiviste a été la constitution de stocks de céréales au niveau européen, dont le coût devenait insurmontable pour le FEOGA.

Les problèmes économiques au niveau des exploitations agricoles et au niveau européen ont amené les responsables politiques à modifier les règles économiques des marchés agricoles. A cela se sont ajouté les résultats de recherche en économie agraire et en évolution des systèmes de production. Tous ces éléments ont contribué à la mise en place d'une nouvelle donne économique.

III LA NOUVELLE DONNE ECONOMIQUE

Depuis la réforme de la PAC (1992), le revenu agricole est en partie découpler du volume de production par l'octroi de primes variables selon les cultures. Il est donc devenu moins intéressant pour l'agriculteur d'atteindre le rendement pédo-climatique. Et si les prix des produits agricoles ont baissé (- 30 % pour les céréales), les prix des intrants n'ont pas diminué. D'où la nécessité pour l'agriculteur d'abaisser ses charges de production.

A - L'INTERET DE L'EXTENSIFICATION

Il ne s'agit pas d'opposer de façon simpliste intensification et extensification, mais de démontrer que dans les conditions économiques actuelles, il est plus intéressant pour l'agriculteur de mettre en oeuvre l'extensification de sa production. Tirel (1987) préfère aborder le problème sous l'angle de l'amélioration de la productivité du travail, c'est à dire que le processus d'élargissement de la superficie exploitée par travailleur devrait prendre le pas sur l'accroissement de la production et du capital par hectare.

Meynard (1985) compare deux itinéraires techniques sur blé. Le premier correspond à l'intensification (rendement objectif élevé avec haut niveau d'intrants) et le second à l'extensification 'raisonnée' (réduction de rendement de 15 q/ha associée à une diminution plus que proportionnelle des charges d'approvisionnement grâce à l'association de variétés complémentaires du point de vue de leur résistance aux maladies foliaires). Les marges brutes obtenues à l'hectare dans les deux cas sont relativement proches ; mais au fur et à mesure que le prix du blé baisse, l'écart se creuse en faveur de l'itinéraire d'extensification.

Robert (1994) comparent quatre itinéraires techniques d'après des essais réalisés sur blé de 1990 à 1993 dans la région nord. Le détail des quatre itinéraires est présenté dans le tableau 2a ci-contre. Il est en résulte que la marge brute est d'autant plus importante que le nombre d'interventions sur la parcelle diminue. De plus, la variabilité de cette marge brute est plus faible pour l'itinéraire extensif : les fongicides, les régulateurs, ... ne peuvent donc pas être considérés comme des traitements d'assurance, d'où l'inutilité de leur systématisation.

L'extensification de la culture du maïs semble moins évident pour Lacroix (1994). De même, sur pois et colza, un rendement objectif trop faible augmente la variabilité des rendements ; ceci étant dû à l'effet de seuil important des insecticides sur ces cultures (Viaux, 1995).

Néanmoins, l'ensemble des recherches sur l'extensification des cultures et la prise en compte des contraintes environnementales ont abouti à un concept plus général d'agriculture intégrée.

B - L'AGRICULTURE INTEGREE

Le concept d'agriculture intégrée a pour origine la lutte ou protection intégrée en arboriculture. Suite à l'utilisation massive et systématique de fongicides et d'insecticides dans les vergers au cours des années 60 et 70, sont apparus des parasites résistants à certaines matières actives. Il a donc fallu combiner plusieurs moyens de lutte pour établir une stratégie de protection efficace.

Ainsi, ont été mises en oeuvre :

- des mesures prophylactiques : pratiques culturales ne favorisant pas le développement d'une maladie.
- une lutte chimique, à l'aide de pesticides variés, adaptés aux parasites ciblés et non toxiques pour la santé humaine et pour la faune.
- une lutte biologique, grâce à des auxiliaires (insectes prédateurs, champignons antagonistes, ...).

L'agriculture intégrée est un concept plus récent en grandes cultures (5 à 10 ans selon les pays) car il s'est heurté au fait que la lutte biologique est mal adaptée aux milieux ouverts (Viaux, 1992). Le concept s'appuie sur l'unité de base qu'est l'exploitation agricole.

Viaux (1995) définit **l'agriculture intégrée** comme une approche globale de la production agricole, "**qui cherche à réduire l'utilisation d'intrants extérieurs à l'exploitation (énergie, produits chimiques) en valorisant au mieux les ressources naturelles et en mettant à profit des processus naturels de régulation**". En effet, l'agriculture moderne ne sait pas valoriser les ressources naturelles qu'elle exploite. Pourtant, les résidus de culture contiennent d'importantes quantités d'éléments minéraux (azote, phosphore, potassium, ...) qui peuvent à nouveau rentrer dans un cycle de production, s'ils sont traités convenablement. Les processus naturels de régulation sont mal connus ; néanmoins, ils existent si les prédateurs des parasites ne sont pas détruits par les techniques culturales et les produits phytosanitaires.

Viaux (1995) insiste sur l'importance des systèmes de production mixte dans l'optique d'une valorisation optimale des ressources naturelles et des processus naturels de régulation. En effet, une exploitation agricole exerçant plusieurs formes de production : productions végétales annuelles (grandes cultures), productions végétales pérennes (prairies, bois, ...), productions animales, serait plus apte à limiter les risques économiques ; la variabilité du revenu due aux aléas climatiques, au développement soudain de maladies, à un changement de politique agricole, etc..., serait atténuée par la diversité des productions. Par ailleurs, cela serait le meilleur moyen pour valoriser les sous-produits (pailles, pulpes pour l'alimentation animale et déjections servant à la fertilisation des parcelles). Par rapport au système conventionnel, le système intégré conduit à des rendements plus faibles (comme nous le verrons plus loin), mais l'économie d'intrants compense (parfois largement) la baisse du produit agricole.

Concrètement, l'agriculture intégrée repose sur les pratiques suivantes (Viaux, 1995) :

- ☛ la diversification des cultures
- ☛ un parcellaire de dimension raisonnable et de forme adaptée
- ☛ le maintien et l'entretien, voire l'aménagement de structures paysagères
- ☛ un objectif de rendement inférieur au potentiel pédo-climatique
- ☛ un travail du sol simplifié
- ☛ l'adaptation de la fertilisation
- ☛ des critères de choix des variétés, de la date de semis et de la densité de semis
- ☛ une réduction des traitements phytosanitaires

On ne doit pas confondre agriculture intégrée et agriculture biologique ou organique, même si elles ont des points communs. Le concept d'agriculture intégrée n'aboutira pas à une "révolution technique" (Vereijken, Viaux, in Lacroix, 1994) ; il s'agit de combiner des techniques classiques comme la rotation des cultures et des techniques modernes comme la sélection de variétés résistantes, en fonction du sol, du climat (Lacroix, 1994).

L'intérêt de l'agriculture intégrée ne réside pas seulement dans sa viabilité économique, mais aussi dans son impact sur les écosystèmes. En effet, la valorisation des processus 'naturels' implique le recours minimal aux produits d'origine chimique et la juste adaptation des apports aux demandes des cultures. Ainsi, les risques de pollution nitrique et d'intoxication par des pesticides rémanents seront limités. La conséquence devrait être un environnement plus propre et une plus grande biodiversité.

Les conséquences des 4 itinéraires techniques (vus en partie A) en terme d'environnement et de biodiversité, sont présentées dans le tableau 2b.

Des expérimentations sont en cours dans la plupart des pays européens ainsi qu'aux Etats Unis.

En France, des essais sont réalisés sur la station expérimentale de l'Institut Technique des Céréales et des Fourrages (ITCF) à Boigneville. Les premiers résultats (Viaux, 1992) montraient que globalement les intrants étaient réduits de 35 % par rapport au système de "référence". Ces réductions concernaient les postes engrais (- 51 %), produits phytosanitaires (- 42 %) et semences (- 15 %).

En Allemagne, la réduction de pesticides entre système conventionnel et système intégré est en moyenne de 27 %.

Au Royaume Uni, la baisse des intrants atteint 31 % (- 40 % pour l'azote, - 28 % pour les herbicides, - 80 % pour les fongicides, - 61 % pour les régulateurs de croissance et - 100 % pour les insecticides) pour une diminution de rendement de 14 %, soit une réduction du revenu de 6 % au prix 1991.

Aux Etats Unis, le programme LISA (*Low Input Sustainable Agriculture*) réalise des expérimentations semblables.

L'un des bénéficiaires de la mise en application de l'agriculture intégrée sera le vers de terre. En effet, cet annélide pourra se développer plus facilement grâce à la réduction du travail du sol et de l'emploi des pesticides.

C - Gestion des peuplements lombriciens.

Les lombriciens sont des invertébrés, appartenant au groupe des annélides. Ils représentent 80 % de la biomasse totale des animaux du sol. Ils se nourrissent des déchets organiques reposant sur le sol : feuilles, herbes en décomposition, déjections animales ...

Ils sont prépondérants dans les climats tempérés européens. Ils consomment les résidus de culture déposés à la surface du sol et différentes fractions minérales. Ces animaux produisent les turricules pouvant représenter un dépôt de 70 T/ha/an et de 230 T/ha/an de fèces endogées par tonne de poids vif de lombriciens (Al Addan, in Granval et Muys, 1992). Ils sont également responsables d'un réseau de galeries quasi-vertical. Leur volume de galeries est de 3.3 litres/m^2 pour un peuplement moyen de 1T de poids vif/ha (Kretzschmar, in Granval et Bouché, en prép.).

Le maintien d'une biomasse élevée de vers de terre contribue fortement à la richesse en gibier. A ce jour, environ 200 vertébrés terrestres ont été recensés comme prédateurs de vers de terre (Granval et Aliaga, 1988). Certains prédateurs comme la Bécasse recherchent pour se nourrir des parcelles ayant une biomasse lombricienne supérieure à 500 kg/ha.

Le développement de l'activité lombricienne ne peut s'envisager qu'avec la réduction du travail du sol, et en conséquence des réductions de coûts des cultures sont à attendre si on développe les peuplements lombriciens. Une économie sur le poste budgétaire des engrais peut aussi s'envisager en présence d'une forte activité lombricienne comme l'ont suggéré Mackay *et al.* (1983) pour le phosphore. Enfin, les lombriciens peuvent engendrer des économies d'engrais azotés de différentes manières : 1- en diminuant le lessivage des nitrates (Kanwar, 1985), 2- en favorisant l'activité des bactéries fixatrices d'azote (Loquet *et al.* 1978), 3-en favorisant la croissance racinaire. L'intérêt économique des lombriciens ayant été souligné, la

gestion des peuplements lombriciens devient une nécessité impérieuse dans le contexte économique et environnemental actuel.

Cette gestion doit d'abord éviter les destructions intempestives de lombriciens par un travail du sol trop profond et trop répété, un mauvais choix de pesticides. Ensuite, cette gestion doit favoriser l'activité de ces travailleurs difficilement remplaçables par des machines trop coûteuses. De la figure 2, on peut déjà déduire une conduite à tenir au niveau de l' exploitation et des différentes parcelles. Il s'ensuivra des bénéfices non négligeables économiquement et en organisation du travail (réduction du travail du sol).

On peut envisager un programme d'introduction de lombriciens dans les terrains qui en sont naturellement dépourvus. L'introduction de lombriciens européens dans des prairies néo-zélandaises a permis une augmentation de la productivité de ces prairies (Syers et Springett, 1983).

Nous venons de voir que les lombriciens ont besoin d'un sol qui ne subit pas de remaniements en profondeur ; or, beaucoup d'agriculteurs continuent à labourer systématiquement leurs parcelles sauf leurs jachères (a fortiori si elles sont spontanées). La jachère pourrait donc constituer, au moins pour les vers de terre, une bonne opportunité.

IV APPLICATION A LA FERME DE REFERENCE

Dans ce chapitre, je m'appuierai sur le texte de Viaux (1995) pour porter un diagnostic sur la situation de l'exploitation de Y. Granval. Puis, je proposerai des pistes de solution pour adapter le développement de cette exploitation agricole à la nouvelle donne économique vue au chapitre précédent.

L'approche suivante se veut globale. Les pratiques agricoles envisagées dans chaque paragraphe ne sont donc pas indépendantes. Elles forment un ensemble cohérent.

A - ROTATION

Pour Viaux (1995), il s'agit de construire des rotations à vocations multiples :

1- minimisant les problèmes sanitaires
2- minimisant la consommation d'énergie, d'engrais, de produits phytosanitaires
3- couvrant le sol au maximum durant toute l'année (en hiver comme en été pour limiter les risques de lessivage des nitrates et les risques d'érosion éolienne et hydrique)
4- minimisant les risques économiques liés aux aléas climatiques et économiques (variation des prix)

(voir schéma ci-contre)

L'allongement de la rotation apparaît donc comme nécessaire. Une durée de 5 ans incluant grandes cultures, légumineuses et jachère, semble être possible sur les exploitations pratiquant l'élevage.

L'introduction des légumineuses dans la rotation a pour objet une économie d'azote sur les cultures suivantes, notamment céréales à pailles et maïs. La jachère est une bonne tête d'assolement, tout comme les légumineuses, car elle fournit au sol un stock de matière organique non négligeable.

La longueur de la rotation et la diversité des espèces semées sur une même parcelle contribuent à briser les cycles de développement des parasites. Car, en effet, de nombreux insectes ou champignons possèdent des hôtes indispensables, sans lesquels ils ne peuvent pas se reproduire. Par exemple, l'impact des pucerons sera beaucoup moins important si les deux céréales à pailles de la rotation (blé et orge dans le cas général) sont séparées par la culture d'une plante autre qu'une céréale à pailles. Ainsi, des économies substantielles en insecticides et fongicides sont à attendre. De même, en alternant les couverts, on évite une trop forte spécialisation de la flore adventice ; d'où un moindre coût en herbicides.

Des espèces variées sur une rotation n'explorent pas les mêmes compartiments du sol, à cause de leurs systèmes racinaires différents. Et souvent, elles ne prélèvent pas la même quantité d'éléments fertilisants. Donc une bonne rotation ne doit pas faire apparaître de carences nouvelles.

Le tableau 4 ci-contre (Maillard, 1991) présente les valeurs des précédents culturaux et les risques possibles en cas de non-respect des règles de la rotation.

Y. Granval pratique plusieurs rotations, mais la principale en terme de surface et de revenu est la rotation céréales à pailles (blé ou orge) /maïs. Entre occasionnellement en tête de rotation une prairie ou une jachère avant maïs. Y. Granval pratique aussi parfois la rotation maïs/blé/orge. La durée de la rotation est donc en moyenne de 2 à 3 ans selon les parcelles. Le couvert de jachère est un mélange trèfle/ray-grass. Des attaques de pucerons ont eu lieu sur les parcelles où se sont succédé les deux céréales à pailles. Après la moisson du blé et de l'orge en juillet et la récolte de la paille, les chaumes sont laissés intactes jusqu'au déchaumage d'automne qui précède le labour d'hiver (70 % des cas dans la rotation blé/maïs). D'autre part, des développements systématiques d'adventices (gaillet grateron, liseron des champs, ...) ont lieu en bordure de parcelle et concurrencent le blé sur une largeur d'une quinzaine de mètres.

La durée de la rotation est trop courte si on veut limiter les problèmes sanitaires liés à la parcelle ; la rotation blé/orge en est l'exemple. 3 ans est un minimum si on intercale des espèces différentes. Viaux (1995) préconise une durée de 5 ans dans les zones d'élevage, ce qui est le cas puisque Y. Granval possède un troupeau de vaches allaitantes. Toutefois, une durée de 3 ans peut constituer un début. Ainsi, la rotation légumineuse ou jachère/maïs/céréales à pailles devrait être plus systématique. Une solution pour limiter l'enherbement en bordure de parcelle serait d'aménager des bandes de jachère d'au moins 20 m de large (*field margin strip*, figure 3a et 3b ci-contre) ; mais dans ce cas, la surface en jachère (20 ha environ) ne pourrait plus constituer une tête de rotation systématique ; l'introduction des légumineuses paraît donc nécessaire.

Deux possibilités conduiraient à la culture de légumineuses :

1- la solution 'engrais vert' en interculture blé/maïs ; elle a pour avantage de ne pas mobiliser le sol durant une campagne complète et de stocker de l'azote pour le maïs suivant. Le choix du couvert doit répondre à plusieurs objectifs (rapidité de croissance, coût du semis, entretien, sol, ...) ; le trèfle, adapté aux conditions locales d'humidité, ou la vesce peuvent être de bons choix.

2- la solution 'prairie temporaire' ; elle permet de faire, sur un an, plusieurs récoltes de fourrages ; le choix du couvert devrait déterminer le mode d'exploitation (ensilage, fauche, pâturage, ou combinaisons).

Le choix de la rotation est le point clé des systèmes intégrés (Viaux, 1995). Elle doit non seulement comprendre des cultures à forte marge brute mais aussi des cultures dont les effets se mesurent en économie de charges d'approvisionnements (produits phytosanitaires et engrais) et en économie de coûts futurs liés à la dégradation de l'environnement (pollution nitrique, érosion).

B - TAILLE ET FORME DES PARCELLES

Le développement de l'agriculture intensive s'est accompagné de l'agrandissement de la taille des parcelles dont nous avons vu les limites dans la première partie de ce rapport. Il est donc nécessaire de revenir à des tailles de parcelles plus petites. Il n'y a pas de taille optimale à respecter. Toutefois, on doit trouver un compromis entre :

- la conservation d'une homogénéité intraparcellaire (Viaux, 1995)
- une bonne valorisation du travail (Viaux, 1995)
- des cultures variées, pour limiter les risques phytosanitaires (Viaux, 1995) et répartir les opérations culturales sur une plus longue période (semis) (Granval *et al.*, 1995)
- le développement de la biodiversité en multipliant les écotones (effets lisière)
- la présence dans les haies, les bordures de champ d'auxiliaires des cultures capables de combattre les parasites jusqu'au milieu du champ

La fourchette de tailles est 5 à 15 ha, suivant l'objectif de la liste précédente que l'on veut favoriser. Par exemple, en Beauce, où le sol du plateau est relativement homogène, l'association Agri-Environnement 2000 préconise une taille de parcelle comprise entre 12 et 15

ha pour développer la population de perdrix grises sur les exploitations agricoles (D. Serre, comm. pers.), sans pour autant diminuer la productivité du travail. Viaux (1995) pense qu'une limite raisonnable en terme d'efficacité du travail est d'estimer la surface maximum que l'on peut semer en 4 ou 5 heures (une demi-journée de travail).

La forme des parcelles est également un facteur à prendre en compte.

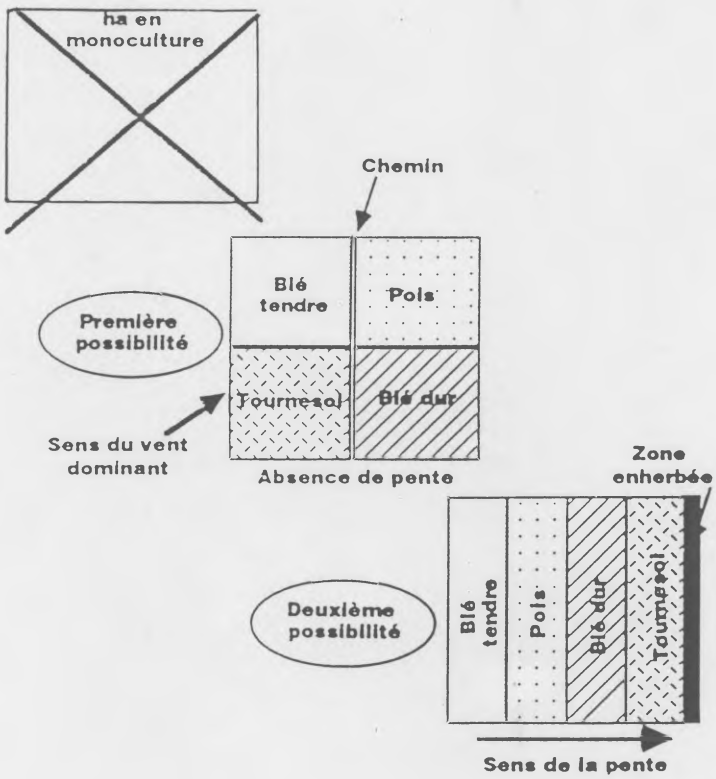
Au point de vue de la facilité de travail, les formes rectangulaires et allongées sont plus propices au travail du sol (travail en lignes), à la récolte et aux manoeuvres aux extrémités de la parcelle (rampes du pulvérisateur).

Un élément favorable au développement de la biodiversité est la multiplication des écotones et donc des zones de transition entre les parcelles. Or des parcelles allongées présentent des périmètres plus importants que des parcelles carrées.

Pour limiter l'érosion éolienne, Wicherek et Laverdière (1993) préconisent les cultures en bandes qui alternent zones de couvert et zones de terre nue ou de jachère d'été en milieux secs. Enfin, pour lutter contre l'érosion hydrique, la culture des sols sous forme de bandes ne dépassant pas plusieurs centaines de mètres parallèlement aux courbes de niveau empêche la formation du ruissellement (Wicherek, 1994).

En conciliant les trois objectifs : valorisation du travail, biodiversité et lutte contre l'érosion (voir schéma ci-contre), on peut dire sans risque que la forme la plus favorable est la bande allongée rectangulaire.

La figure 4 ci-dessous résume deux exemples de découpage d'une parcelle en fonction de la contrainte 'vent' (transport de parasites) et de la contrainte 'pente' (érosion et lessivage).



in Viaux, 1995

Remarque :

La taille des parcelles s'est souvent agrandie après un remembrement. Maintenant, le remembrement est une opération rare ; mais dans certaines régions, où le parcellaire est encore très découpé, cet aménagement rural est envisageable sans pour autant nuire à la faune sauvage, à condition de garder les haies et autres aménagements fixes ayant une bonne valeur

cynégétique. Ainsi, l'ONC (Brun et Aubineau, 1989) propose une méthode de classification cynégétique des haies qui repose sur un diagnostic de chaque haie (choix des espèces faunistiques témoins, analyse structurale de la haie, élaboration d'une note de valeur selon des critères biologiques).

L'exploitation de Y. Granval présente un parcellaire assez découpé puisque le bocage a été en partie conservé. La taille des parcelles en cultures végétales est en moyenne de 5 à 7 ha ; deux parcelles de 20 ha sont divisées en 3 ou 4 parcelles de culture.

La forme des parcelles s'apparente à de larges rectangles, qui facilitent les manoeuvres. Les extrémités en pointe ont été supprimées.

Y. Granval applique donc déjà pour des raisons personnelles et structurelles à l'exploitation, les conseils émis plus haut. Néanmoins, le parcellaire pourrait être encore plus accueillant pour la faune sauvage si la largeur des parcelles était plus faible. De plus, des bandes de jachères pourraient être installées en bordure de champ afin de fournir une source de nourriture et un abri au gibier pendant l'hiver (voir les cultures à gibier préconisées par l'ONC).

D'autre part, une étude conduite sur un logiciel (Isaplan associé à Isagrimarge développés par Isagri) permettra de dégager les marges de chaque culture en fonction de l'emplacement de la parcelle, de sa taille et de sa forme. On pourra également positionner au mieux les jachères.

C - MAINTIEN ET ENTRETIEN DES STRUCTURES PAYSAGERES

On entend par structures paysagères l'ensemble des éléments fixes du paysage présents sur une exploitation agricole. Il s'agit des haies, des bois et bosquets, des chemins et des bandes enherbées, des fossés, des étangs, etc ...

Le maintien de ces éléments est nécessaire car ils présentent différents intérêts (voir schéma ci-contre) (Le Gac, 1994) :

→ intérêts agronomiques

- rôle de brise vent :

Les haies, les bosquets forment des obstacles aux vents dominants quand ils sont disposés perpendiculairement. Ainsi les cultures protégées ont une évapotranspiration moindre tandis que les réserves en eau du sol sont plus importantes. Limitant le déplacement des parasites, les brise-vents réduisent aussi la verse ou protègent du froid le bétail pâturant. Quant aux effets négatifs (ombrage, concurrence entre les racines), ils peuvent être réduits si on implante une bande de jachère entre la haie et la culture pour les raisons vues précédemment. Les mesures de l'INRA (figure 5) montrent qu'au-delà de 9 m le rendement de la culture est équivalent, puis supérieur.

- rôle dans le développement des auxiliaires des cultures :

Les carabidées, les sylphidées, les araignées sont des prédateurs des insectes indésirables (Viaux, 1995). Ils trouvent refuge dans les haies principalement.

→ intérêt environnemental

- rôle dans la lutte contre l'érosion des sols :

Les haies et les bandes boisées placées perpendiculairement à la pente créent des ruptures de pente sur un versant. La pente étant diminuée, la vitesse de ruissellement est réduite. De plus, les haies boisées retiennent les éléments solides emportés par le ruissellement.

- rôle de régulation hydrique :

Les éléments fixes ralentissent la vitesse de concentration des eaux au niveau des bassins versants et limitent les crues des cours d'eau (Viaux, 1995 ; Wicherek, 1994)

- rôle de barrière à la pollution :

Les haies et les structures boisées filtrent les eaux de ruissellement et captent les produits phytosanitaires qui s'y trouvent concentrés. De tels moyens sont utilisés pour protéger les rivières des pollutions d'origine agricole.

→ intérêt paysager

Les éléments fixes rompent la monotonie des paysages céréaliers.

→ intérêt cynégétique

Les éléments fixes permettent de satisfaire les besoins biologiques et sociaux de la faune sauvage lorsque les cultures ne le font pas. Ce sont des sites :

- de couvert et de refuge contre les intempéries, les prédateurs,
- de reproduction,
- de nourriture (insectes, graines et baies),
- d'activités sociales (pouillage par exemple sur les bandes de terre nue).

La figure 6 montre la haie à intérêt cynégétique. Les éléments paysagers, et notamment le bocage, permettent de maintenir, voire de développer la diversité biologique (faune et flore) (Viaux, 1995 ; Tourneur, 1995) en jouant le rôle d'écotones (figure 7).

→ intérêt économique

On peut tirer des revenus d'une surface boisée si les essences plantées sont de bonne qualité commerciale.

L'agriculteur ne pourra bénéficier de l'ensemble des intérêts des éléments fixes que si d'une part, ceux-ci sont entretenus (le coût d'entretien est souvent élevé en taillage, élagage ...), et si d'autre part, ils font partie d'un plan d'ensemble de l'exploitation (maillage en réseau) qui tient compte des différents objectifs de l'agriculteur : production, environnement, chasse, etc ... La gestion de l'espace sur les exploitations agricoles est de plus en plus étudiée et différentes méthodes sont mises en oeuvre pour répondre à ce problème. La méthode PEGASE (**P**rise en compte de l'**E**nvironnement et du paysage dans la **G**estion d'**A**gro-**S**ystèmes intensifs **E**n Champagne) de Le Gac (1994) représentée sous la forme d'un organigramme (figure 8), établit un diagnostic des contraintes du territoire à aménager, puis propose des aménagements au sein du paysage agricole.

Sur l'exploitation de Y. Granval, le bocage est relativement bien préservé. La destruction des haies n'est plus à l'ordre du jour et leur entretien est désormais habituel. Cet entretien se réalise avec une débroussailleuse, en septembre lors des 'creux' dans le calendrier de travail. Il est intéressant de noter que sur la commune de Goustranville, l'entretien des haies est également devenu une habitude ; et on préfère utiliser pour le taillage des scies circulaires plutôt que des broyeurs car ces derniers occasionnent des dégâts (branches cassées et arrachées).

J'ai pu constater que les haies abritaient de nombreuses espèces animales : lapin, pigeon ramier, renard, chouette chevêche, ... La diversité des espèces animales observées implique un écosystème riche qualitativement et quantitativement.

Une réflexion sur l'ensemble du plan d'exploitation pourrait être menée afin de déterminer les insuffisances du maillage en terme agronomique et cynégétique ou au contraire de mettre en évidence les éléments fixes sans aucun intérêt.

D - RENDEMENT INFERIEUR OU EGAL AU POTENTIEL PEDOCLIMATIQUE

Nous avons vu que la recherche du rendement maximum conduisait à un gaspillage d'engrais, de fongicides, etc ... Pour valoriser au mieux les apports et les réserves naturelles du sol, il faut choisir un objectif de rendement accessible 8 années sur 10. Le risque de moindre valorisation des bonnes années doit être, en moyenne, compensé par l'économie d'intrants.

Le choix d'un rendement objectif accessible 8 années sur 10 fait baisser le rendement moyen, mais dans des proportions faibles. Pour deux objectifs, l'un de 80 à 95 q de blé, l'autre de 65 à 80 q, Meynard obtient des rendements de 80 q et 75 q respectivement, soit 5 q d'écart pour un objectif différent de 15 q.

De plus, la variabilité des rendements n'augmente pas ; elle a même tendance à diminuer pour les céréales à pailles.

(Viaux, 1995)

Y. Granval obtient des rendements moyens de 60 à 70 q pour le blé et l'orge et de 75 q sec pour le maïs grain en année 'normale'. Lui-même indique qu'il ne vise pas les rendements maximum. Son rendement objectif, d'après ses doses de fongicides, est d'environ 70 q. Le tableau 5 donne les rendements en blé de l'exploitation.

tableau 5

Rendements moyens en blé tendre d'hiver de 1990 à 1995 (q/ha)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Exploitation de Y. Granval	80	70	70	70	58	68	85
Exploitations inscrites au centre de gestion et d'économie rurale du Calvados	77	86	76	68	74	78	87

On constate que le choix de rendement objectif de Y. Granval semble relativement bien adapté. Si les rendements en blé sur l'exploitation sont parfois inférieurs à ceux de la moyenne locale, la différence de revenu est compensée par le vente de paille (5 t/ha au prix de 300 F/t).

Une étude sur la variabilité des rendements pendant une série climatique pourrait permettre de définir pour les autres cultures, un rendement accessible 8 années sur 10.

E - TRAVAIL DU SOL SIMPLIFIE

Dans un premier temps, il est nécessaire d'abandonner toutes les pratiques agricoles qui réduisent, voire annulent le potentiel biologique du sol susceptible d'exercer un labour biologique (voir schéma ci-contre).

Pour la préparation du lit de semences, le labour doit être proscrit et remplacé par un travail superficiel du sol qui ne détruit pas les galeries des lombriciens. Le travail simplifié du sol correspond à deux alternatives :

1- outils rotatifs à dents et hersage combiné ou non

2- semis direct

Le passage au semis direct semble la meilleure solution si on veut respecter la vie lombricienne et ne pas modifier la couche arable comprise entre 5 et 30 cm. Je ne reviendrai pas ici sur l'efficacité du semis direct par rapport au système conventionnel (labour + herse rotative + semoir à céréales/maïs). L'ITCF a montré par de nombreux essais que dans de bonnes conditions d'implantation, le non-labour offre des rendements équivalents au système conventionnel en blé et maïs (Boisgontier et Costes, 1994). Je me bornerai à rappeler les avantages du semis direct et les conditions optimales de sa réussite.

1°) Intérêts du « no tillage », c'est à dire du non retournement du sol

- Localisation en surface des résidus de culture (mulch) et donc de la matière organique. Se décomposant dans l'horizon superficiel grâce à l'action conjuguée des vers de terre et des micro-organismes, ils fourniront les éléments minéraux nécessaires aux cultures.
- Non-remaniement de l'horizon compris entre 5 et 30 cm. La stabilité structurale et la micro-porisité induites par le travail des lombriciens sont conservées. Et la portance est meilleure.
- Possibilité de travailler les sols argileux pris en masse. Le semis direct pour de tels sols permet d'utiliser une force de traction moins importante (tracteur moins puissant et économie de gasoil).
- Pas de problèmes liés à la remontée des cailloux après labour ; les bris de machines sont donc moindres. Et là où le labour interdisait la culture du pois, par exemple, on peut envisager, après semis direct, une récolte sans casse. De plus, le broyage des cailloux devient inutile.
- La battance des sols est atténuée.
- L'érosion hydrique liée à la semelle de labour disparaît.
- Le nombre de passages est inférieur, d'où un gain de temps substantiel (jusqu'à 50 % des heures de traction sur parcelle, Boisgontier et Gillet, (1994)).
- D'un point de vue général, les charges de mécanisation sont moins importantes qu'en labour. En effet, même si un semoir de semis direct a un coût élevé (150 à 200 000 F suivant les marques), un tel semoir remplace à la fois la charrue, la herse combinée, le semoir à céréales et le semoir à maïs. Un outil spécifique n'est pas indispensable.

2°) Conditions dans lesquelles se réalise un 'bon' semis direct

D'après Boisgontier et Gillet (1994), la suppression du labour doit être dictée par les caractéristiques de la parcelle :

- vitesse de ressuyage du sol

Si cette vitesse est bonne (observation du nombre de jours nécessaires au ressuyage du sol en hiver après un épisode pluvieux important), le non-labour est possible.

- nivellement du sol

Un sol défoncé (ornières dues aux engins de récolte, par exemple) ne sera pas à même d'être semé en direct, car la profondeur du semis est faible et doit être homogène.

- compactage du sol

Si la structure du sol est compacte, l'ITCF ne préconise pas le semis direct. Or c'est justement en sol compact (absence de fissures et de galeries) qu'il me semble nécessaire de passer en semis direct pour permettre au sol de retrouver son potentiel en lombriciens et donc une meilleure porosité.

- cultures pratiquées

Les cultures qui impliquent le passage d'engins lourds pour la récolte risque de défoncer le sol et de le compacter. En maïs, betterave, pomme de terre et herbe ensilée, la suppression du labour est déconseillée. Néanmoins, elle est possible si on évite de faire les chantiers en condition trop humide et si on équipe les engins de pneus basse pression.

En outre, la société Horsch, constructeur de semoirs pour semis direct, conseille avant de mettre en place un semis sans labour (HorschMaschinen, 1992) :

- de niveler le sol en utilisant un outil à dents à faible profondeur. Par la suite, le Horsch permet de conserver un bon nivellement.
- de broyer en plein les gros cailloux en sols argileux-calcaires et ne plus passer d'outils à dents travaillant à une profondeur supérieure à celle du semis.
- d'effectuer les premiers semis sur des sols propres. Pour ceci, utiliser un herbicide à large spectre d'action non rémanent (à base de glyphosate, par exemple) avant le semis.

La société Horsch développe avec ses agriculteurs-utilisateurs une véritable « philosophie » du travail du sol. Celle-ci implique de rentrer le moins possible dans le champ pour éviter tout compactage mécanique. Comme il existait un club des 100 q en Beauce, on trouve aujourd'hui un 'club' des utilisateurs Horsch qui se réunit pour faire partager à ses membres les avancées techniques dans le domaine de la simplification du travail du sol.

L'un des freins à l'utilisation des techniques simplifiées en général, et de l'adoption du semis direct en particulier, est le problème de la maîtrise des adventices (vivaces et annuelles). Ceci nécessite d'avoir recours plus souvent aux herbicides, alors qu'un des principes de base de l'agriculture intégrée est la réduction des intrants (Viaux, 1995). Cependant plusieurs solutions sont possibles pour lutter efficacement contre les adventices.

Durant l'interculture, le désherbage peut se faire soit par des procédés mécaniques : déchaumage puis roulage (technique du faux semis) ; soit par des méthodes chimiques, plus efficaces contre les vivaces, en alternance avec les procédés mécaniques. Ou si un couvert de culture intermédiaire à croissance rapide est semé, les adventices seront étouffées. Je reviendrai plus loin sur le déchaumage d'interculture et sur l'implantation de l'engrais vert.

Les risques d'enherbement seront limités si la rotation est allongée, car l'alternance d'espèces différentes empêche la spécialisation de la flore.

Le passage en semis direct nécessite bien souvent le choix et l'achat d'un matériel spécifique (Barthélémy *et al.*, 1994). Toutefois, le semis direct répond non seulement à des contraintes agronomiques mais aussi à des contraintes économiques (diminution des charges de mécanisation et produit semblable).

3°) Diagnostic et propositions sur l'exploitation de référence

Les différents modes de préparation du sol que pratique Y. Granval sont indiqués ci-contre (tableau 6). On constate qu'il laboure toutes les terres qui seront emblavées en blé et maïs et qu'en fonction du précédent, de la culture à implanter, et de la teneur argileuse, le nombre de passage varie de 3 à 6.

Les parcelles qui sont très argileuses (70 % et plus d'argile ; voir analyse de sol, annexe 3) et où le labour est devenu impossible, même avec le tracteur le plus puissant de l'exploitation, sont laissées en jachère. Pourtant, de l'aveu de Y. Granval, ce sont de bonnes terres pour les cultures d'hiver.

L'agriculteur envisage d'utiliser la méthode du semis direct dans 1 ou 2 ans et ce pour 2 raisons :

- il aimerait gagner du temps de travail,
- cela faciliterait le travail des terres très argileuses qui nécessitent une puissance de traction élevée et une consommation importante de gasoil.

Cependant, Y. Granval ne se sent pas encore totalement prêt à passer en semis direct ; il redoute d'obtenir des résultats inférieurs à ceux qu'il a en système conventionnel, et le coût du Horsch SE lui paraît trop élevé (170 000 F) ; rappelons ici que l'agriculteur achète tout son matériel en occasion et qu'il n'hésite pas à le réparer lui-même. Mais, s'il n'est pas prêt à acheter ce semoir, il lui paraît nécessaire de le louer pour pratiquer des essais.

Premier cas : implantation d'un maïs après un blé.

La moisson a lieu en juillet. Immédiatement après, on doit réaliser le pressage de la paille pour éviter d'écraser les lièvres qui reviennent s'installer dans les chaumes après la moisson.

Après une céréale d'hiver comme le blé, qui libère les parcelles dès la fin juillet, il est intéressant pour limiter l'enherbement et le lessivage des nitrates, de semer un engrais vert ou une culture dérobée, afin de mieux gérer l'interculture (je reviendrai dans le paragraphe IV F 2 sur l'intérêt de l'engrais vert et sa conduite). Mais avant, un déchaumage fin est nécessaire.

En effet, un déchaumage superficiel (sur 5 à 6 cm de profondeur) est nécessaire pour niveler le sol avant le semis direct. Mais attention aux réglages, il ne faut pas remanier la couche plus profonde où se trouvent les vers de terre. La vitesse d'avancement pourra être de 7 à 8 Km/h. Le déchaumage se fera à l'aide d'un cover-crop à disques, combiné à un rouleau pour tasser le sol afin :

- d'assurer le contact graines/sol (si on a recours à la technique du faux-semis),
- réduire les risques de dessèchement (Barthélémy et Lajoux, 1995).

Le rouleau à l'arrière du cover-crop est très important : outre sa fonction de rouler le lit de semences, il écrase les mottes en terre fine. On évite ainsi de remplir des conditions favorables à la limace : résidus de culture et sol motteux.

Ensuite, on doit semer 'dans la foulée' l'engrais vert. Si, par contraintes de temps, de mauvaises conditions climatiques, cette opération est impossible, il convient d'attendre la levée complète des mauvaises herbes. Puis on peut déchaumer de nouveau. Mais ce deuxième déchaumage ne sera efficace que contre les annuelles. Par contre, une lutte chimique à base d'un herbicide total sera plus efficace car le premier déchaumage aura :

- fait démarrer les rhizomes de chiendent très vite après la récolte,
- fragmenté ces rhizomes qui seront alors plus sensible aux herbicides.C'est donc l'association déchaumage après moisson + pulvérisation chimique qui semble la solution à retenir pour conserver une parcelle propre en cas de semis tardif de la culture intermédiaire.

Après destruction de l'engrais vert, le maïs sera semé, en avril, sous mulch avec le Horsch SE.

Deuxième cas : implantation du blé après maïs.

Le maïs est récolté courant octobre et le blé est implanté en novembre. L'interculture est donc trop courte pour envisager l'implantation d'une culture intermédiaire. Seule la gestion des résidus de culture est à préciser. Or il est tout à fait possible de semer en direct le blé, avec le SE sans broyer les restes de tiges de maïs. Je rappelle ici que d'après l'ITCF, le Horsch SE est capable de travailler avec d'importantes quantités de résidus végétaux, sans bourrages (Granval *et al.*, 1995).

En limitant le travail mécanique du sol, les vers de terre ont donc de meilleures conditions pour se développer. Dans ce cas, l'augmentation de la biomasse lombricienne bénéficiera au sol et aux plantes. En pratique, le passage au semis direct est possible techniquement et est bien adapté aux cultures de blé et de maïs.

F - ADAPTATION DE LA FERTILISATION

La fertilisation doit s'adapter aux nouveaux objectifs de l'agriculteur (voir schéma ci-contre), et aux contraintes environnementales (pollution des nappes phréatiques par les nitrates d'origine agricole). Pour cela, je distinguerai la gestion de la fertilisation selon la nature des engrais utilisés.

1°) Raisonnement de la fertilisation minérale

L'azote :

- raisonnement de la dose à apporter

La quantité d'engrais azoté minéral se détermine en fonction de la méthode du bilan. Pour plus de clarté, je donne ici la formule simplifiée :

$$X = (b*Y-FS)/CAU$$

Avec X : dose d'azote à apporter
b : **b**esoin par unité de production (b est variable, d'autant plus faible que le potentiel de rendement est élevé, d'après A. Lacroix (1994))
Y : objectif de rendement (le rendement objectif sera celui obtenu 4 années sur 5)
FS : **f**ourniture du **s**ol probable estimée à partir de témoins cultivés sans azote (en pratique, on utilisera la mesure du reliquat d'azote minéral en sortie d'hiver)
CAU : **c**oefficient **a**pparent d'**u**tilisation de l'azote apporté

Les résultats obtenus à l'aide de cette méthode doivent être pondérés par le type de sol, la présence ou non d'apports organiques de type animal et de type engrais vert inclus dans la rotation.

- fractionnement des apports

L'Association Générale des Producteurs de Maïs, l'AGPM (1994), estime que les risques de lessivage des nitrates en culture de maïs existent à deux périodes :

- au début de la culture, lorsque le sol n'est pas couvert et que les besoins en eau des plantes sont encore faibles. Ces risques sont d'autant plus grands que le sol a une structure fragile (sables, limons battants) et que tout l'azote a été apporté avant le semis. Par contre, ils peuvent être considérablement réduits, voire annulés, par le fractionnement des apports d'azote et le report, au stade 8 à 10 feuilles du maïs, des apports les plus importants. Comme de plus, ce report augmente l'efficacité de l'azote apporté (meilleure concordance avec la période de besoins), il doit permettre aussi de réduire les quantités d'engrais nécessaires pour atteindre un objectif de rendement donné. En effet, on considère généralement que l'efficacité de l'azote apporté au semis est d'environ 60 %, alors qu'elle est de 80 % pour un apport à 8-10 feuilles.
- après la récolte, si la culture suivante est une culture de printemps, de nombreux essais montrent que les reliquats de nitrates après récolte restent modérés tant que la dose d'azote est raisonnée.

En blé, les apports fractionnés peuvent être déterminés en fonction de l'assimilation de l'azote par la plante à ses différents stades physiologiques, grâce à la méthode JUBIL (mise au point par l'ITCF et l'INRA). D'après Laurent (1995), la précision du bilan azoté ne peut rester que partielle à cause d'une part, d'une mauvaise estimation de l'objectif de rendement et d'autre part, de fournitures du sol différentes de la prévision établie à la sortie de l'hiver. JUBIL permet de mesurer directement sur la plante son état de nutrition azotée et de corriger éventuellement

un début de carence par un apport complémentaire d'azote. JUBIL mesure la teneur en nitrate du jus de base de tige (du blé tendre d'hiver) : en fonction de la teneur mesurée aux stades 1 noeud, 2 noeuds ou sortie de la dernière feuille, on décide de la nécessité de déclencher un apport complémentaire d'azote de 40, 60 ou 80 Kg N/ha. (Voir en annexe 4 le principe de démarche JUBIL)

Si la fertilisation azotée est raisonnée avec l'objectif d'un rendement inférieur au potentiel pédoclimatique, ce rendement sera atteint plus souvent et, par conséquent, la quantité d'azote potentiellement lessivable sera diminuée (Viaux, 1995).

Différents organismes mettent en place des actions qui visent à conseiller les agriculteurs sur les risques de lessivage des nitrates.

Les opérations FERTIMIEUX mises en place depuis 1991 par le Ministère de l'Agriculture et l'ANDA (Association Nationale pour le Développement Agricole), consistent à convaincre les agriculteurs en collaboration avec de nombreux partenaires locaux de réduire et de contrôler les risques de pollution par les nitrates. Un label FERTIMIEUX est alors attribué aux actions ou projets répondant à un certain cahier des charges (ANDA, 1994).

Dans le cadre de la directive européenne "nitrates", le code des bonnes conduites agricoles publié par l'Arrêté du 22 novembre 1993 donne un ensemble de recommandations aux agriculteurs situés hors zones vulnérables (cas de Y. Granval).

Le phosphore et le potassium :

Le Souder (1995) conseille de prendre en compte 4 critères pour la détermination de la dose d'engrais PK à apporter :

- l'exigence des cultures

Cette notion traduit la sensibilité des espèces à une restriction de fumure ou la nécessité d'un renforcement de fumure pour les moins exigeantes. A noter que les céréales à pailles sont peu exigeantes en P2O5 et K2O, à l'exception de l'orge et du blé dur.

- la teneur du sol à l'analyse de sol

Les teneurs en PK sont des indicateurs privilégiés de gestion de la fertilisation à la parcelle. Leur interprétation se fait relativement à deux teneurs seuils, Timpasse et Trenforcé, définies par type de sol et par classe d'exigence des cultures.

- le passé récent de fertilisation

La fréquence des apports dans le passé intervient sur la disponibilité en élément dans le sol. Celle-ci est d'autant plus réduite que la période sans apport d'engrais est longue.

- la gestion des résidus de culture du précédent

L'enfouissement des pailles fournit une quantité importante de potassium à la culture suivante. Sans restitution, la dose en K2O peut être à majorer.

En croisant ces 4 critères, on aboutit à 3 préconisations possibles :

- entretien avec apport de l'ordre des exportations,
- ou impasse annuelle possibles sur certaines cultures,
- ou renforcement de fumure au-delà de l'entretien (figure 9).

Trois outils permettent de contrôler à long terme les stratégies de fertilisation :

- l'analyse de terre

- le bilan cultural à la rotation (somme des fumures - somme des exportations) appelé bilan F-E
- le diagnostic foliaire qui, effectuée sur des organes spécifiques, permet de détecter, a posteriori, des problèmes alimentaires liés à la parcelle, et de les corriger l'année suivante.

2°) Les engrais verts : une meilleure gestion de l'interculture

La gestion de l'interculture est l'un des moyens de mieux contrôler les intrants azotés dans le cadre d'une agriculture intensive soucieuse de l'environnement. L'interculture vient en complément de deux autres mesures (Lacroix, 1994) :

- raisonnement du niveau de fertilisation azotée
- fractionnement des apports d'azote

dont les objectifs sont de réduire au maximum les reliquats d'azote en fin de campagne. Or comme la minéralisation d'automne est un processus inévitable (Mary, in Lacroix, 1994), ces deux moyens sont insuffisants pour empêcher la pollution nitrique durant l'interculture. Il faut donc gérer l'interculture.

Cela consiste en deux opérations (Lacroix, 1994) :

1- valorisation des résidus de récolte (pailles)

Il s'agit de valoriser le potentiel de blocage de l'azote minéral sous forme organique (donc non lessivable) par les micro-organismes du sol.

Le Comité d'Orientation pour la Réduction de la Pollution des Eaux par les Nitrates, le CORPEN (1991), recommande d'enfouir les pailles car les matières riches en cellulose entraînent une minéralisation d'azote lente. Le brûlage est à bannir car il augmente très rapidement le stock d'azote minéral. L'exportation (pailles enlevées) accroît le compartiment minéral au début de la période de lessivage (à partir de décembre). Cependant, cette dernière solution est moine 'dangereuse' que le brûlage. Il faut ensuite rechercher une décomposition maximale avant l'hiver, pour bloquer le maximum de nitrates en surface (dans le compartiment humique) avant leur migration en profondeur lors de la reprise des phénomènes de transfert (Recous *et al.*, in Lacroix, 1994).

2- implantation d'une culture intermédiaire

Celle-ci satisfait ses besoins en azote en prélevant l'azote minéral du sol, et ses besoins en eau en réduisant le drainage et donc le lessivage. Decau et Pujol (in Lacroix, 1994) montrent qu'une culture intermédiaire après maïs annule toute lixiviation polluante due aux nitrates et que son implantation peut ne pas affecter la production de maïs, et même avoir un effet favorable. Le CORPEN (1991) montre que c'est après avoir implanté une culture intermédiaire sur blé, paille enfouie, que le lessivage est le plus faible, voire inexistant.

Mais l'effet bénéfique des cultures intermédiaires sur les fuites de nitrates dépend beaucoup des conditions de leur conduite.

a) Choix de l'espèce

Outre l'objectif de piéger les nitrates, le raisonnement dans le choix de l'espèce doit répondre aux considérations suivantes :

- facilité d'implantation et rapidité de couverture du sol (Maillard, 1988; Duchêne, in Cailliez, 1991) afin d'étouffer les adventices et les repousses de blé, et de limiter l'érosion.

- facilité de destruction avant le semis de maïs au printemps.

Deux possibilités sont offertes :

° espèce gélive

° espèce non gélive ➔ broyage mécanique

➔ pulvérisation chimique

- faible coût de la semence et du travail du sol (Duchêne, in Cailliez, 1991).

La sensibilité au gel permettrait d'éviter la destruction du couvert et donc d'économiser un passage. Le coût de l'interculture (implantation, semence, destruction) est compris entre 500 et 1000 F/ha (AGPM, 1994).

- la capacité à prélever de l'azote.

Chapot (in Cailliez, 1991) compare différentes espèces pour leur capacité à prélever de l'azote en fonction d'une disponibilité fixe en azote dans le sol : pour une disponibilité d'environ 85 kg/ha, on n'observe pas de différence entre les espèces testées (tableau ci-dessous) ; par contre pour 150 kg/ha, le colza est le plus efficace car il produit plus de matière sèche pendant la même période.

	Colza	Moutarde	Radis
Azote kg/ha	30	29	36
MS tonnes/ha	1,9	1,8	2,4

(d'après Chapot, in Cailliez, 1991)

- la sensibilité aux parasites (Duchêne, in Cailliez, 1991).

Le choix se fait en fonction de la rotation (crucifères nématicides par exemple).

- la consommation d'eau (Duchêne, in Cailliez, 1991).

Selon le contexte pédoclimatique (précipitations et réserve utile du sol), l'espèce choisie ne doit pas concurrencer le maïs suivant.

- maintenir ou renouveler la matière organique du sol (Duchêne, in Cailliez, 1991).

On n'a pas intérêt à rechercher le maximum de production de matière sèche, mais plutôt à adapter le niveau de production à un objectif d'azote minéral à mobiliser et à un objectif de consommation d'eau (Lacroix, 1994).

Remarque :

Les légumineuses sont en général déconseillées car elles présentent des risques de pertes en nitrates élevées et rapides après destruction (Machet et Mary, in Lacroix, 1994). Seule la luzerne semble intéressante (Muller *et al.*, in Lacroix, 1994) car elle libère son azote progressivement, sur plusieurs années. Mais si la légumineuse est conduite comme une prairie à l'image de ce que fait Pochon (1993) avec le trèfle blanc, les pertes en nitrates sont nulles.

b) Préparation du semis

La préparation du lit de semence peut être aussi rigoureuse que le semis conventionnel d'une céréale mais pour respecter la vie biologique du sol, on préconise :

- si les pailles sont restituées, elles sont broyées finement le plus près du sol (CORPEN, 1991)
- le plus tôt possible, réaliser un déchaumage fin (CORPEN, 1991)
- semis direct (Horsch Sème Exact par exemple) ou semis à la volée avec un épandeur pneumatique, suivi d'un léger recouvrement au cover-crop (Lajoux, in Durand, 1995).

c) Le semis

- date du semis :

Elle doit être fixée en fonction de la pluviométrie (Lacroix, 1994). Plus le semis est précoce (fin juillet), plus le sol sera rapidement couvert et plus la masse végétale produite sera grande. Maillard (1988) donne une date limite de semis : fin août, début septembre.

- densité de semis :

On cherche à réduire la dose pour minimiser le coût d'implantation, d'autant plus que la production maximale de matière sèche n'est pas primordiale ; mais en semis direct, il faut souvent forcer la dose.

d) Fumure minérale

A éviter dans l'optique de réduire la pollution des eaux de lessivage.

e) La destruction

Trois types de destruction: - mécanique
- chimique
- par le gel

En Normandie, où l'hiver est doux, si le couvert n'est pas complètement détruit par le gel, la destruction mécanique ou chimique doit se faire le plus tard possible avant le semis de maïs pour limiter les possibilités d'érosion.

La destruction mécanique par broyage doit se faire en conditions sèches pour ne pas dégrader la structure et doit conduire à une répartition homogène de la matière organique au sol (Duchêne, in Cailliez, 1991).

La destruction chimique se fera, en fin d'automne, avec un herbicide non sélectif, à base de glyphosate (Duchêne, in Cailliez, 1991). L'intérêt de la destruction chimique est qu'elle supprime les risques liés à un mauvais enfouissement, assure le nettoyage du sol et ne porte pas atteinte au gibier (si des produits non toxiques sont employés).

f) L'enfouissement

En théorie, il se réalise à la charrue. Comme le rappelle François Derancourt (1991), l'enfouissement est la partie la plus délicate de l'itinéraire technique, car, dans un sol humide, il provoque l'asphyxie en fond de raie par la présence de gleys (masses de matière organique en décomposition anaérobie). Un enfouissement mal maîtrisé a un impact négatif sur le rendement de la culture suivante : le maïs. Mais si on considère l'engrais vert comme une prairie temporaire, les expériences à l'INRA du Vieux Pin (Leconte, comm. pers.) et celle de Pochon (1993) montrent qu'avec la pulvérisation chimique de fin d'automne, ce sont les vers de terre qui réalisent un enfouissement complet de la matière organique. De plus, si le sol est compacté (semelle de labour, absence de porosité, présence de nappes perchées entre 20 et 30 cm de profondeur), le labour est à proscrire (CORPEN, 1991).

g) Comparaison entre la gestion des résidus et une culture intermédiaire

La gestion des résidus de culture (ici les pailles de blé) en soustrayant une quantité d'azote au stock de nitrates du sol, est un peu plus efficace que la culture intermédiaire ; mais elle est plus aléatoire car elle dépend fortement des conditions climatiques. Par contre, son avantage est de ne pas prélever d'eau et donc de diluer le stock de nitrates dans l'eau lessivable; alors que la culture intermédiaire pompe des nitrates et également de l'eau (CORPEN, 1991).

Par ailleurs, l'implantation d'une culture intermédiaire n'aura de rôle bénéfique que si l'azote stocké est géré ultérieurement (Lacroix, 1994). En effet, l'azote des résidus du couvert est d'abord assimilé par la microflore du sol et ne se minéralisera qu'au cours des années suivantes. Il faudra alors déduire des apports azotés (sur le maïs puis sur le blé) ces stocks libérés par la minéralisation (Mary, in Lacroix, 1994).

3°) Gestion des effluents d'élevage

Il s'agit de valoriser au mieux les apports organiques d'origine animale.

a) Analyse des pratiques et remise en cause

Dans les zones où le risque de lessivage des nitrates est important, Benoit (1994) constate que, sous culture de maïs fourrager, en sol lourd et climat continental, la seule suppression des apports de fumier pourtant réalisés à faible dose (moins de 40 t/ha), diminue la teneur de la solution du sol à 90 cm de profondeur de 110 à 60 mg de NO3/litre. De plus, la prairie permanente apparaît beaucoup moins sensible que le maïs fourrager aux variations interannuelles de pertes en nitrates dues aux variations climatiques. La prairie permanente tamponne l'effet du climat sur les pertes en nitrate dues aux apports de fumier. Il conseille donc de délocaliser les apports de fumier des parcelles en maïs fourrager vers celles en prairies.

Dans ce contexte, Le Houérou (1994) propose des outils et une méthode pour changer de pratiques agricoles.

Les outils :

- le plan de répartition des épandages ;

Il est constitué par le plan parcellaire de l'exploitation où doivent apparaître :

* les systèmes de culture,
* les prairies différenciées selon leur nature (permanente, temporaire, ...) et selon leur mode d'exploitation (pâturage par des vaches allaitantes, ensilage puis pâturage, ...),
* les bassins d'alimentation et d'une manière générale les zones à risque,
* les principes types de sol du territoire ; certaines caractéristiques physiques du sol (perméabilité, portance) peuvent déterminer les pratiques d'épandage,
* les pratiques d'épandage (nature et tonnage du produit épandu),
* les bâtiments d'élevage, les lieux de stockage, de dépôt.

- le calendrier des flux de fumier ;

Les différentes phases de gestion des effluents sont visualisées sur un même schéma (figure 10), les fumiers gérés de la même façon sont identifiés par un figuré qui permet de visualiser le flux de fumier.

La méthode :

Elle a été mise au point avec l'objectif de modifier toute pratique présentant un risque de pollution. Mais, ici, l'objectif principal est la valorisation des déjections animales ; les contraintes environnementales deviennent secondaires car l'exploitation de référence n'est pas située dans une zone à risque.

Le référentiel utilisé permettant l'évaluation des pratiques et la mise au point des changements comprend :

- la suppression des fumières en bordure de champ dont les effets directs sont une surfertilisation après épandage à leur emplacement, et dont les effets indirects sont les passages d'un tracteur et d'une benne provoquant des ornières et donc un compactage mécanique localisé.
- le stockage du fumier sur plate-forme (évolution en tonnage, en valeur fertilisante).
- la classification des parcelles en fonction :
    * des déficits de matière organique et de lombriciens,

* de la conduite nécessitant une fertilisation en condition sèche pour limiter tout compactage mécanique,
* des besoins en fumure (calcul des bilans, prise en compte de la fertilisation minérale et de l'engrais vert).

Le mode d'emploi des 2 outils s'opère selon les étapes suivantes :

- étape n°1 : analyse des pratiques d'épandage habituelles
- étape n°2 : recherche de nouvelles surfaces d'épandage
- étape n°3 : mise au point d'un nouveau calendrier d'épandage
- étape n°4 : incidences du nouveau calendrier : mise en oeuvre de nouvelles techniques de stockage et/ou de compostage
- étape n°5 : conséquences sur la gestion des fumiers dans les bâtiments.

b) Prise en compte de la valeur fertilisante des engrais de ferme

L'épandage des fumiers ou des lisiers se traduit souvent par un apport excessif d'éléments fertilisants. Lors de l'établissement des plans de fumure à la parcelle, il est nécessaire de calculer la valeur fertilisante des effluents d'élevage.

Ziegler et Héduit (1991) présente une méthode de calcul assez simple pour l'azote. Ils prennent en compte la nature de l'engrais et déterminent la quantité d'azote en Kg/t d'effluent. Ensuite, suivant le type de culture et l'historique des amendements organiques de type animaux sur la parcelle, ils choisissent un coefficient d'équivalence-engrais (voir en annexe 5 l'exemple traité).

c) Mise en valeur des engrais de ferme par le travail du sol

Maillard et Vez (1984) ont réalisé des expériences d'enfouissement d'engrais de ferme (lisier et/ou fumier de bovins) à la charrue (25-30 cm) ou au chisel (30-35 cm) de 1979 à 1983. Leurs résultats indiquent, bien que les différences ne soient pas significatives, que les rendements d'avoine et de blé ont été chaque année meilleurs dans les parcelles travaillées au chisel que dans celles labourées traditionnellement. Ainsi, l'incorporation superficielle des amendements organiques dans le sol a permis une mise en valeur légèrement meilleure de l'azote.

Le travail au chisel risque de remanier l'horizon contenant les vers de terre. Il est donc nécessaire d'incorporer l'engrais avec un outil qui ne travaille que les 5 premiers centimètres du sol. Le cover-crop semble être le moyen le plus adéquat.

4°) Diagnostic et propositions

Le tableau 8 ci-contre présente la fertilisation telle qu'elle a été pratiquée sur l'exploitation de référence pour la campagne 1994-95. Le fumier épandu avant maïs provient des déjections des vaches allaitantes de l'exploitation. En blé, les pailles sont exportées. Des analyses de sol sont effectuées tous les 2 à 3 ans.

Le manque de données ne me permet pas de calculer ici la dose d'azote à apporter au blé. Mais, les 30 à 50 U rajoutées en cas de lessivage indique que les deux apports sont parfois réalisés dans de mauvaises conditions. Le blé tendre est une culture peu exigeante en P K. Ne connaissant pas les analyses de terre les plus récentes, et les Timpasse des sols de l'exploitation, je ne peux pas calculer les doses de P K pour le blé. La figure 7, pour un rendement objectif de 70 q, donne des fumures d'entretien de 74 kg/ha et 122 kg/ha en P et K respectivement.

L'apport unique de 120 U d'azote en maïs est déconseillé. Un deuxième apport est nécessaire au stade 8-10 feuilles. Y. Granval en est conscient, mais il doit faire face à un problème technique : il ne dispose pas du matériel adéquat. Il envisage de faire le second apport soit sous forme d'azote liquide, soit sous forme de granulés à l'aide d'un outil à dents.

Le maïs de prairie est manifestement surfertilisé car on a une fourniture d'azote d'environ 350 U (annexe 5). Or le conseil de fumure est de 1,8 kg d'azote par quintal de maïs espéré (AGPM, 1994). Pour un rendement de 100 q, l'exportation par le maïs est alors de 180 U. On se trouve donc avec 170 U d'azote non utilisées. A 3 F l'unité, il est possible d'économiser 500 F/ha sur ce maïs de prairie.

Le développement de la biomasse lombricienne permettra d'augmenter l'assimilabilité des éléments minéraux du sol. Une minoration des doses apportées est possible au bout de 3 à 4 ans.

Y. Granval ne pratique pas la technique de l'engrais vert. L'engrais vert pourrait être un trèfle ou une vesce. Semé dès la récolte de la paille après un déchaumage, l'engrais vert ne nécessite aucun soin particulier. On devra réaliser une pulvérisation chimique à base de glyphosate en fin d'automne. Le couvert laissé à lui-même sera progressivement enfoui par les vers de terre tout en limitant l'érosion hivernale. Au printemps, le semis direct de maïs se fera sans problème dans les résidus du couvert.

Le dépôt du fumier se fait sur des fumières située soit aux extrémités de certaines parcelles, soit à côté de la stabulation. Y. Granval envisage de construire une plate-forme sous abri pour stocker son fumier. Cette construction sera obligatoire avec les mesures européennes de mise aux normes des installations d'élevage. Les fumières dans les champs doivent être supprimées.

G - CHOIX DES VARIETES, DATE ET DENSITE DE SEMIS

1°) Choix des variétés (voir schéma ci-contre)

Plai et Desoubry (1992) conseillent, pour le choix d'un blé en Normandie, de croiser 4 critères :

- la productivité

Le choix se fait sur les variétés les plus productives, mais aussi sur la régularité des rendements.

- la qualité

La qualité d'un blé doit être adaptée à la valorisation qu'en fait l'agriculteur. Le tableau suivant présente les différentes qualités de blé (d'après Bernicot et Le Souder, 1995).

les blés panifiables supérieurs (BPS), leur valeur boulangère est régulièrement bonne et ils conviennent bien à la panification. → SOISSONS, RECITAL, CAMP-REMY...	les blés panifiables courants (BPC), sont plus irréguliers et doivent être utilisés en mélange. → SCIPION, THESES, FORBY...	les blés améliorants ou de force (BAF) ,sont utilisés essentiellement en mélange pour corriger des blés présentant des défauts de panification → QUALITAL, COURTOT...
les blés autres usages (BAU), ont une qualité boulangère médiocre, parfois sont impanifiables ; ils sont utilisés en alimentation animale. → TREMIE, RITMO...	les blés biscuitiers (BB), inscrits au catalogue français à l'automne 1995. → AMI	

- la tolérance aux maladies
Elle permet de limiter le coût des fongicides.

- la résistance à la verse
Elle est à mettre en relation avec la densité de semis et la fumure azotée.

Viaux (1995) insiste pour que le choix de la variété intègre en priorité la résistance aux maladies et non le potentiel génétique, c'est à dire le rendement. Les critères de qualité, de précocité, de résistance aux froids, etc ... sont importants mais secondaires. De ce choix dépendra une diminution du nombre de passages de fongicide et d'insecticide, voire leur absence, ce qui doit compenser en partie un rendement plus faible.

De plus, si la quantité d'azote est adaptée et la densité de semis modérée (intérêt de l'extensification céréalière), les régulateurs de croissance sont inutiles pour la grande majorité des variétés.

Il faut également cultiver plusieurs variétés pour une même espèce sur une exploitation, afin d'éviter la contamination par un parasite (champignon ou insecte) à l'ensemble des surfaces (Viaux, 1995).

Quoique non pratiqués en France car non autorisés, les mélanges variétaux (mélange de plusieurs variétés présentant des gènes de résistance différents) pourraient présenter une bonne alternative : le champ se comporte comme s'il avait une résistance générale vis à vis de l'ensemble des races d'un même champignon (résistance horizontale). On arrive ainsi à juguler une épidémie « moyenne » sans traitement phytosanitaire (voir figure 11 ci-contre). Cependant, des problèmes de compétition entre variétés, de maturité simultanée et de qualité boulangère semblable restent à régler (Raynal, 1995b).

2°) Date de semis

La date de semis dépend du précédent, des conditions d'implantation, et de la variété.
En semis précoce, il faut semer des variétés à montaison tardive pour éviter les risques de gel d'épis au printemps. En semis tardif, les variétés précoces en montaison, et surtout précoces à maturité permettent de limiter les risques d'échaudage.

A partir de la date de semis possible, la durée optimale est proche d'un mois pour les variétés à semer tôt et de trois semaines pour les variétés à semer tard (Plai et Desoubry, 1992).

Pour Viaux (1995), la date de semis doit être un compromis entre de bonnes conditions d'implantation et le risque de favoriser le développement de maladies ou de mauvaises herbes, qui nécessiteront l'utilisation importante de produits phytosanitaires.

3°) Densité de semis

La densité de semis doit être raisonnée en fonction des risques de maladies. En effet, les semis denses sont exposés à la verse et à l'oïdium en particulier (Maillard, 1987). Pour Plai et Desoubry (1992), l'objectif est d'obtenir 200 plantes au m^2 en sortie d'hiver pour les semis précoces et 250 plantes au m^2 pour les semis tardifs ; ce conseil est valable pour toutes les variétés. La densité doit donc être calculée au plus juste (Viaux, 1995). Cependant, en semis direct, la dose de semis doit être plus élevée qu'en semis conventionnel pour compenser un taux de perte supérieur à la levée (Besnard, 1994). En blé, le taux de perte à la levée après

labour est de 10 à 15 % ; alors qu'il est compris entre 20 et 23 % en semis direct (Trochard et Lajoux, 1994).

4°) Diagnostic et propositions

En blé, Y. Granval utilise plusieurs variétés :
- Récital, pour sa précocité (8 à 15 jours d'avance sur les autres variétés, sur l'exploitation) et qui possède un très bon poids spécifique (PS)
- Soissons, pour sa résistance aux maladies et son semis tardif
- Euréka (25 % de l'emblavement en blé), pour sa résistance aux maladies
- Sidéral, pour son rendement élevé en grain et en paille

En maïs grain, les variétés précoces sont préférées car :
- le climat est doux en hiver, et les gelées sont rares au printemps,
- les sols porteraient peu lors de l'implantation d'un maïs tardif,
- le blé suivant ne doit pas être trop tardif car les pluies d'automne empêche l'entrée dans les champs.

Le choix des variétés par Y. Granval est donc raisonné en fonction :
- de l'étalement des récoltes dans le temps,
- de la résistance aux maladies (oïdium et piétin verse sont les plus fréquentes en Normandie),
- du climat et de son incidence sur l'entrée dans les champs,
- de la culture suivante.

Il paraît possible de renforcer le deuxième objectif (résistance aux maladies) pour réduire les traitements sanitaires limitant les vers de terre, quitte à choisir des variétés de blé un peu moins productives. Bernicot (1995) donne le comportement des variétés de blé tendre face à la verse (figure 12a) et face à l'oïdium (figure 12b). Récital est une variété assez sensible à l'oïdium, alors que Sidéral et Euréka sont sensibles à la verse. Si la verse peut être limitée par l'ajustement de la fertilisation azotée, l'oïdium est difficilement prévisible. Les tableaux en annexe 6 présentent les variétés en fonction notamment de leur résistance aux maladies.

Le choix d'au moins 4 variétés sur l'ensemble de la SAU en blé est un bon obstacle à la propagation des maladies fongiques.

Les semis de blé sont effectués entre le 20 octobre et le 15 novembre, parfois jusqu'au premier décembre. La variabilité de la date de semis s'explique par les conditions climatiques plus ou moins favorables.

Le maïs est semé début avril.

Y. Granval sème aux densités préconisées par les instituts techniques. Une majoration de la dose sera sans doute nécessaire avec le semis direct pour compenser le taux de perte plus élevé.

H - REDUCTION DES TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES

La réduction des traitements phytosanitaires est justifiée par le schéma ci-contre. Elle s'appuie sur toutes les pratiques culturales énoncées précédemment. La rotation, le choix des variétés, etc... auront déjà substantiellement diminué les risques de maladies, d'attaques de ravageurs et de salissement par la flore adventice.

Toutefois, pour des raisons diverses (climat favorable, apparition d'une nouvelle souche parasitaire, ...), l'agriculteur peut être amené à traiter. Dans ce cas, la décision de traiter doit s'inscrire dans une logique de conduite raisonnée (Viaux, 1995).

1°) Traitements curatifs

Trop souvent, les agriculteurs considèrent les traitements phytosanitaires comme des moyens de production, une garantie contre des risques possibles : on traite en préventif. Par habitude, le blé, par exemple, reçoit deux insecticides et 2 à 3 fongicides à des stades de développement précis. D'où, chaque campagne, des coûts élevés et apparemment non compressibles. Or l'utilisation des produits phytosanitaires doit être considérée non comme un moyen de production, mais comme un recours possible (Viaux, 1995). Les traitements ne seront engagés que si le parasite est présent au champ au-dessus d'un certain seuil (seuil de nuisibilité) : **on doit traiter en curatif**.

Le traitement en curatif présente bien sûr le risque de 'se faire déborder' par la maladie ou le ravageur. Il faut donc réagir rapidement.

2°) Observations au champ - avertissements agricoles - modélisation des risques

Il faut déterminer à quel moment précis le traitement curatif doit être appliqué. Pour cela, on dispose de plusieurs outils, du plus simple au plus élaboré :

a) L'observation au champ

Elle nécessite deux conditions de la part de l'agriculteur : du temps et une connaissance technique suffisante des adventices, des symptômes fongiques et des insectes.

Beaucoup d'agriculteurs disent ne pas avoir assez de temps pour faire le tour de leurs parcelles régulièrement. C'est vrai dans le contexte du travail du sol en système conventionnel. Or avec le passage au semis direct, l'agriculteur divise par deux son temps de traction sur les parcelles (Boisgontier et Gillet, 1994 ; Soler, 1995). D'où de nombreuses heures libres dont quelques unes peuvent servir à l'observation des parcelles.

Si on considère qu'il faut en moyenne 2 mn/ha/individu/semaine, un actif doit dégager 3 heures 20 par semaine et pour 100 ha, ce qui paraît raisonnable par rapport au total horaire hebdomadaire de l'agriculteur.

Au champ, l'agriculteur doit observer les symptômes et déterminer leur origine. Il n'y a pas besoin de posséder un savoir encyclopédique sur chaque parasite, mais de connaître les quelques adventices, champignons, et insectes adaptés aux conditions locales de sol et de climat. De nombreuses publications simples et bien illustrées (brochures de l'ACTA, par exemple) permettent d'aider l'agriculteur dans son analyse.

Ensuite, l'agriculteur doit déterminer si le parasite présent est en quantité suffisante pour être nuisible à la culture hôte. Là aussi, les publications et la presse spécialisées donnent les seuils de nuisibilité à partir desquels il faut intervenir (ex: Perspectives Agricoles et ses fiches techniques).

Par exemple, pour la limace, avant toute stratégie de lutte, il faut évaluer le risque d'une attaque 'sérieuse' et ce, dès l'installation de la culture ou dès le semis (annexe 7).

b) Les avertissements agricoles

Ils sont mis en place par des organismes tels que la Protection des végétaux. Des seuils de traitement définis pour certains insectes, par exemple, sont élaborés. Puis à partir d'observation et de prélèvements sur le terrain, une aide à la décision est fournie à l'agriculteur,

chaque semaine dans les *Avertissements agricoles* (Carré, 1994). Ci contre, des seuils d'intervention pour quelques insectes sont figurés dans le tableau 9.

c) Modèles de prévision des risques

Ce sont des modèles mathématiques mis au point à partir de nombreuses observations de terrain et qui donnent une prévision du développement des mycoses en fonction de certains facteurs. Ces modèles élaborés d'abord en arboriculture et en viticulture s'étendent aujourd'hui à de nombreuses cultures.

Par exemple, l'ITCF a mis au point un programme d'aide à la décision des traitements de mycoses sur les blés tendres d'hiver, nommé FONGITCF. Ce modèle détermine les niveaux de risque en fonction des caractéristiques agronomiques de la parcelle, du climat, de la variété, de la date de semis, du stade de la plante (risque de base) et en fonction de l'évolution de l'état sanitaire (risque spécifique dû à telle ou telle maladie). Lorsque les risques de base à la montaison et à l'épiaison sont faibles, le traitement n'est pas conseillé. Un risque de base moyen entraîne la prévision de 2 traitements contre le piétin verse, l'oïdium et la septoriose. Un risque de base élevé prévoit 2 traitements pendant la montaison avec des produits très polyvalents et 1 traitement à l'épiaison contre septorioses, rouilles et oïdium. Cette prévision globale est affinée par l'observation par l'agriculteur de l'évolution des maladies en fonction des stades de croissance des plantes, en particulier aux stades 1-2 noeuds et à l'épiaison. On définit alors un "risque spécifique" en comparant l'état des maladies à un moment donné aux seuils de maladies définis par l'ITCF comme nécessitant une intervention. En cas d'atteinte ou de dépassement de ces seuils, le traitement s'avère nécessaire (Raynal, 1995a).

Ces 3 outils d'aide à la décision doivent permettre à l'agriculteur de ne plus traiter systématiquement, et donc d'économiser de l'argent sur les charges d'approvisionnement. Mais il faut encore que les produits utilisés soient efficaces et conformes aux autres objectifs de l'agriculteur ; d'où l'importance du choix des produits.

3°) Choix des produits phytosanitaires

Il faut choisir les produits ayant le minimum d'impact sur l'environnement. Compte tenu que de nombreux critères doivent être pris en compte (solubilité dans l'eau et les liquides organiques, rémanence, toxicité pour l'homme, pour les animaux, spécificité, etc ...) Viaux (1995) conseille de s'appuyer sur le diagnostic d'exploitation ou de territoire pour privilégier tel ou tel critère.

Dans tous les cas, on choisira des produits peu rémanents, à spectres étroits et à toxicité la plus faible possible. Car on doit protéger la faune sauvage, les auxiliaires des cultures et les vers de terre.

Pour choisir plus facilement, l'ONC édite la brochure « choisissez et dosez » qui présente les produits phytosanitaires selon les risques qu'ils font porter au gibier. Les produits sont classés en fonction de la DL 50 (dose létale pour 50 % des animaux en expérience).

En ce qui concerne les vers de terre, de nombreux produits sont toxiques (tableau 5).

Taupin (1995) de l'ITCF donne les insecticides peu toxiques pour la faune.

4°) Conditions de traitement

Un traitement limitant les risques pour l'environnement doit s'effectuer en suivant un certain nombre de règles.

Outre de bonnes conditions climatiques (absence de vent et de risque de pluie ...), il est nécessaire de bien régler son pulvérisateur pour limiter strictement la pulvérisation à la surface du champ et la répartir uniformément ; il faut éviter localement les surdosages (ONC, 1987). Bouvier et Ducange (1995) conseillent de vérifier, de façon préventive, une fois par an, le bon

état de marche du pulvérisateur, en effectuant plusieurs opérations (mesure du débit des buses, vérification de la qualité des impacts, ...). Ensuite pour chaque traitement, la vitesse d'avancement, le volume par hectare, le débit nécessaire par buse, etc ..., doivent être réglés précisément. Un bon réglage de l'appareil nécessite du temps, mais il en résulte des économies sur les quantités de produits.

De plus, il faut utiliser correctement les reliquats de produits (ne pas vider sur le terrain les fonds de cuve ou de trémie) et détruire les bidons et emballages vides (Viaux, 1995 ; ONC, 1987).

5°) Diagnostic et propositions

Y. Granval utilise systématiquement sur le blé, un herbicide, trois fongicides (anti oïdium et piétin), un raccourcisseur. Un insecticide n'est pulvérisé qu'en cas d'observation de parasites (pucerons notamment). Des problèmes ponctuels de limaces apparaîssent ; des granulés de Mesurol sont alors épandus.

L'allongement de la rotation avec introduction d'une légumineuse étouffante, et un travail du sol opéré de façon correcte (déchaumage allié au désherbage chimique) devrait réduire les risques de développement d'adventices. Le désherbage chimique pendant la culture doit être optionnel. Si nécessaire, d'après le tableau 2a, en itinéraire extensif, l'Isoproturon ou le MCPP sont recommandés au printemps.

L'allongement de la rotation, le choix de variétés plus résistantes et l'emploi éventuel de fongicides ne détruisant pas les vers de terre et les champignons antagonistes, devraient diminuer les riques de développement de champignons. Si nécessaire, un seul fongicide bien choisi doit être utilisé.

Le choix de variétés moins productives et le raisonnement de la fertilisation auront abaisser les risques de verse. L'emploi du raccourcissseur devient inutile.

En ce qui concerne les insectes, le traitement curatif de Y. Granval est un bon début, qui ne saurait être hypothéqué par l'achat de semences traitées ; en effet, l'agriculteur pense utiliser des semences Gaucho, c'est à dire des graines traitées contre les pucerons pour un coût de 15 000 F. Pour lutter contre les pucerons dans ce cas précis, c'est éviter de faire suivre dans la rotation deux céréales à pailles.

A propos des limaces, le Mesurol RF de Bayer est à éviter : efficace contre les limaces, il est hautement toxique pour la faune sauvage, les carabes et les vers de terre. D'autres produits peuvent être utilisés en remplacement. Mais il faut aussi éviter toutes les pratiques culturales favorisant le développement des limaces (annexe 7).

Contre les larves de taupin, le lindane est efficace. Mais depuis 1990, la dose est limitée à 1350 g de matière par ha. De plus, le lindane doit être appliqué uniquement avant le semis, suivi d'une incorporation dans le sol (AGPM, 1994). En effet, si l'incorporation est mal réalisée, l'ONC indique que le lindane présente un risque moyen à élevé d'intoxication immédiate pour le gibier à poils. Par ailleurs, cette matière active est toxique pour les poissons et les abeilles (ONC, 1987).

La réduction de l'emploi des phytosanitaires n'est pas une mesure indépendante des autres pratiques issues de l'agriculture intégrée. Le schéma ci-contre présente les corrélations entre toutes les nouvelles pratiques agricoles.

V - UN EXEMPLE DANS LE CALVADOS

Les orientations données dans cette partie du rapport peuvent paraître difficiles à mettre en place, même si prises séparément, elles ne posent pas de grosses difficultés. En effet, leur nombre et leur variété peuvent décourager une personne qui voudrait les appliquer. C'est pourquoi, il peut être intéressant de s'intéresser à un exemple.

Une visite rendue à l'exploitation de Yannick Granval nous a permit d'approcher sa situation. Cet exploitant n'applique certes pas tous les conseils énumérés ici, mais, certains sont réalisés, d'autres sont plus ou moins en projet. Nous allons voir ainsi que des points qui pourraient paraître difficiles à mettre en place ne posent pas de problèmes à Y. Granval. Dans les faits, c'est l'importance que ce chef d'exploitation donne à tel ou tel moyen qui entraîne son application ou son rejet. Pour encourager l'application des conseils donnés, l'essentiel est donc de prouver leurs effets de façon claires et précises aux agriculteurs.

L'exploitation se trouve dans le Calvados à une vingtaine de kilomètres au sud de Cabourg. Elle représente 130 hectares de cultures sur lesquels la rotation dominante est Maïs/Blé. L'assolement est le suivant:- Blé → 40 ha

- Maïs → 50 ha
- Orge → 11 ha
- Avoine → 7 ha
- Jachères tournantes → 21 ha.

Le travail est effectué par Y. Granval et un ouvrier à plein temps. Des stagiaires sont embauchés pour les pointes de travail. Le matériel entre dans le cadre du matériel type établi pour un itinéraire technique avec labour à ceci près que le matériel est acheté d'occasion et que Y. Granval le répare lui-même.

La présentation climatique de la zone où est située la ferme repose sur les données climatiques recueillies à la station de Dozulé. Le rythme annuel des températures est assez simple à caractériser : un été assez chaud avec une température moyenne de 17,2°C pour les mois de Juillet et d'août et un hiver doux, avec une température moyenne de 5°C. Le rythme annuel des
précipitations est plus difficile à établir. En effet à une variabilité mensuelle importante des précipitations, se superpose une variabilité intraannuelle non moins importante. Cependant, nous pouvons avancer que l'automne est en règle générale une saison plus humide que les autres, bien que la variabilité interannuelle amène des contre-exemples caractérisés. L'été est en principe la saison la moins arrosée, cependant, alors que la moyenne mensuelle pour la période 1967-1985, est de 55 mm en juin et de 46 mm en juillet, on constate des exceptions avec 96 mm en juin 1978 et 110mm en juillet 1980.

D'autre part, les diagrammes ombrothermiques établis pour la période 1972-1985, permettent de comptabiliser avec la relation P=6T, 86 mois hyperhumides sur un total de 168 mois, soit 51% en moyenne et avec la relation P=2T, 26 mois secs, soit 15% en moyenne. Ce climat apparaît comme un climat humide à variabilités mensuelles et interannuelles importantes. Ce sont là les caractéristiques d'un climat océanique tempéré.

La nature des sols est très variable : à titre d'exemple, nous donnons la variation du taux d'argile 24% à 78%. En général, les sols sont en majorité argilo-limoneux, parfois limono-argileux. Le pH est compris entre 6 pour les terres de « haut pays » et 8 pour les sols de marais. Le taux de matières organiques est très élevé en étant supérieur à 4%.

Résumons dans le tableau suivant, dans quelle mesure Y. Granval applique les conseils visant à protéger la biodiversité.

Quelle action	mis en pratique	pas mis en pratique	arguments de l'agriculteur	Effets
Plantation de haies		Pas de plantation	Déjà présentes	0
Entretien des haies	Débroussailleur		Pendant les périodes creuses	+
Taille des parcelles	Cultures différentes en bandes dans un même champs		Favorise le gibier sans perte de temps: les parcelles sont en long.	+
Diversification des culures	Jachère en rotation (ensilage)	Céréales (blé, orge) et maïs		-
Mode de récolte	Détourage, attaque par le milieu de la parcelle Barre d''envol 'maison'		Voit le gibier qu'il sauve donc voit l'intérêt de la pratique. Pas de coût en temps	+
broyage	Barre d'envol Traitements chimiques		idem	+
Choix de la variété	Une variété de blé résistante (EUREKA)a été testé		Convaincu de l'intérêt. En cours d'application	0
Travail du sol	Quelques semis au semavator	Labour	Intérêt pour l'aspect gain de temps mais craintes.	-
Fertilisation	Objectifs de rendements accessible un an sur deux		Limiter la verse	0
Traitements	Adapté pour le maïs (*)	Souvent préventif sur le blé	Craintes pour le blé fondées sur des années difficiles	-
intercultures		aucun semis	contrainte temps mais Deviendra nécessaire en cas de non-labour	-

(*): beaucoup de traitements doivent être préventifs et les autres concernent peu le nord de la France.

Ainsi globalement, la sensibilité de chasseur et donc le souci pour la protection du gibier de l'exploitant font que des actions importantes sont pratiquées. Notons qu'il s'agit essentiellement de méthodes plus que des pratiques culturales, si ce n'est pour les jachères et la diversification des cultures. En effet les questions de choix de variété, de raisonnement du niveau des intrants ou de travail du sol et celles de la diversification des cultures, remettent davantage en cause la logique de poursuite de haut rendement ancrée dans l'âme du céréaliculteur. Elles sont plus longues à changer. Cependant l'évolution semble se faire doucement dans notre exemple. Le plus souvent le chef d'exploitation est intéressé par les avantages que pourraient lui apporter ces pratiques. ce sont les risques encourus importants qui le retiennent. Des actions sans trop de risques et dont les effets sont visibles sont appliqués.

Convaincre les agriculteurs c'est donc leur prouver que ces méthodes et pratiques sont vectrices de succés (visites d'exploitations les utilisant), c'est aussi leur fournir un bio-indicateur porteur de sens pour eux et pas seulement pour les défenseurs de la faune sauvage ou autre.

Après avoir énuméré les principales voies possibles au niveau de l'agriculteur pour favoriser la biodiversité, nous allons maintenant approfondir les questions de faisabilité par rapport à la santé économique de l'exploitation et, d'autre part, par rapport au calendrier et aux temps de travaux.

A - Pertes ou profits pour l'agriculteur

Il s'agit de faire une évaluation des coûts des pratiques et méthodes conseillées à l'agriculteur, en ce qui le concerne. Dans ces coûts, on distinguera les investissements des coûts de fonctionnement. Le niveau d'investissement est important pour estimer le prix de la mise en place d'un des deux 'modèles', mais il n'intervient plus ensuite dans la comparaison de deux systèmes en place (à moins qu'il s'agisse d'un investissement nécessaire à la pérennité du système une fois qu'il existe).

On notera avant de commencer que l'on s'intéresse au coût supplémentaire par rapport aux conduites et méthodes conventionnelles. On compare donc la situation conseillée à la situation en régime de croisière, et on s'intéresse au différentiel de coût entre ces deux situations.

Cette étude permettra d'avoir une idée du niveau de contrainte économique lié à la mise en place des conduites de cultures et des aménagements a priori favorables à la biodiversité, à l'échelle de l'agriculteur.

1°) Des actions ne présentent pas de coûts majeurs.

Si on se place du point de vue économique, les actions suivantes n'engagent pas d'investissements ni de coûts supplémentaires d'importance, pour l'agriculteur.

Cependant les données précises manquent. On tentera seulement de donner un premier ordre de grandeur. Le sujet mériterait d'être approfondi, mais on a vu avec l'exemple de Y. Granval que la mise en oeuvre des méthodes culturales suivantes ne sont pas les plus difficiles et que l'entretien de haies déjà existantes est assez fréquent.

a) Taille et forme des parcelles

La mise en pratique de bons raisonnements pour la taille et la forme des parcelles n'entraîne aucun investissement supplémentaire.

Par ailleurs, il n'y a pas de coûts de fonctionnement nouveaux, si le redécoupage de la parcelle se fait dans le sens de la plus grande largeur et que la parcelle n'est pas éloignée de plus de 5 km du siège de l'exploitation.

b) Sens des semis et aménagement des bordures de champs

Le sens de semis n'entraîne ni investissements, ni coût additionnel. Ceci est d'autant plus vrai que si le céréaliculteur ne peut travailler la parcelle que dans peu de sens différents du fait de sa topographie, quelques tours de semis parallèles à la route en bord de champs suffisent. Enfin cela ne concerne que le voisinage des axes de circulation.

L'entretien des bordures de cultures en terre nue le long des chemins entraîne un coût lié au passage du tracteur et de l'outil de travil du sol.

c) Mode de récolte, broyage et brûlis

La façon de pénétrer la parcelle n'entraîne aucun surcoût.

Le traitement chimique (bien choisi) de la jachère est plus économique que le broyage.

Une barre d'envol peut coûter 1 500 F, voire moins si l'agriculteur la fabrique lui-même en fixant des chaînes sur une barre horizontale. Cela représente un investissement très raisonnable et pas de coût supplémentaire par la suite: matériel très léger.

La cessation du brûlis partout où cela est possible ne peut que représenter un avantage économique: maintien de la matière organique et minérale dans les sols et donc économie d'intrants par la suite, meilleure portance et structure du sol améliorée.

d) Aménagement d'éléments fixes du paysage: l'exemple de la haie

Pour implanter une haie de 2 mètres de large avec deux lignes de plants disposés en quinconces et distants de 2 mètres l'investissement s'élève à 20 000 Francs par hectare en moyenne :

- 30 francs par pied planté
- bâche et main d'oeuvre

Si l'installation de haies a été réalisée au cours d'un remembrement le coût pour l'agriculteur est, le plus souvent, nul. Ainsi si la plantation a été faite par une Association Foncière, cette dernière est également responsable de son entretien. Elle garde alors le profit du bois produit.

Dans certains cas, des chasseurs peuvent assurer bénévolement l'entretien des haies. Lorsque l'agriculteur entretient lui-même ses haies, il utilise en général un broyeur qu'il possède et une débrousailleuse. Les coûts sont alors réduits et c'est d'avantage la contrainte du temps qu'il faudra considérer. A titre indicatif un broyeur à lame horizontale de 180 cm acheté neuf et utilisé pour 50 hectares par an dans le Calvados coûte 40 francs de l'heure.

Cependant certains peuvent investir dans un élagueurs ou un tailleuse de haie dont le coût est de 150 francs par heures (rotor 120 cm portée 3,50 mètres, neuve utilisée 100 heures par an dans le Calvados). L'évaluation du coût de l'installation d'une haie comprend aussi l'évaluation du prix de la production qui était antérieurement produite sur la surface occupée par la haie (si c'est le cas) auquel on retire le prix du gain de production sur les parcelles avantagées par la présence de la haie, le prix du gain en biodiversité, protection des sols, etc... ce qui paraît plus délicat.

Ainsi on vérifie bien que les coûts de ces méthodes culturales et de ces aménagement restent limités une fois qu'ils sont mis en place. Ce sera certainement d'avantage la contrainte du temps qui sera limitante.

Cependant,il faudrait ensuite voir l'effet de la mise en place de ces orientations à partir du système de référence, sur l'exploitation: en d'autres termes, il faudrait se demander si la transition du système conventionnel au système générateur de biodiversité est viable, économiquement parlant, pour l'exploitant agricole. On approche cette question en précisant le niveau des investissements supplémentaires nécessaires à une exploitation qui se préoccupe de biodiversité qui part de la situation conventionnelle. Il reste à voir comment ses investissements sont 'récupérés' par l'agriculteur et en combien de temps Si la transition s'avérait délicate, des aides publiques pourraient intervenir uniquement pendant cette période.

2°) Des actions entraînent une modification profonde de la façon dont se construit la marge réalisée par l'agriculteur.

L'exploitation normande de production mixte : céréales/élevage de Y. Granval présente des avantages pour l'application pratique des principes de l'agriculture intégrée. En effet, la structure bocagère a été sauvegardée, la faune et la flore sauvage y sont assez diversifiées et l'agriculteur ne cherche pas à atteindre des rendements maximum. Mais, d'autres pratiques agricoles seraient nécessaires pour établir la durabilité du système. Il s'agit notamment :

- ➥ **du passage au semis direct** et l'abandon des produits phytosanitaires toxiques, pour favoriser le développement des lombriciens,
- ➥ de **l'extensification céréalière**,
- ➥ de l'allongement de la rotation avec **le semis d'un engrais vert** de type légumineuse en interculture blé/maïs ; cet engrais vert serait conduit comme une prairie pour limiter les pertes en nitrates.

Cependant, plusieurs points restent à préciser. Par exemple, l'étude du parcellaire par simulation informatique reste à mettre en oeuvre. Elle permettrait de comparer les différents scénarios en terme de marge nette quant à la localisation des parcelles cultivées, des jachères, des prairies, en intégrant toutes les contraintes de l'agriculteur (nature du sol, éléments fixes, précédent cultural, zones à risque de pollution, etc ...). Par ailleurs, il serait nécessaire d'examiner la teneur en nitrates et autres produits chimiques en différents points sur l'exploitation, pour déterminer d'éventuelles zones à risques. Enfin, il faudrait s'interroger sur la bonne adaptation des rendements objectifs actuels par rapport aux préconisations soulevées par l'agriculture intégrée.

a) Les nouveaux itinéraires techniques

Afin de déterminer le coût des itinéraires techniques sur le blé, on définit tout d'abord le coût des différents chantiers impliqués.

COMPOSITION ET COÛT DES CHANTIERS POUR LE BLE (SOURCE : FDCUMA 14)

Chantier	Composition	Coût en francs par hectare
Labour	Tracteur 125 ch et charrue 5 socs	254
Semis et herse combinée, après labour	Tracteur 90 ch, herse 3 m., semoir 3 m.	279
Semis sans labour	Tracteur 125 ch et Sème-exact Horsch 3m.	318
Récolte	Moissoneuse-batteuse 3,60 m. équipée d'un disperseur de balles (résidus après battage) Tracteur 90 ch. et remorque 10 T.	795 140
Déchaumage	Tracteur 90 ch et vibroculteur 4 m.	142
Traitements	Tracteur 90 ch et pulvérisateur 1000 l./18 m.	61
Engrais	Tracteur 90 ch et semoir engrais 18 m.	60

L'évaluation des itinéraires techniques (Chiffres issus de la Chambre d'Agriculture du Calvados et de la FDCUMA 14) donne donc les résultats suivants :

ITINERAIRE TECHNIQUE DU BLE après Maïs (Rendement maximum) année 1995 A			
Chantiers	**Enumération des interventions**	**Coût des passages en francs par hectare**	**Coût des intrants en francs par hectare**
Déchaumage	2	284	0
Labour	1	254	0
Herse+semoir	1	279	420 (300 grains/m2)
Récolte	2 (remorque)	935	0
Engrais (N: 180 U, P, K)	2-3	120-180	900
Insecticides Herbicides Fongicides Raccourcisseurs	2 1-2 3 3	549-610	1 300
TOTAL	17-19	2 421-2 542	2 620
Produit d'exploitation	78 F/quintal x 79 quintaux/ha soit **6 162 F**		
Primes compensatoires	**1 855 F/ha**		
Charges opérationnelles	**2 620 F/ha**		
MARGE BRUTE	**5 397 F/ha**		
COÛT DES PASSAGES	**2 421-2 542 F/ha**		
MARGE DIRECTE	**2 976-2 855 F/ha**		
Objectif de rendement: 90 quintaux/ha Rendement réel: 79 quintaux/ha			

ITINERAIRE TECHNIQUE DU BLE (Itinéraire sans labour) B			
Chantiers	**Enumération des interventions**	**Coût des passages en francs par hectare**	**Coût des intrants en francs par hectare**
Semis sans labour	1	318	420 (300 grains/m2)
Récolte	2 (remorque)	935	0
Engrais (N:180 U, P, K)	2-3	120-180	900
Insecticides Herbicides Fongicides Raccourcisseurs	2 1-2 3 3	549-610	1 300
TOTAL	14-16	1 922-2 043	2 620
Produit d'exploitation	78 F/quintal x 79 quintaux/ha soit **6 162 F**		
Primes compensatoires	**1 855 F/ha**		
Charges opérationnelles	**2 620 F/ha**		
MARGE BRUTE	**5 397 F/ha**		
COÛT MECANISATION	**1 922-2 043 F/ha**		
MARGE DIRECTE	**3 475-3 354 F/ha**		
Objectif de rendement: 90 quintaux/ha Rendement réel: 79 quintaux/ha			

ITINERAIRE TECHNIQUE DU BLE après maïs (Extensification, économie d'intrants) C			
Chantiers	**Enumération des interventions**	**Coût des passages en francs par hectare**	**Coût des intrants en francs par hectare**
Labour	1	254	0
Herse+semoir	1	279	224 (160 grains/m2)
Récolte	2 (remorque)	935	0
Déchaumage	2	284	0
Engrais (N: 130 U, P, K)	1	60	664
Insecticides Herbicides Fongicides Raccourcisseurs	0-1 1 1 0	0-183	0-370
TOTAL	7-10	1 812-1 995	888-1 258
Produit d'exploitation	78 F/quintal x 65 quintaux/ha soit **5 070 F/ha**		
Primes compensatoires	**1 855 F/ha**		
Charges opérationnelles	**888-1 258 F/ha**		
MARGE BRUTE	**6 037-5 667**		
COÛT DES PASSAGES	**1 812-1 995 F/ha**		
MARGE DIRECTE	**4 225-3 672 F/ha**		
Objectif de rendement: 70 quintaux/ha rendement réel: 65 quintaux/ha			

ITINERAIRE TECHNIQUE DU BLE D après maïs (Sans labour et Extensification)			
Chantiers	**Enumération des interventions**	**Coût du passage en francs par hectare**	**Coût des intrants en francs par hectare**
Semis sans labour	1	318	224 (160 grains/m2)
Récolte	2 (remorque)	935	0
Engrais (N: 130 U, P, K)	1	60	664
Insecticides Herbicides Fongicides Raccourcisseurs	0-1 1 0-1 0	61-183	100-370
TOTAL	5-7	1 374-1 496	988-1 258
Produit d'exploitation	78 F/quintal x 65 quintaux/ha soit **5 070 F/ha**		
Primes compensatoires	**1 855 F/ha**		
Charges opérationnelles	**988-1 258 F/ha**		
MARGE BRUTE	**5 937-5 667 F/ha**		
COUT MECANISATION	**1 374-1 496 F/ha**		
MARGE DIRECTE	**4 563-4 171 F/ha**		
Objectif de rendement: 70 quintaux/ha Rendement réel: 65 quintaux/ha			

Ainsi on remarque que la marge de l'exploitant agricole croît de l'itinéraire technique A vers le D. L'influence du travail du sol intervient sur la marge directe uniquement et pour une valeur de 499 F/ha. Le raisonnement des intrants augmente la marge directe de 1 249 F/ha à 817 F/ha. La combinaison des deux pratiques ne revient pas à une somme des deux. Elle est de 1 587 F/ha à 1316 F/ha.

Ces résultats sont théoriques mais sont basés sur une réalité vérifiée. En particulier, l'influence des intrants a été expérimentée par l'Institut Technique des Céréales et des Fourrages avec des exploitants agricoles en région Nord. Les résultats sont tout à fait similaires à ceux présentés ici. Ils montrent en outre que les objectifs de rendement sont plus souvent réalisées dans l'itinéraire C que dans le A. La sécurité est donc meilleure pour le chef d'exploitation avec une conduite raisonnée. Si par ailleurs il applique les autres conseils tels que celui de la diversification des cultures, les risques économiques sont encore réduits.

Le respect de la biodiversité n'entraine donc pas de surcoût à l'échelle de l'exploitation agricole, au contraire. Reste à voir ses effets au sein d'une rotation.

b) La diversification des cultures et l'allongement de la rotation.

La diversification des cultures et l'allongement de la rotation sera évaluée en comparant les itinéraires techniques -I- et -II- présentés dans le II- E] 3-.

Précisons donc le coût des chantier pour le maïs :

COMPOSITION ET COÛT DES CHANTIERS POUR LE MAÏS		
Chantier	**Composition**	**Coût**
Labour	Tracteur 125 ch et charrue 5 socs	254
Semis et herse combinée, après labour	Tracteur 90 ch, herse 3 m., semoir 3 m.	279
Semis sans labour	Tracteur 125 ch et Sème-exact Horsch	318
Récolte	Moissoneuse-batteuse 3,60 m. Tracteur 90 ch. et remorque 10 T.	960 140
Travail superficiel	Tracteur 90 ch et vibroculteur 4 m.	142
Traitements	Tracteur 90 ch et pulvérisateur 1000 l./18 m.	61
Engrais	Tracteur 90 ch et semoir engrais 18 m.	60

On peut alors calculer le coût des itinéraires techniques pour le maïs.

ITINERAIRE TECHNIQUE DU MAÏS année 1995 A'			
Chantiers	**Enumération des interventions**	**Coût des passages en francs par hectare**	**Coût des intrants en francs par hectare**
Labour (engrais vert)	1	254	0
Labour	1	254	0
Travail superficiel	1	142	0
Travail superficiel et semis combiné	1	279	800 (100 000 pieds/ha)
Récolte	2 (remorque)	1 100	0
Engrais	1	60	900
Insecticide Herbicide	1 1-2	61 61-122	550
TOTAL	9-10	2 211-2 272	2 250
Produit d'exploitation	78 F/quintal x 79 quintaux/ha soit **6162 F/ha**		
Primes compensatoires	**1855 F/ha**		
Charges opérationnelles	**2 250 F/ha**		
MARGE BRUTE	**5 767 F/ha**		
COÛT MECANISATION	**2 211- 2 272 F/ha**		
MARGE DIRECTE	**3 556-3 495 F/ha**		
Objectif de rendement: 90 quintaux/ha rendement réel: 79 quintaux			

ITINERAIRE TECHNIQUE DU MAÏS B'			
Chantiers	**Enumération des interventions**	**Coût des passages en francs par hectare**	**Coût des intrants en francs par hectare**
Semis Horsch	1	318	800
Récolte	2 (remorque)	1 100	0
Engrais	1	60	900
Insecticide Herbicide	1 1-2	61 61-122	550
TOTAL	6-7	1 600-1 661	2 250
Produit d'exploitation	78 F/quintal x 79 quintaux/ha soit **6162 F/ha**		
Primes compensatoires	**1855 F/ha**		
Charges opérationnelles	**2 250 F/ha**		
MARGE BRUTE	**5 767 F/ha**		
COÛT MECANISATION	**1 600-1 661 F/ha**		
MARGE DIRECTE	**4 167-4 106 F/ha**		
Objectif de rendement: 90 quintaux/ha rendement réel: 79 quintaux			

Seul le travail du sol intervient pour le maïs. On constate que le système Horsch augmente la marge directe sans influencer la marge brute: le rendement et les intrants ne sont pas modifiés.

Le coût d'une interculture est le suivant:

- semis au S.E. Horsch: 318 F/ha
- semence de radis fourrager: 20 kg/ha à 16 F/kg soit 320 F/ha

Le radis fourrager étant gélif, il n'y a pas de coût de destruction et d'enfouissement.

Ainsi pour les deux rotations, on a :

ROTATION -I-			
Cultures	**Enumération des interventions**	**Coût des passages en francs par hectare**	**Coût des intrants en francs par hectare**
Blé, itinéraire A	17-19	2 421-2 542	2 620
Maïs, itinéraire A'	9-10	2 211	2 250
TOTAL	26-29	4 632-4 753	4 870
Produit de la rotation	6 162 + 6 162 soit **12 324 F/ha**		
Primes compensatoires	2 x 1855 F/ha soit **3 710 F/ha**		
Charges opérationnelles	**4 870 F/ha**		
MARGE BRUTE	**11 164 F/ha**		
COÛT MECANISATION	**4 632-4 753 F/ha**		
MARGE DIRECTE	**6 532-6 411 F/ha**		

ROTATION -II-			
Cultures	**Enumération des interventions**	**Coût des passages en francs par hectare**	**Coût des intrants en francs par hectare**
Blé, itinéraire D	5-7	1 374-1 496	988-1 258
Culture intermédiaire	1	318	320
Maïs, itinéraire B'	6-7	1 600-1 661	2 250
TOTAL	12-15	3 292-3 475	3 558-3 828
Produit de la rotation	6 162 + 5 070 soit **11 232 F/ha**		
Primes compensatoires	2 x 1855 F/ha soit **3 710 F/ha**		
Charges opérationnelles	**3 558-3 228 F/ha**		
MARGE BRUTE	**11 384-11 714 F/ha**		
COÛT MECANISATION	**3 292-3 475 F/ha**		
MARGE DIRECTE	**8 092-8 239 F/ha**		

On constate que la rotation -I- a un produit supérieur de 1 .092 F/ha à celui de la rotation -II-, mais que les charges opérationnelles sont supérieures de 1 312 à 1 642 F/ha. Ainsi la marge brute est plus forte dans la rotation -II- que dans la -I- d'une valeur de 220 à 550 F/ha. Les coût des passages sont également supérieurs dans la rotation -I-: la marge directe est inférieure de 1 560 à 1 828 F/ha à celle de la rotation -II-.

La rotation -II-, plus respectueuse de l'environnement, est aussi plus intéressante économiquement pour l'agriculteur.

Rappelons que nous avons comparé ici deux systèmes de culture stables. Il reste à savoir si le passage du conventionnel vers le nouveau est possible pour une exploitation donnée.

3°) Conclusion sur la faisabilité économique

En conclusion, nous constatons que les coûts représentés par les conseils sur les pratiques culturales et sur l'entretien des aménagements d'éléments fixes du paysage sont très réduits alors que parallélement la mise en place de pratiques culturales respectueuses de la biodiversité sont intéressantes économiquement. Globalement le systéme favorisant la faune sauvage est donc aussi intéressant économiquement pour le céréaliculteur.

UN EXEMPLE DANS LE CALVADOS

L'évaluation de l'itinéraire technique pratiqué par Y. Granval sur le blé montre qu'il se situe plutôt dans le système conventionnel avec labour. Pourtant on note un niveau d'intrants et un nombre de passages légèrement inférieur à ceux de l'itinéraire technique A. Ceci permet de compenser le rendement plus faible par ailleurs vendu à un meilleur prix (stockage).

ITINERAIRE TECHNIQUE DU BLE EXEMPLE			
Chantiers	**Enumération des interventions**	**Coût des passages en francs par hectare**	**Coût des intrants en francs par hectare**
Labour	1	254	0
Herse+semoir	1	279	420 (300 grains/m2)
Récolte	2 (remorque)	935	0
Déchaumage	2	284	0
Engrais (N: 130 U, P: 60U, K: 124 U)	2	120	798
Insecticides Herbicides Fongicides Raccourcisseurs	0 1 3 0-1	 61 183 0-61	 150 750 0-60
TOTAL	12-13	2 116-2 177	2 118-2 178
Produit d'exploitation	86 F/quintal x 65 quintaux/ha soit **5 590 F/ha**		
Primes compensatoires	**1 855 F/ha**		
Charges opérationnelles	**2 118-2 178 F/ha**		
MARGE BRUTE	**5 327-5 267 F/ha**		
COÛT MECANISATION	**2 116-2 177 F/ha**		
MARGE DIRECTE	**3 211-3 090 F/ha**		

Cet exemple nous permet donc de confirmer qu'un rendement plus faible que la moyenne peut assurer une marge équivalente voire supérieure à celle obtenue généralement. Ceci justifie l'intérêt que présente le raisonnement des intrants: avec un rendement diminué, les dépenses étant limitées la marge se maintient.

Cependant, soulignons que la limitation des intrants est partielle par rapport aux itinéraires C et D, et que le travail profond du sol est maintenue. On n'observe donc pas un effet aussi significatif que pour les deux modèles C et D.

Après les contraintes économiques, voyons comment le facteur temps intervient pour la faisabilité des itinéraires techniques et des rotations proposées pour favoriser la biodiversité.

B- Compatibilité avec la contrainte temps et le calendrier agricole

La composante temps est essentielle pour comprendre comment les nouvelles conduites de culture peuvent être mise en oeuvre. Cependant la durée des travaux n'est pas toujours facile à évaluer.

1°) Le temps et les aménagements d'éléments fixes du paysage

Mise à part le temps de l'installation, le temps passé à l'entretien des haies n'est pas fondamentalement cantraignant. En effet, ce travail est effectué pendant les périodes creuses du calendrier agricole.

Des agriculteurs pensent que la haie rend le passage du matériel plus difficile en bordure de champs et oblige à laisser des bordures plus larges. En fait une haie bien entretenue ne présente pas ces inconvénients: elle est limitée dans son développement par un élagage ou une taille au moins annuelle.

2°) Le temps et les conduites de cultures

Difficile à évaluer en heures. Seule une enquête poussée et contraignante pour les agriculteurs ou des expérimentations pourront préciser ces informations.

Je me limiterai donc ici à préciser la façon dont le temps consacré à la contrainte biodiversité peut se répartir dans le calendrier de l'exploitant agricole et influencer l'organisation de son travail.

Je tenterai également de mettre en évidence les éventuels points de blocage sous la contrainte temps.

a) Taille et forme des parcelles

Dans ce cas, suivant la forme des parcelles, la diminution de la taille des unités de culture n'entraîne pas toujours une augmentation des manoeuvres et donc du temps de travail.

Cependant le fractionnement des surfaces entraîne un travail plus discontinu de l'agriculteur uniquement dans le cas où les parcelles sont éloignées du siège de l'exploitation et donc une augmentation du temps lié à la culture elle-même: transport, manutention, accès aux parcelles, préparation de chantier. Dans une enquête du Centre d'Economie Rurale de la Meuse, ce temps lié estimé pour 6 exploitation céréalières varie de 1 heure par hectare à 4 heures par hectare. Ces écarts sont dus à la distance des parcelles au corps de l'exploitation. La valeur moyenne est de 2 heures par hectare pour une exploitation de 300 hectares.

Dans le cadre de notre étude la diminution de la taille des parcelles ne signifie pas un éloignement de ces parcelles par rapport à l'exploitation mais une augmentation du temps consacré à la préparation des chantiers donc de la manutention dont elle dépend. L'enquête de la Meuse nous donne un ordre de grandeur mais il me paraît difficilement applicable à notre exemple puisqu'on ne connaît pas le parcellaire des exploitations étudiées.

b) Sens des semis, bordure de champs

Le sens des semis n'entraîne pas une augmentation de temps du chantier dans la mesure où la parcelle ne présente pas une topographie difficile.

Par contre l'entretien des bordures de champs en terre nue demande du temps. Cependant, ce type de travail peut très bien être réalisé pendant des périodes 'creuses' pour l'agriculteur.

Cet aspect ne pose donc pas de grosses difficultés de temps.

c) Mode de récolte, broyage et brûlis

Le mode de récolte respectueux de la biodiversité n'entraîne pas de temps de travail plus important pour les chantiers en cause.

Le remplacement du broyage par des traitements chimiques fait gagner du temps.

La suppression des brûlis diminue le temps passé sur les parcelles au moment du brûlis mais aussi ensuite puisque le sol est plus équilibré en minéraux et en matières organiques. Les cultures qu'il portera seront donc moins exigeantes en soins.

En conclusion, le facteur déterminant est la diminution de la taille des parcelles qui augmente la contrainte de temps. Cependant d'autres conseils favorables à la biodiversité entraîne une diminution de la durée des chantiers comme on le voit pour la récolte. Nous allons voir que les itinéraires techniques interviennent dans le même sens.

Cela montre une fois de plus la nécessité d'appliquer un ensemble d'orientations et non une seule.

A cela s'ajoute le temps de surveillance des parcelles qui augmente afin d'ajuster les pratiques aux exigences réelles de la culture. Mais si ce temps augmente, le temps passé dans les traitements diminue et les dépenses en traitements aussi. Cela a été quantifié par le Centre d'Economie Rurale de la Meuse en coopération avec 8 exploitations dont 6 céréalières et avec l'aide de l'Institut Technique des Céréales et des Fourrages. L'exploitation qui raisonne ses intrants passe 28 minutes par hectare pour le suivi des cultures.

3) Le temps et les 'nouvelles' rotations

Le temps lié aux méthodes de travail augmente. Le temps direct consacré aux cultures: préparation des sols, semis, pulvérisations, récolte doit diminuer. Voyons maintenant comment les itinéraires techniques proposés pour favoriser la biodiversité permettent cela au sein d'une rotation.. Je précise que j'étudie la contrainte temps à l'échelle de la rotation car dans la réalité l'agriculteur doit organiser son travail à ce niveau et non pas en fonction d'une culture en particulier.

Nous avons résumé nos estimations de temps de travaux dans les tableaux suivants. Le matériel est le même que pour l'estimation économique. Le temps de chaque chantier est limité par le matériel ayant le plus faible débit.

Matériels	Débit par hectare
1 Sème-exact Horsch 3 mètres porté	40 à 30 min
1 charrue 5 socs réversible	1 h
1 herse rotative 3 mètres	1 h
1 semoir maïs en CUMA	1h15
1 semoir céréales 3 mètres	50 min
1 pulvérisateur 1 000 litres et 18 mètres	25 min
1 semoir à engrais 18 mètres	20 min
1 moissonneuse batteuse (céréales et maïs) 125 ch et 3,60 mètres	1 h
1 vibroculteur 4 mètres	30 min
1 broyeur 1,80 mètres	1h40

La répartition du temps au cours des itinéraires techniques sont détaillés en annexe 4 pour le blé et en annexe 5 pour le maïs.

Pour le radis fourrager, seul le temps du semis intervient soit 40 à 30 min/ha avec le S.E. Horsch.

A partir de ces résultats, on obtient les chiffres suivants pour les deux rotations types.

ROTATION -I-		
Cultures	**Enumération des interventions**	**Heures/hectares**
Blé, itinéraire A	17-19	9h25-10h10
Maïs, itinéraire A'	9-10	6h55-7h20
TOTAL	26-29	**16h20-17h30**

ROTATION -II-		
Cultures	**Enumération des interventions**	**Heures/hectare**
Blé, itinéraire D	5-7	3h15-4h05
Culture intermédiaire	1	30-40 min
Maïs, itinéraire B'	6-7	3h40-4h05
TOTAL	12-15	**7h25-8h50**

Les écarts de temps sont très significatifs entre les deux rotations. Le total horaire passe du simple au double. Mais cela ne montre pas comment le travail se répartit au cours de la campagne. Nous avons donc réalisé deux graphes mettant en place la chronologie des chantiers et permettant de mettre en évidence leur simultanéité.

Ces graphes illustrent le coût horaire des chantiers par hectare en fonction des mois, au cours d'une campagne. Chaque rectangle représente le temps pendant lequel un chantier peut être réalisé, en abscisse, et le nombre d'heures par hectare nécessaire pour le réaliser, en ordonnée. De cette façon les pointes de travail observées peuvent se répartir sur plusieurs surfaces et sur plusieurs jours. Par exemple, dans l'itinéraire technique du maïs la pointe située fin avril-début mai correspond au labour et au travail superficiel auquel s'ajoutent les traitements et apports d'engrais. Or, ces travaux ne se font pas de façon simultanée sur une surface donnée mais s'étalent dans le temps. Cependant, il faut répondre à cela que l'agriculteur a plusieurs parcelles pour lesquelles il doit effectuer ces travaux. La simultanéité existe donc, mais pas toujours à l'échelle de la parcelle, plutôt au niveau de l'exploitation.

Par ailleurs, certains coûts horaires se partagent entre plusieurs travailleurs. De cette façon, la récolte nécessite 2h/ha sur le graphe mais dans la réalité, deux chauffeurs doivent travailler 1h/ha en même temps: un chauffeur est sur la moissonneuse et un autre conduit la remorque.

On constate grâce à ces graphiques que la rotation -II- est toujours moins exigeante en temps que la -I-, et qu'elle dégage plus de mois de l'année sans travail dans les champs. Cela peut donc permettre à l'agriculteur de faire des travaux favorables à la biodiversité mais aussi à son exploitation comme nous l'avons déjà expliqué.

La contrainte temps peut donc être le facteur limitant pour la mise en place des conduites de culture plus soucieuse de la biodiversité. Si l'exploitation est déjà bien chargée. Problème des pointes de travail. Certains travaux sont faits hors de ces pointes et peuvent donc permettre une meilleure répartition sur le calendrier. Pour travaux pendant les pointes, cela est plus difficile à résoudre à moins d'encourager l'embauche d'ouvriers agricoles.

Conclusion sur la faisabilité par rapport à la contrainte temps et organisation du travail

UN EXEMPLE DANS LE CALVADOS

Pour avoir une idée du temps passé par Y. Granval, voici rapportées ici quelques unes de ses réflexions. Y. Granval estime qu'il passe 3 heures pour entretenir les haies d'une parcelle de 3 hectares. Evidemment, il faudrait évaluer le temps passé par mètre de haie et non par surface de parcelle. Cependant cela permet une première estimation sachant qu'il s'agit de haies anciennes de 2 mètres de haut environ avec quleques grands arbres et de 2-3 mètres de large. Une végétation d'arbustes buissonnants variés domine. Y. Granval réalise cet entretien une fois par an pendant les périodes creuses et estime ne pas perdre de temps ainsi.

Il pratique le découpage de grandes parcelles en lanières sur lesquelles il séme des variétés différentes. Il pense ne pas perdre de temps par cette méthode puisqu'il peut enchaîner des traitements identiques pour des céréales différentes sur des parcelles voisines.

Enfin Y. Granval considére que la récolte après un détourage du champ et par l'attaque de la parcelle par le centre ne fait pas perdre de temps. En outre le fait de voir qu'il sauve du gibier ainsi le motive pour cette pratique.

Par ailleurs, si le raisonnement des intrants l'effraie par contre le non-labour du sol l'intéresse pour le gain de temps qu'il représente. Cependant ces pratiques ne sont pas encore mises en place et, comme nous l'avons déjà souligné, il est important de les associer.

Bien entendu, dans ce contexte, Y. Granval n'a pas de temps pour les cultures intermédiaires.

Avec cet exemple nous constatons que les aspects les plus difficiles à évaluer en terme de temps ne sont pas ceux qui posent le plus de problème à l'agriculteur.

CONCLUSION

Le problème est que ces effets sont visibles à moyen ou long terme (sauf le rendement) et n'apparaissent pas comme 'intéressants' de façon directe et immédiate. La philosophie actuelle de l'agriculteur est celle du rendement le plus haut et donc de la parcelle la plus grande pour augmenter la productivité du travail, des apports maximum pour augmenter la production par hectares. Ceci au détriment de la biodiversité et de la qualité des eaux. En réintégrant les variables de l'environnement, c'est une nouvelle philosophie qui doit émerger plus conciliante pour le milieu..

Or l'intégration des variables du respect de l'environnement sont vitales aujourd'hui. En effet, les activités humaines dépendent du milieu dont elles exploitent les ressources (air, eau, sol, minerais, faune, flore, ...). Si ces ressources disparaissent, nos activités disparaîtront avec et donc notre société aussi.

La biodiversité, la préservation de la qualité des sols, le maintien d'équilibres biologiques complexes dans des milieux non uniformes et d'autant plus riches concernent donc le domaine public et les collectivités. Ce sont elles qui sont responsables de la protection du patrimoine commun.

Nous ne pouvons blâmer les agriculteurs de ne pas vouloir prendre en charge les responsabilités du domaine public. Cependant il faut que le respect de notre environnement redevienne inévitable. L'Etat doit permettre la transition d'une agriculture productiviste vers une agriculture productrice de produits de qualité et en équilibre avec le milieu dont elle dépend.

C- CONSEQUENCES

1 - LES CONSEQUENCES ECONOMIQUES

Les retombées économiques de l'extensification céréalière alliée au travail simplifié du sol ont été étudiées. On peut noter une augmentation de la marge nette due à la réduction des intrants et à la diminution des charges de mécanisation. Le revenu agricole devrait être encore amélioré dans le cadre de l'agriculture intégrée. En effet, la prise en compte de l'environnement évitera à l'agriculteur de payer pour les pollutions qu'il aura créées. De plus, le maintien de la biodiversité faunistique et floristique et son développement ultérieur devraient être une source de rémunération ; c'est, d'ailleurs, l'un des objectifs du programme Biodiversité - Communauté Européenne.

2 - LA PHASE TRANSITOIRE

Le passage d'une agriculture conventionnelle à une agriculture intégrée ne pourra pas se réaliser d'une campagne à l'autre, mais nécessitera 3 à 4 années. Cette phase transitoire de mise en place de nouvelles pratiques agricoles devrait engendrer des coûts supplémentaires sur quelques campagnes :

- coûts en herbicides (car quantité supérieure), en semences de variétés résistantes
- charges de mécanisation (achat d'un semoir de semis direct, et revente progressive du matériel devenu inutile)
- charges de structure (mise aux normes des bâtiments d'élevage)
- coûts d'aménagement des éléments fixes (replantation de haies, mise en place des bandes enherbées, ...)

Or l'augmentation provisoire de ces coûts ne devrait pas être compensée immédiatement ; car le potentiel biologique des sols et la capacité d'action des auxiliaires ne seront pas optimales dès l'arrêt du labour et de l'emploi de produits sanitaires toxiques. Le revenu agricole diminuera-t'il sur ces quelques années ? Une étude plus précise sur chaque exploitation (diagnostic à l'état zéro et suivi du changement) devrait permettre de répondre à cette question, et éventuellement de trouver des compensations.

3 - L'INFORMATION ET LA FORMATION TECHNIQUE

Les résultats des expérimentations d'agriculture intégrée aux Etats Unis convergent avec les conclusions européennes ; mais ils sont critiqués car les américains mettent en doute la réalité même de la diminution des intrants ; ils insistent sur l'accroissement d'une nouvelle catégorie d'*inputs*, à savoir l'information, la gestion technique et économique (*information and management inputs*) qui viennent se substituer en partie aux intrants achetés du système conventionnel ; ils montrent ainsi toute la difficulté de la production intégrée qui tient au fait que les techniques mises en oeuvre demandent une plus grande technicité que celles de l'agriculture intensive, car chaque milieu est un cas particulier qu'il faut observer avec précision pour le maîtriser (Lacroix, 1994).

Il est vrai que l'information nécessaire au passage à l'agriculture durable a un certain coût (suivi de publications spécialisées, utilisation de l'informatique, formation technique pour l'utilisation des nouvelles pratiques culturales et pour le suivi de la biodiversité, etc ...). Mais il me semble que ce coût sera surtout important durant la phase de transition. Une fois formé, l'agriculteur devra se tenir en état de veille. Par ailleurs, certaines techniques pourront être vulgarisées par des instituts et des organismes de recherche, voire par des entreprises.

4 - EVALUATION DE L'IMPACT SUR LA BIODIVERSITE

Les résultats de la mise en oeuvre des nouvelles pratiques agricoles doivent être évalués par rapport à la biodiversité.

Des techniques de suivi par choix de bio-indicateurs sont testées. L'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, qui participe au programme Biodiversité - Communauté Européenne, distingue deux types d'éléments indicateurs (IRScNB, 1995) :

- ceux qui servent à quantifier la contribution individuelle des agriculteurs à l'amélioration de la biodiversité, de manière à calculer la rémunération due ; ils doivent réagir au niveau de perception de la parcelle ou de l'exploitation et pouvoir être suivis par l'agriculteur,
- ceux qui servent à évaluer l'impact du système envisagé sur la biodiversité.

En pratique, on réalise des relevés floristiques et faunistiques sur certaines espèces censées être représentatives du milieu et sensibles à l'évolution de l'écosystème. Par exemple, nous avons réalisé sur la partie en marais de la ferme de référence (marais de la Dives) des relevés de libellules. Ces odonates sont des bio-indicateurs de la qualité des eaux du milieu. Leur intérêt est leur facilité d'observation et de détermination.

Après les relevés, on doit calculer des indices de la biodiversité à rémunérer (IPR), sur l'exploitation.

L'agriculteur doit donc être capable de suivre seul l'évolution de la biodiversité sur son exploitation ; pour lui, cela implique : du temps, une facilité de mise en oeuvre, et une rémunération garantie ; c'est ce dernier point qui l'encouragera à changer de pratiques agricoles.

5 - EVALUATION DE L'IMPACT SUR L'ETAT DES SOLS

Comme pour la biodiversité, le suivi de l'état des sols est impératif pour déterminer les effets positifs des nouvelles agro-pratiques. Il s'agit notamment de mesurer :

- la composition de l'eau en nitrates, pesticides et autres produits chimiques rémanents,
- l'érosion (méthode de Wicherek, 1991),
- le potentiel biologique, et en particulier les lombriciens.

Toutes ces mesures sont assez lourdes et nécessitent l'appui d'instituts de recherche comme l'INRA. Néanmoins, l'agriculteur soucieux de la qualité de l'eau peut faire analyser chimiquement les eaux de sortie des tuyaux de drainage ; cette méthode est lourde et coûteuse car elle nécessite un grand nombre d'analyses. De plus, la teneur de l'eau varie énormément suivant l'époque de l'année.

6 - LE PROBLEME DU SALISSEMENT DES PARCELLES

Le salissement des parcelles est souvent présenté comme un argument contre les techniques simplifiées de travail du sol. En fait, il s'agit d'un vrai problème pour lequel il existe des solutions. Il est tout à fait possible de maintenir des populations de plantes adventices à des niveaux 'supportables' simplement en appliquant correctement les pratiques décrites dans le chapitre précédent. Certains agriculteurs pratiquent cette technique depuis 12 ans comme B. MEUNIER dans l'Aube et ne rencontrent pas de difficultés pour la maîtrise des adventices. La technique utilisée par cet agriculteur est de semer des couverts d'intercultures qui étouffent les

adventices et favorise la décomposition des pailles. Le problèmes des résidus est aussi une cause d'abandon des techniques simplifiées. Il faut veiller à équiper la moisonneuse batteuse d'un dispeurseur des balles (résidus de battage) pour éviter leur accumulation sur une faible superficie correspondant à l'andain de paille en absence de broyeur.

Rotation, bande enherbée (*field margin strip*), déchaumage, désherbage chimique, couvert étouffant sont autant de moyens efficaces et peu coûteux (par rapport au labour systématique) pour limiter le développement des mauvaises herbes. Il est à noter l'expérience de B. MEUNIER qui pratique cette technique de non labour depuis 12 ans. Pour éviter l'apparition de résistance aux herbicides, il utilise l'interculture pour maîtriser les adventices. Ainsi, il utilise la technique du semis sous mulch lors de la récolte des céréales pour semer sa phacélie. Ce couvert est laissé sur pied et un traitement herbicide. Les rendements obtenus sont comparables evec un respect des sols. L'érosion est quasi inexistante et les biomasses lombriciennes nettement plus élevées que dans les sols cultivés. Il reste à démontrer un éventuel effet sur la faune sédentaire.

7 - LE TEMPS LIBERE

Nous avons vu que le passage du système 'labour' au système 'semis direct' divisait le temps de traction sur parcelle par deux. A quoi servira le temps libéré ?

L'agriculture intégrée implique différentes opérations qui nécessitent du temps :

→ surveillance des parcelles
→ réglage du matériel
→ gestion informatique des risques phytosanitaires et de la conduite de chaque parcelle
→ suivi de la biodiversité

Il est certain que ces opérations ne combleront pas le gain de temps. La tentation pour l'agriculteur serait alors d'agrandir sa SAU. C'est d'ailleurs l'un des scénarios envisagé par l'ITCF ; l'Institut montre dans une étude réalisée dans le Gâtinais (Boisgontier *et al.*, 1995) qu'il est possible de traiter jusqu'à 250 ha/UTH en adoptant un travail du sol superficiel avec un assolement varié (blé tendre, tournesol, colza, pois, jachère). Extensification et travail simplifié du sol seraient l'une des solutions possibles à la déprise agricole. Notons que l'une des motivations à la pratique du non-labour pour les agriculteurs recherchant l'augmentation de la productivité du travail est le départ d'un salarié (Boisgontier et Costes, 1994).

Cependant, si la pression foncière est trop forte, le temps libéré pourra être utilisé à l'aménagement du territoire de chasse, et il augmentera le confort de vie de l'agriculteur-éleveur.

8 - LA BIODIVERSITE : UN REVENU COMPLEMENTAIRE

Je l'ai déjà mentionné : l'agriculteur pourrait être directement rémunéré pour la biodiversité qu'il produit sur son exploitation. Mais d'autres revenus issus de cet effort en faveur de la faune et de la flore pourraient venir s'ajouter au revenu agricole.

En effet, les agriculteurs-chasseurs seront parmi les premiers sensibilisés aux problèmes de destruction de gibier par le machinisme agricole et les traitements phytosanitaires toxiques. Or l'agriculture intégrée prend en compte la préservation de la faune sauvage. Et le développement des espèces à gibier pourrait donner lieu à la location d'une partie de la surface agricole à des chasseurs. D'après Dufourg-Burg et Tison (1994), le prix objectif d'une chasse à la journée doit être de 700 à 800 F par fusil. L'agriculteur peut aller jusqu'à réaliser des aménagements cynégétiques (points d'eau, agrainage, etc...) pour développer des espèces comme la perdrix grise. L'association Agri-Environnement 2000 réalise en Beauce la plantation de haies basses tiges sur des exploitations agricoles pour lutter contre la prédation et pour fournir à la perdrix un site de nourriture. Si la chasse est exclue, les points d'eau peuvent être loués à des pêcheurs. Mais d'une manière générale, l'agriculteur en conservant un environnement propre et en réhabilitant la structure paysagère de son exploitation ne peut

contribuer qu'à revaloriser son image de marque auprès des autres ruraux et des citadins. Ceci pourrait contribuer à développer un tourisme vert, source de revenus supplémentaire.

D - CONCLUSIONS :

La rémunération de l'exploitant pour la production de biodiversité nécessite la mise au point d'un inventaire des mesures prises pour favoriser la biodiversité (NICAISE, 1997), d'une grille méthodologique recensant l'ensemble des actes agricoles intervenant au niveau de la parcelle (cf p.34) et de méthodes détectant les périodes de pointe de travaux (SOLER, 1995). Nous nous sommes attachés aux deux derniers points. **Le premier résultat : produire de la biodiversité est source de revenus directs (15000 ff de produits de location pour la chasse à la hutte), revenus indirects (amélioration du revenu agricole par adoption progressive des pratiques de l'agriculture intégrée > à 500F/ Ha avec également des impôts supplémentaires sur le revenu agricole, il demeure une marge de progression importante d'augmentation du revenu par adoption des nouvelles pratiques (extensification de la culture du blé et non travil du sol) et de gain de temps utilisable à l'appréciation de cette biodiversité**. Ainsi, nous avons les premiers éléments économiques permettant de tester grandeur nature les freins aux changements proposés.

Des propositions d'itinéraires techniques agricoles sont détaillés, le but de l'itinéraire optimisant les conditions favorables à la faune sauvage, est d'être rentable, de couvrir le sol le plus longtemps possible avec recours aux cultures intercalaires, aux techniques simplifiées de travail du sol et une utilisation limitée des produits phytosanitaires (variétés résistantes, peu d'antilimaces et d'antitaupins).

L'étude sur les pratiques agricoles a permis de classer en deux grandes catégories les actions en faveur de la biodiversité:

1- les pratiques ne nécessitant aucun investissement ni coûts supplémentaires: la modification du parcellaire sans jouer sur les éléments fixes, le changement de sens du semis et l'aménagement des bordures de parcelles, les méthodes de récolte et l'entretien des jachères. Les coûts d'entretien des haies existantes sont situés entre 400 et 500FF pour 10 ha.

2- Les pratiques modifiant les itinéraires techniques qui dégagent un revenu agricole supplémentaire (l'extensification de la culture du blé, la réduction du travail du sol, la modification de la rotation par la diversification des cultures et l'allongement de la rotation). La mise en oeuvre de l'agriculture intégrée devrait être plus rentable et générer des niveaux de biodiversité plus élevés. La contrainte « temps » peut donc être le facteur limitant pour la mise en place des conduites plus soucieuses de la biodiversité (d'où l'intérêt de l'introduction du non travail du sol.). Cela est particulièrement sensible si l'application de ces pratiques se fait par étapes. De plus, il faut alors bien choisir l'ordre d'introduction des conseils afin que la transformation de l'exploitation soit compatible avec la contrainte de temps.

Le bilan du tableau annuel de chasse s'établit à 200 anatidés (moyenne sur 6 ANS), 100 bécassines, 20 lapins, 15 pigeons ramiers, 12 lièvres, 2 bécasses, 2 sangliers (X= 6ans). Nous devons préciser que les anatidés et les bécassines sont des oiseaux migrateurs non produits sur l'exploitation, ce qui justifie le programme de mise en eau permanents des mares de huttes afin de favoriser la reproduction des anatidés et des limicoles. Les potentialités sont importantes en pigeons, lapins et grives, en raison du boisement et du linéaire de haies : les prélèvements sont inférieurs aux animaux produits sur le territoire.

Trois modifications majeures avec retombées économiques sont proposées :

1- L'intérêt économique de l'extensification des céréales dans une zone à potentiel moins favorable que les traditionnelles grandes plaines ne suscitera l'intérêt de l'exploitant que si des essais locaux sont mis en place et si des réunions d'information sont organisées par les instituts techniques. L'extensification céréalière est à mettre en place dans le cas de l'adoption par

l'exploitant du point précédent. **L'ITCF mentionne une augmentation de la marge brute de 1200F/ha avec en plus, une meilleure régularité du rendement**. Cette extensification présenterait un atout supplémentaire dans le cadre d'une réimplantation d'une population naturelle de perdrix grise. L'agriculture intégrée conduit à des rendements inférieurs mais à un meilleur revenu par une baisse des dépenses (VIAUX, 1995). Il apparaît clairement que ces deux types de modifications de pratiques agricoles sont en théorie génératrices de biodiversité sans coûts supplémentaires. **Nous avons ici le résultat le plus important**. Il est tout à fait possible d'autofinancer la biodiversité. Cette approche répond de plus à la logique d'entreprise de l'agriculteur : augmenter son revenu par modification de ses pratiques agricoles. Cette modification des pratiques sera plus facilement adoptée que des propositions d'aménagements du milieu qui ne touche que la faune sauvage car elle touche le coeur du système de production. Nous connaissons depuis longtemps des techniques d'aménagements qui ont fait leurs preuves et qui ne sont pas développées. Il est également important de mentionner que ces pratiques touchent des zones où la biodiversité a énormément pâtit de la modernisation de l'agriculture. L'impact de ces nouveaux modes de production sur la biodiversité doit faire l'objet de recherches.

Un meilleur positionnement de l'apport d'azote sur le maïs est à envisager, seul des contraintes d'ordre techniques sont actuellement retenues par l'exploitant pour ne pas appliquer cette pratique. Une surfertilisation azotée de 500f/ha (soit 400 unités de trop par ha) sur 12 ha de maïs après retournement de la prairie record de densité en vers de terre (4800 kg/ha) a été constatée.

Un affinement du choix des fongicides sur le blé est proposé et à revoir dans le cas de l'adoption de l'extensification du blé.

Deux produits employés sur l'exploitation posent de sérieux problèmes:

-1°. le mesurol, antilimaces aux effets ravageurs sur les lièvres et les vers de terre. Son remplacement par le métarex est à réaliser dès la prochaine campagne .

-2° Le traitement des taupins dans les parcelles de maïs par le Carbofuran (Curater) pose de sérieux problèmes environnementaux (destruction de vers de terre, de carabes et éventuellement transfert dans les nappes phréatiques). Une lutte raisonnée, après piégeage, a montré son efficacité (CHABERT, 1996). A notre connaissance, il n'existe pas de molécules de substitution.

2-Pour atténuer la très grosse pointe de travail constatée entre le 1er octobre et le 15 novembre et augmenter la biodiversité, **la réduction du travail du sol est une alternative à tester**. Un travail superficiel qui assure l'enfouissement de la semence, sans mettre en danger la vie du sol, peut suffire. Cette technique permet :

- Le rétablissement des échanges entre horizons du sol en supprimant le risque de semelle de labour,
- La restauration d'une vie normale du sol et donc une meilleure dégradation des résidus de récolte, une meilleure répartition de la matière organique, une amélioration de la circulation de l'eau, de la structure et de la portance du sol.
- L'amélioration des conditions d'alimentation des géodrilophages : un vertébré sur trois consomme des lombriciens parmi lesquels 65 % du petit gibier et 40 % du grand gibier. 7 % d'entre eux sont lombrico-dépendants. La bécasse des bois, la Bécassine des marais, le Vanneau huppé consomment 80 à 90 % de lombriciens. De plus, ces oiseaux choisissent les zones les plus riches en lombriciens (> à 500 kg/ha). Il est régulièrement constaté la présence de Bécassines dans les terrains cultivés, ces zones peu chassées jouant le rôle de réserves pour les remises diurnes. En effet, la forte pression de chasse existant dans les marais avoisinants pousse les oiseaux à venir utiliser les terres cultivées suffisamment pourvues en vers de terre.

Le revenu net à l'ha s'accroît de 500FF. Le temps ainsi gagné peut-être utilisé à la réalisation d'aménagements faunistiques et à la formation aux nouvelles pratiques agronomiques (surveillance des cultures, gestion de l'exploitation). La mesure de l'augmentation de la biodiversité sera longue à mettre en évidence (> 3ans). Le gain de temps

obtenu associé à un meilleur revenu doit permettre à l'exploitant de mesurer lui-même les éventuelles améliorations de la biodiversité produite sur l'exploitation.

3-L'allongement de la rotation céréalière avec l'introduction d'une culture piège à nitrates. Les premiers résultats positifs à l'égard de la faune seront décisifs dans l'adoption des modifications des pratiques agricoles (« Beetle banks », utilisation de la jachère à des fins faunistiques, ...). 1-Un rallongement de la rotation est nécessaire car l'alternance blé/maïs pratiqué actuellement laisse le sol nu à l'automne. De plus, en 1995, de sérieux problèmes de pucerons ont été constatés sur une surface de 10 ha. Ce problème puceron est principalement lié à un précédent cultural mal choisi : orge après blé et blé après orge. La solution préconisée est d'intercaler une culture piège à nitrate type vesce d'hiver qui aurait également l'avantage de rompre les cycles d'infestation.

Cependant, plusieurs points restent à préciser. Par exemple, l'étude du parcellaire par simulation informatique reste à mettre en oeuvre. Elle permettrait de comparer les différents scénarios en terme de marge nette quant à la localisation des parcelles cultivées, des jachères, des prairies, en intégrant toutes les contraintes de l'agriculteur (nature du sol, éléments fixes, précédent cultural, zones à risque de pollution, etc ...). Par ailleurs, il serait nécessaire d'examiner la teneur en nitrates et autres produits chimiques en différents points sur l'exploitation, pour déterminer d'éventuelles zones à risques. Enfin, il faudrait s'interroger sur la bonne adaptation des rendements objectifs actuels par rapport aux préconisations soulevées par l'agriculture intégrée.

Néanmoins, on constate donc, à travers l'exemple de la ferme de référence, que les intérêts agro-économiques de l'agriculteur et le développement cynégétique ne sont pas incompatibles. De plus, la contrainte environnementale et le respect de la faune sauvage sont deux éléments dont l'intégration est viable économiquement.

Dans le cadre d'une agriculture durable, ces différents intérêts convergent donc. Ce sera peut-être l'un des moyens qui réconciliera les acteurs du monde rural : agriculteurs, chasseurs, naturalistes, ...

VI- BILAN DES RECENSEMENTS AVIFAUNISTIQUES DE 1996 SUR LA COMMUNE DE GOUSTRANVILLE - 14

A- Introduction :

Les marais de la Dives s'étendent depuis Biéville-Quétiéville, un peu au sud de la RN 13, jusqu'à la mer entre Dives sur mer et merville Franceville. La côte fleurie est complétement urbanisé avec destruction d'anciens marais (Villers sur mer). Toutefois des échanges entre la mer et les marais, lea mer et la baie d'Orne sont bien réels, les vols de laridés, limicoles et de cormorans sont là pour en témoigner. La Dives, comme les autres rivières Normandes a élargi son lit majeur et forme ainsi une zone marécageuse autrefois soumise aux mouvements des marées. L'altitude y est faible et varie entre trois et cinq mètres. L'agriculture, la chasse et la pêche sont les principales activités humaines. Provost mentionne une forte diversité floristique puisque plus de 200 espèces de plantes vasculaires ont été reconnues. On distingue plusieurs biotopes sur la zone étudiée : Le cours de la Dives, les fossés avec sa végétation de bordure, les prairies de fauche, les pâtures, la bordure avec le bocage riverain du marais et quelques parcelles de cultures. Le site souffre de l'urbanisation, de l'asséchement, de la mise en peupleraie de prairies abandonnées, d'une forte pression de chasse et de pratiques agricoles (G. DEBOUT, 1995).

Les niveaux d'intérêt sont de trois ordres :

- - zones de faible intérêt : présence de passereaux paludicoles
- - zones d'intérêt local à départemental : nidification du vanneau, de la pie grièche écorcheur, bonne richesse en passereaux paludicoles, rossignol, loriot, hivernage notable d'anatidés, ardéidés, laridés et limicoles...
- - zones d'intérêt régional et/ou national : nidification de la cigogne blanche, du râle des genêts, du vanneau huppé, de la pie grièche écorcheur, grande richesse en passereaux paludicoles, rossignol, loriot , hivernage important d'anatidés, ardéidés, laridés et limicoles.

Une étude de l'avifaune a été initiée dans le but d'établir le point zéro. Elle est utile pour une évaluation de l'impact des modifications de pratiques agricoles d'une part et d'autre part, afin de mesurer quelle est la vitesse de réponse du peuplement d'oiseaux au maintien permanent d'un plan d'eau sur une zone exploitée par un mode de chasse traditionnel, la chasse des canards à la hutte. La création d'un plan d'eau permanent répond à un souci d'améliorer le caractère durable d'une chasse au migrateurs. Elle s'inspire des résultats obtenus par des chasseurs de gibier d'eau en Baie de Somme. Les résultats sont assez flatteurs puisqu'une zone humide d'une quinzaine d'ha produit annuellement en moyenne une centaine d'anatidés autre que colverts et assure la reproduction de la Barge à queue noire, du vanneau huppé,... (Mouronval, 1995). A cette fin, nous avons étudié l'avifaune sur deux zones de marais située côte à côte : une zone avec un plan d'eau permanent, l'autre avec un plan d'eau asséché.

Le deuxième objectif assigné à cette étude est de répondre à l'effet d'un aménagement cynégétique sur la biodiversité. Cet aménagement consiste à maintenir un parcellaire de taille raisonnable : taille des parcelles comprises entre 5 et 10 ha. La conservation des haies est également à mettre à l'actif de l'aménagement cynégétique. Nous avons donc choisi de comparer le peuplement avien de deux zones de 23 ha chacune située sur la même commune du bocage du Pays d'Auge avec une activité agricole orientée sur la polyculture-élevage. Les deux seuls facteurs de variations sont la taille du parcellaire et la présence de haies en plus grande quantité. Il est à noter une plus grande diversité des cultures liée à la volonté de l'exploitant chasseur de maintenir des parcelles de taille raisonnable. Des raisons de temps et de disponibilité d'exploitation ont empéché d'établir une comparaison avec une surface échantillonnée en plaine de Caen où les haies ont disparu.

Le troisième objectif est de tester la faisabilité des mesures de gestion proposés par le naturaliste après sa campagne d'échantillonnage. Les exploitants sont-ils prêts à modifier leurs habitudes?

B- Méthodologie.

Les recensements réalisés en 1996 sur les quatres sites situés sur la commune de Goustranville ont eu pour but de mesurer la richesse de l'avifaune nicheuse (nombre d'espèces présentes) et d'en évaluer l'abondance. Pour ces deux paramètres, nous nous sommes efforcés de rechercher l'exhaustivité par une méthode assimilable à celle dite des plans quadrillés.

Chacun des quatre sites a été visité trois fois au cours de la saison de reproduction (24 au 26 avril, 30 et 31 mai, 26 et 27 juin).

Les sites ont été parcourus à pied le matin entre l'aube et onze heures (heure légale). Le trajet a été réalisé de manière à couvrir la totalité des sites en ne laissant aucun espace supérieur à 150 mètres entre les passages. Chaque haie, bordure de parcelle et fossés ont été systématiquement prospectés.

En plus des arrêts nécessaires pour reporter chaque observation sur un plan du site, une halte de deux minutes a été observée tous les 150 à 200 mètres.

Pour les espèces dont le comportement territorial est bien affirmé, les indices de présence relevés ont été principalement les chants des mâles cantonnés, complétés par tout autre indice suggérant une nidification (alarme, nourrissage, nid, jeunes non volants ...).

Pour les autres espèces, nous nous sommes basés sur l'observation directe et les comportements ainsi que sur les éléments constituant des preuves de nidification mentionnés ci-dessus pour les oiseaux chanteurs. Les espèces nocturnes n'ont pas fait l'objet d'une recherche spécifique. Les indices de présence les concernant ont été obtenus de jour et ne sont certainement pas représentatifs de leur statut réel.

SITE 1 A (17, 31 ha)

Enclavé dans une boucle de la Dives, ce milieu est constitué essentiellement de prairies de fauche et de prairies pâturées (bovins) quadrillées par un réseau de fossés en eau. Les bordures de contact entre les prairies et le cours d'eau sont des talus à pente modérée couverts d'orties et de phragmites. Le faciès végétal abrite un peuplement important de Rousserolles verderolles (*Acrocephalus palustris*).

Les prairies de fauche accueillent un nombre assez élevé d'Alouettes des champs (*Alauda arvensis*) et surtout d'espèces plus caractéristiques des prairies fluviales comme le Pipit farlouse (*Anthus pratensis*), la Bergeronnette flavéole (*Motacilla flava flavissima*) et le Traquet tarier (*Saxicola rubetra*). C'est également dans ce milieu qu'a été obtenu le seul contact avec la Caille des blés (*Coturnix coturnix*) pour l'ensemble des sites prospectés.

Les ronciers et les formations de carex des bords des fossés sont habités par le Phragmite des joncs (*Acrocephalus schoenobaenus*), la Locustelle tachetée (*Locustella naevia*) et le Bruant des roseaux (*Emberiza schoeniclus*).

Les prairies pâturées abritent moins d'espèces et en plus faible densité : Alouette des champs, Bergeronnette flavéole et 1 couple de Vanneau huppé (*Vanellus vanellus*). Il est possible néanmoins que ces parcelles pâturées soient un terrain d'alimentation très favorable à la Bergeronnette flavéole, au Pipit farlouse et au Traquet tarier.

Notons également un seul contact (tardif) avec la Rousserolle effarvatte (*Acrocephalus scirpaceus*) dont la présence ici paraît limitée à la fois par la pousse tardive des phragmites et par l'absence de formations sèches de roseaux (production de l'année précédente) susceptibles de la cantonner dès le printemps.

SITE 1 B (8,15 ha)

Milieu constitué d'une mare de hutte en eau remodelée récemment et bordée de prairies intensément pâturées (chevaux). Au sud, une seule parcelle non pâturée est bordée de haies arbustives denses.

On note la présence d'un couple de Petit Gravelot (*Charadrius dubius*) sur la mare de hutte mais qui ne semble pas avoir produit de jeunes.

Du fait de son remodelage récent, les rives de la mare sont peu végétalisées et accueillent peu d'espèces (B. flavéole). Par contre, les formations buissonnantes et les cariçaies abritent une forte densité de Phragmite des joncs. Les prairies pâturées sont peu exploitées par l'avifaune nicheuse et le surpaturage semble même avoir dissuadé l'installation du Traquet tarier. Avec le cortège d'espèces typiques des milieux bocagers, les haies arbustives du sud de la zone, plantées sur des fossés, abritent quelques couples de Rousserolle verderolle et de Phragmite des joncs.

SITE 1 C (12,40 ha)

Milieu constitué d'une mare de hutte asséchée bordée de prairies à carex et de talus à phragmites et orties abritant respectivement le Phragmite des joncs et la Rousserolle verderolle en densité assez forte, cette dernière occupant également des haies arbustives sur fossé.

En bordure de la mare de hutte, on note également la présence remarquable de deux couples de Bergeronnette printanière (*Motacilla flava flava*) espèce qui n'a pas été contactée ailleurs, occupant un milieu plutôt favorable à la B. flavéole. La moitié sud du site est constituée de prairies de fauche étonnament pauvres en oiseaux (seulement un couple de Traquet tarier), bordée de haies arbustives. Le fauchage précoce des prairies et des talus a certainement été très préjudiciable aux espèces remarquables citées ci-dessus.

SITE 1 D (1,00 ha)

Milieu constitué d'une étroite prairie pâturée (bovins) entourée de haies arborescentes et d'un petit bosquet de peupliers présentant un sous-bois dense. Compte tenu de sa faible surface, ce site s'avère plutôt riche en espèces nicheuses (n = 15) dont certaines intéressantes : Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*), Pic épeiche (*Dendrocopos major*), Rossignol philomèle (*Luscinia megarhynchos*), Grive musicienne (*Turdus philomelos*), Rousserolle verderolle et Fauvette des jardins (*Sylvia borin*).

SITE 2 (23,00 ha)

Milieu bocager avec haies maillant 4 (ou 5 ?) parcelles cultivées en céréales. On y trouve un cortège avifaunistique typique du bocage avec quelques espèces en densité forte comme le Pigeon ramier (*Columba palumbus*), l'Accenteur mouchet (*Prunella modularis*), la Grive musicienne et le Pinson des arbres (*Fringilla coelebs*), voire très forte comme le Merle noir (*Turdus merula*) et le Troglodyte mignon (*Troglodytes troglodytes*).

Parmi tous les sites suivis, c'est le plus anthropisé avec cinq habitations en périphérie dont une importante exploitation agricole. On y trouve donc plusieurs espèces inféodées aux constructions humaines comme la Tourterelle turque (*Streptopelia decaocto*), l'Hirondelle de cheminée (*Hirundo rustica*), l'Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbica*), la Bergeronnette grise (*Motacilla alba*) et surtout le Moineau domestique (*Passer domesticus*) présent en grand nombre.

La bordure nord du site entre en contact avec une zone de marais ce qui explique la présence d'espèces comme la Poule d'eau (*Gallinula chloropus*), le Phragmite des joncs et le Bruant des roseaux.

Avec 35 espèces nicheuses recensées, c'est le site qui offre la plus grande diversité spécifique avec des espèces intéressantes comme le Hibou moyen-duc (*Asio otus*), la Fauvette

babillarde (*Sylvia curruca*) et le Bouvreuil pivoine (*Pyrrhula pyrrhula*). La présence d'au moins un couple nicheur de Chouette chevêche (*Athene noctua*) aux abords immédiats du site est également à signaler.

SITE 3 A (23,30 ha)

Milieu bocager avec un linéaire de haies plus important qu'en S2 offrant un territoire traité pour moitié en prairie de fauche, pour un quart en légumineuses (jachères) et pour un quart en céréales. Une petite parcelle de prairie sur talus au sud-est du site est ceinte par des grandes haies arborées avec une strate buissonnante dense lui conférant un faciès presque forestier. Le milieu accueille une avifaune nicheuse extrêmement diversifiée puisque 22 des 34 espèces nicheuses répertoriées sur le site s'y reproduisent. Parmi elle le Rossignol philomèle (3 mâles chanteurs) et la Fauvette des jardins (5 mâles chanteurs).

Globalement, le site 3A abrite des densités fortes de Pigeon ramier, de Troglodyte, d'Accenteur mouchet, de Merle noir, de Fauvette des jardins (en nombre supérieur à la Fauvette à tête noire -*Sylvia atricapilla*), de Fauvette grisette (*Sylvia communis*), de Pouillot véloce (*Phylloscopus collybita*) et de Bruant jaune (*Emberiza citrinella*). On y trouve également un couple de Pie-grièche écorcheur (*Lanius collurio*) considérée comme assez rare dans le Calvados, trois mâles chanteurs de Fauvette babillarde et trois mâles chanteurs de Tourterelle des bois (*Streptopelia turtur*) espèce quasiment absente des autres sites.

Si l'on considère le cortège d'espèces strictement inféodées au milieu bocager c'est le site qui présente la plus grande diversité intrinsèque (31 espèces nicheuses contre 28 en S2 et 21 en S4).

SITE 3 B (18,80 ha)

Milieu constitué de prairies humides traversées du NE au SW par un canal. Au nord du canal, une grande prairie en jachère broyée en juillet abrite plusieurs couples d'Alouettes des champs et un seul couple de Traquet tarier. Au sud du canal plusieurs prairies paturées (bovins et ovins) sont quadrillées par des canaux. On y trouve également une mare de hutte partiellement en eau. L'avifaune la plus remarquable de ce milieu est constituée d'Alouette des champs, de Bergeronnette flavéole et de Pipit farlouse, alors que les abords de la mare et des canaux riches en carex abritent un peuplement dense de Phragmite des joncs et surtout de Bruant des roseaux qui atteint là une densité très forte (10 mâles chanteurs concentrés sur environ 5 ha).

L'ensemble du site est entouré de haies arbustives basses à l'ouest et à l'est, et au nord de haies arbustives hautes. Les espèces les plus intéressantes sont la Fauvette babillarde et surtout la Pie-grièche écorcheur avec 4 couples nicheurs (plus ≥ 2 autres couples dans les environs immédiats du site). La présence d'au moins 7 couples de Pie-grièche écorcheur dans ou à l'extérieur proche du site 3 (A et B) est remarquable car l'estimation la plus récente pour cette espèce fait état de seulement 70 à 85 couples nicheurs pour l'ensemble du Calvados (STALLEGER 1994).

SITE 4 (23,00 ha)

L'essentiel du site est constitué d'une unique et grande parcelle semée en blé. A l'exception d'un couple de Bergeronnette flavéole cantonnée en bordure nord de la parcelle, aucun autre oiseau n'a été contacté dans ce milieu. Toutes les espèces nicheuses recensées sur le site occupent la périphérie, soit à la faveur des haies conservées sur les bordures est et nord-est de la parcelle, soit grâce à la présence de parcs et jardins au sud où existent plusieurs maisons d'habitations.

Compte tenu de l'uniformité du site, on peut considérer que les densités observées d'Hypolaïs polyglotte, de Rougegorge (*Erithacus rubecula*) et de Merle noir sont relativement

élevées. On note également la présence de la Tourterelle des bois et du Rossignol philomèle, peu représentés sur les autres sites et du seul couple de Traquet pâtre (*Saxicola torquata*) contacté sur l'ensemble des sites.

PROPOSITIONS DE GESTION

Site 1 A. (17,31 ha).

- Fauche des prairies la plus tardive possible, de préférence après la mi-juillet. Le fauchage fin-juin a semble-t-il suivi de très peu l'envol des nichées de Traquet tarier. Un retard de quelques jours seulement de l'envol des jeunes de cette espèce tardive aurait pu réduire à néant la production de l'année.
- Maintien d'un pâturage « doux » sur une ou deux parcelles pour la diversité du faciès végétal, la nidification du Vanneau huppé et l'alimentation de plusieurs espèces.
- Fauche la plus tardive possible des talus à orties et phragmites avec maintien de quelques « ilôts » non fauchés.
- Maintien d'une bande d'un mètre de large en bordure des fossés (non fauchée).

Site 1B (8,15 ha).

- Instaurer un pâturage moins intensif, voire nul en périphérie de la mare.
- Maintien de la végétation rivulaire de la mare en cours de colonisation et qui devrait évoluer en Phragmitaie-cariçaie.
- Création d'un petit ilôt central, soit sableux et nu (favorable au Petit Gravelot), soit végétalisé (favorable aux Anatidés nicheurs), soit mixte.

Site 2 (23,00 ha).

- Compléter le maillage de haies pour les bordures de parcelles actuellement séparées par des clôtures barbelées.
- Intégrer au moins une parcelle en herbe dans la rotation des cultures.
- Poursuivre le maintien des arbres morts dans les haies susceptibles d'offrir des cavités à la Chouette Chevêche

Site 3 A (23,30 ha).

- Mise en place d'une prairie permanente pâturée à l'emplacement de la jachère/légumineuse.
- Maintien des haies basses arbustives là où elles existent actuellement pour conserver la diversité spécifique du site. Ce type de haies basses est favorable à l'Hypolaïs polyglotte (*Hippolais polyglotta*), à la Fauvette grisette, à la Pie-grièche écorcheur, à la Linotte mélodieuse (*Carduelis cannabina*) et au Bruant jaune.
- Maintien en l'état de la parcelle « boisée » sur talus.

Site 3 B (18,80 ha).

- Fauchage (ou broyage ?) de la partie nord le plus tard possible en juillet compte tenu de la présence d'espèces à nidification tardive.
- Pâturage moins intensif de la partie sud ou mise hors pâturage de bandes herbeuses, notamment aux bord des canaux.
- Maintien en eau de la mare de hutte.

CONCLUSION

L'ensemble des sites suivis totalise 127 ha et concerne la seule commune de Goustranville. 58 espèces nicheuses y ont été contactées (plus ≥ 5 autres à proximité des sites suivis).

Certaines sont remarquables, soit en raison de leur rareté relative (Pie-grièche écorcheur) soit en raison des biotopes particuliers qu'elles occupent (Bergeronnettes printanière et flavéole, Pipit farlouse, Traquet tarier, Phragmite des joncs, Rousserolle verderolle et Bruant des roseaux). Il apparaît clairement que la zone témoin retenue par son aspect paysager (haies, prairies humides peu intensifiées, plan d'eau permanent, zone arborée) est d'un intérêt régional. La peupleraie et l'intensification sont les menaces qui pésent sur cette zone. La pluri activité de l'agriculteur permet d'être à près sûr du maintien des pratiques agricoles actuelles. Cette zone présente un intérêt pédagogique évident car elle réunit sur un espace de 40 ha, les divers milieux typiques de la région : prairies humides, prairies de fauche à fenaison tardive, plan d'eau permanent, marais tourbeux, cultures, jachères, bocage conservé.

A contrario, d'autres espèces s'avèrent étonnament peu abondantes (Canard colvert, caille des blés, Tourterelle des bois, Rossignol philomèle, Traquet patre et Rousserolle effarvatte) ou même absentes des sites prospectés mais néanmoins contactées à l'extérieur (Grive draine -*Turdus viscivorus*- et Bruant Proyer -*Miliara calandra*).

Enfin, au moins 8 autres espèces susceptibles d'être rencontrées n'ont donné lieu à aucun contact (Huppe fasciée -*Upupa epops*-, Pic épeiche -*Dendrocopos minor*-, Pipit des arbres -*Anthus trivialis*-, Rougequeue noir -*Phoenicurus ochruros*-, Bouscarle de Cetti Cettia cetti, Grimpereau des jardins -*Certhia brachydactyla*-, Bruant zizi -*Emberiza cirlus*- et Loriot -*Oriolus oriolus*-), ou n'ont pas fait l'objet d'indices de nidification probants (Pouillot fitis -*Phylloscopus trochilus*-).

La comparaison des deux zones bocagères permet de montrer l'influence positive d'un aménagement « doux » sur la biodiversité. Le maintien des haies et d'un parcellaire de taille raisonnable maintient un bon niveau de biodiversité qui se traduit par onze espèces nicheuses supplémentaires et des densités supérieures par rapport à l'exploitation qui a arasé ses haies et qui a agrandit ses parcelles. Ainsi, les densités sont supérieures dans douze cas sur seize pour les espèces communes aux deux sites et inférieures dans quatre cas sur douze. On retiendra les fortes densités de merle noir (57 couples /100 ha), de pigeons ramier (35 couples / 100ha) et de grives musicienne (17 couples / 100 ha).

Pour l'autre comparaison (maintien de l'eau au printemps), il est prématuré de faire état de différences, il faut juste considérer ces mesures comme la situation initiale de l'expérimentation et constater que les deux sites ont une faune comparable au début de l'expérience.

Il est estimé à environ 50% des mesures proposées par l'expert qui ont ainsi été mise en oeuvre dès la première année. Le maintien des bordures de fossés en phragmites le long de la rivière a été accepté par l'exploitant qui considère cette zone comme de faible intérêt agricole. La sauvegarde des bordures de fossés passe par la mise en place de clôtures qui représente un coût important. Il sera tenté l'expérience de clôre quelques parcelles par cette technique. Le retard de la fenaison est délicat à obtenir car il s'oppose à la pratique d'intensification des prairies. Il est donc tout à fait possible de faire un certain nombre d'aménagements sans de modifications profondes du sytème d'"exploitation agricole.

INVENTAIRE AVIFAUNISTIQUE 1996 GOUSTRANVILLE - CALVADOS - I - ESPÈCES NICHEUSES (NOMBRE DE COUPLES OU MÂLES CHANTEURS)

ESPÈCES	SITE 1 (T = 38,86 ha)				SITE 2	SITE 3 (T=42,1 ha)		SITE 4
	A (17,31 ha)	B (8,15 ha)	C (12,4 ha)	D (1 ha)	(23 ha)	A (23,3 ha)	B (18,8 ha)	(23 ha)
Canard colvert							1	
Buse variable					1	1		1
Faucon crécerelle				1		2		
Perdrix rouge		1						
Perdrix grise			1					
Caille des blés	1							
Poule d'eau	5	3	2		3		7	
Petit Gravelot		1	==>?					
Vanneau huppé	1							
Pigeon ramier		1		1	8	11	2	4
Tourterelle turque					≥ 2	1		
Tourterelle des bois						3		1
Coucou gris							1	
Hibou Moyen-Duc					1			
Martin-pêcheur							1	
Pic vert						1		
Pic épeiche				1		2		
Alouette des champs	8	1	4			1	7	
Hirondelle de cheminée					≥ 3		1	≥ 4
Hirondelle de fenêtre					4			
Pipit farlouse	5		1				1	
Bergeronnette grise					1	1	1	
Bergeronnette printanière			2					
Bergeronnette flavéole	2	1					2	1
Troglodyte mignon		1	2	2	16	14	4	5
Accenteur mouchet		1			8	7		3
Rougegorge					6	2		5
Rossignol philomèle				1		4		1
Traquet tarier	5	1	2				1	
Traquet pâtre								1
Merle noir	1	2	2	1	13	11	6	5
Grive musicienne			1	1	4	2		1
Locustelle tachetée	1							
Phragmite des joncs	3	7	3		2		5	
Rousserolle verderolle	9	2	8	1				
Rousserolle effarvatte	1							
Hypolaïs polyglotte					2	4		5
Fauvette des jardins				1	1	7		1
Fauvette babillarde					1	3	1	
Fauvette grisette					3	7	1	3

Fauvette à tête noire				1	3	6		2
Pouillot véloce			1	1	5	9		3
Mésange bleue			1		3	2		

INVENTAIRE AVIFAUNISTIQUE 1996 GOUSTRANVILLE - CALVADOS - I -

Suite

ESPÈCES	SITE 1 (T = 38,86 ha)				SITE 2 (23 ha)	SITE 3 (T=42,1 ha)		SITE 4 (23 ha)
	A (17,31 ha)	B (8,15 ha)	C (12,4 ha)	D (1 ha)		A (23,3 ha)	B (18,8 ha)	
Mésange charbonnière			1	1	4	7	2	3
Mésange à longue queue					1		1	
Pie-grièche écorcheur						1	4	
Etourneau sansonnet					1	2		2
Geai des chênes					1			
Corneille noire				1	1	2		
Pie bavarde				1	3	1	1	
Moineau domestique		1	≥ 2	≥ 2	≥ 37	≥ 3	≥ 2	≥ 9
Pinson des arbres		1	1		8	8		6
Verdier	1	1			3	3	1	1
Chardonneret			1		1	1		
Bouvreuil pivoine					2	2		
Linotte mélodieuse	2	1	3		1	2	4	3
Bruant jaune	1	1	1		2	9	3	4
Bruant des roseaux	2	1	2		1		10	
n = 58	n1 A =16	n1 B = 18	n1 C = 20	n1 D = 15	N 2 = 35	n3 A = 34	n3 B = 25	n4 = 24
	n 1 T = 37					n 3 T = 45		

N.B. : Buse variable 1 ♂ probablement nicheur extérieur site 1 A, 1 ♂ nicheur extérieur site 2
F. crécerelle 2 ♂ nicheurs extérieur site A1 et AC, 1 ♂ nicheur extérieur site 2, 1 ♂ nicheur extérieur site 4
Vanneau huppé : 2 ♂ nicheurs extérieur site 1 A
B. flavéole : 1 ♂ nicheur extérieur site 3 B
T. tarier : 1 ♂ nicheur extérieur site 1 C
Loc. tachetée : 1 ♂ contacté en avril site 2, 1 ♂ extérieur site 3 B
PG. écorcheur : 2 ♂ nicheurs extérieur site 3 B.

INVENTAIRE AVIFAUNISTIQUE 1996 GOUSTRANVILLE - CALVADOS - II -

ESPÈCES NICHEUSES (DENSITÉ / HECTARE DE COUPLES OU MÂLES CHANTEURS)

ESPÈCES	SITE 1 (T = 38,86 ha)				SITE 2 (23 ha)	SITE 3 (T=42,1 ha)		SITE 4 (23 ha)
	A (17,31 ha)	B (8,15 ha)	C (12,4 ha)	D (1 ha)		A (23,3 ha)	B (18,8 ha)	
Canard colvert							0,05	
Buse variable					0,04	0,04		0,04
Faucon crécerelle				1		0,09		
Perdrix rouge		0,12						
Perdrix grise			0,08					
Caille des blés	0,06							
Poule d'eau	0,29		0,16		0,13		0,37	
Petit Gravelot	0,06							
Vanneau huppé	0,06							
Pigeon ramier		0,12		1	0,35	0,47	0,11	0,17
Tourterelle turque					(0,09)	0,04		
Tourterelle des bois						0,13		0,04
Coucou gris							0,05	
Hibou Moyen-Duc					0,04			
Martin-pêcheur							0,05	
Pic vert						0,04		
Pic épeiche				1		0,09		
Alouette des champs	0,46	0,12	0,32			0,04	0,37	
Hirondelle de cheminée					(0,13)		0,05	(0,17)
Hirondelle de fenêtre					0,17			
Pipit farlouse	0,29		0,08				0,05	
Bergeronnette grise					0,04	0,04	0,05	
Bergeronnette printanière			0,16					
Bergeronnette flavéole	0,12	0,12					0,11	0,04
Troglodyte mignon		0,12	0,16	2	0,70	0,60	0,21	0,22
Accenteur mouchet		0,12			0,35	0,30		0,13
Rougegorge					0,26	0,09		0,22
Rossignol philomèle				1		0,17		0,04
Traquet tarier	0,29	0,12	0,16				0,05	
Traquet pâtre								0,04
Merle noir	0,06	0,25	0,16	1	0,57	0,47	0,32	0,22
Grive musicienne			0,08	1	0,17	0,09		0,04
Locustelle tachetée	0,06							
Phragmite des joncs	0,17	0,86	0,24		0,09		0,27	
Rousserolle verderolle	0,52	0,25	0,65	1				
Rousserolle effarvatte	0,06							
Hypolaïs polyglotte					0,09	0,17		0,22
Fauvette des jardins				1	0,04	0,30		0,04
Fauvette babillarde					0,04	0,13	0,05	

Fauvette grisette					0,13	0,30	0,05	0,13
Fauvette à tête noire				1	0,13	0,26		0,09
Pouillot véloce			0,08	1	0,22	0,39		0,13
Mésange bleue			0,08		0,13	0,09		

Suite

ESPÈCES	SITE 1 (T = 38,86 ha)				SITE 2 (23 ha)	SITE 3 (T=42,1 ha)		SITE 4 (23 ha)
	A (17,31 ha)	B (8,15 ha)	C (12,4 ha)	D (1 ha)		A (23,3 ha)	B (18,8 ha)	
Mésange charbonnière			0,08	1	0,17	0,30	0,11	0,13
Mésange à longue queue					0,04		0,05	
Pie-grièche écorcheur						0,04	0,21	
Etourneau sansonnet					0,04	0,09		0,09
Geai des chênes					0,04			
Corneille noire				1	0,04	0,09		
Pie bavarde				1	0,13	0,04	0,05	
Moineau domestique		0,12	(0,16)	(2)	(1,61)	(0,13)	(0,11)	(0,39)
Pinson des arbres		0,12	0,08		0,35	0,34		0,26
Verdier	0,06	0,12			0,13	0,13	0,05	0,04
Chardonneret			0,08		0,04	0,04		
Bouvreuil pivoine					0,09	0,09		
Linotte mélodieuse	0,12	0,12	0,24		0,04	0,09	0,21	0,13
Bruant jaune	0,06	0,12	0,08		0,09	0,39	0,16	0,17
Bruant des roseaux	0,12	0,12	0,16		0,04		0,53	

TABLEAU COMPARATIF DE L'AVIFAUNE NICHEUSE NORMANDE

			ATLAS DES OISEAUX NICHEURS NORMANDS			
ESPECES	SITES SUIVIS O.N.C. (1)	SITES SUIVIS G.O.N.m. (2)	MAILLAGE 1 10 x 13 km (3)	MAILLAGE 2 20 x 26 km (4)	CALVADOS SEUL (5)	TOTAL NORMANDIE (6)
Grèbe huppé					x	x
Grèbe à cou noir						x
Grèbe castagneux			x	x	x	x
Héron cendré					x	x
Blongios nain						x
Butor étoilé						x
Cigogne blanche		x	x	x	x	x
Cygne tuberculé				x	x	x
Canard colvert	x	x	x	x	x	x
Sarcelle d'hiver			x	x	x	x
Canard chipeau						x
Canard pilet						x
Sarcelle d'été					x	x
Canard souchet			x	x	x	x
Fuligule morillon				x	x	x
Fuligule milouin					x	x
Buse variable	x	x	x	x	x	x
Epervier d'Europe	x	x	x	x	x	x
Autour des palombes						x
Bondrée apivore			x	x	x	x
Busard des roseaux					x	x
Busard St Martin					x	x
Busard cendré						x
Faucon hobereau		x		x	x	x
Faucon crécerelle		x	x	x	x	x
Perdrix grise	x	?	x	x	x	x
Perdrix rouge	x					x
Faisan de chasse		?			x	x
Grue cendrée						x
Caille des blés	x			x	x	x
Râle d'eau				x	x	x
Marouette ponctuée						x
Râle des genêts		x (1980)			x	x
Poule d'eau	x	x	x	x	x	x
Foulque macroule			x	x	x	x
Vanneau huppé	x	x	x	x	x	x
Petit gravelot	x			x	x	x

Bécassine des marais						x
Bécasse des bois						x
Courlis cendré						x

TABLEAU COMPARATIF DE L'AVIFAUNE NICHEUSE NORMANDE

			ATLAS DES OISEAUX NICHEURS NORMANDS			
ESPÈCES	SITES SUIVIS O.N.C. (1)	SITES SUIVIS G.O.N.m. (2)	MAILLAGE 1 10 x 13 km (3)	MAILLAGE 2 20 x 26 km (4)	CALVADOS SEUL (5)	TOTAL NORMANDIE (6)
Barge à queue noire						x
Chevalier gambette						x
Combattant						x
Echasse blanche						x
Avocette				x	x	x
Dedicnème criard					x	x
Goéland marin				x	x	x
Goéland argenté				x	x	x
Mouette rieuse						x
Pigeon colombin		x		x	x	x
Pigeon ramier	x	x	x	x	x	x
Tourterelle des bois	x	x	x	x	x	x
Tourterelle turque	x		x	x	x	x
Coucou gris	x	x	x	x	x	x
Hibou Moyen-Duc	x			x	x	x
Chouette chevêche	x		x	x	x	x
Chouette hulotte			x	x	x	x
Chouette effraie	x	x	x	x	x	x
Engoulevent d'Europe			x	x	x	x
Martinet noir	x		x	x	x	x
Martin pêcheur	x			x	x	x
Huppe fasciée			x	x	x	x
Pic vert	x		x	x	x	x
Pic cendré					x	x
Pic noir					x	x
Pic épeiche	x	x	x	x	x	x
Pic mar				x	x	x
Pic épeichette		x	x	x	x	x
Torcol fourmilier					x	x
Cochevis huppé				x	x	x
Alouette lulu						x
Alouette des champs	x	x	x	x	x	x
Hirondelle des rivages				x	x	x
Hirondelle des cheminée	x		x	x	x	x
Hirondelle de fenêtre	x		x	x	x	x
Pipit des arbres		x	x	x	x	x
Pipit farlouse	x	x	x	x	x	x
Bergeronnette flavéole	x	x	x	x	x	x
Bergeronnette printanière	x	?	x	x	x	x

TABLEAU COMPARATIF DE L'AVIFAUNE NICHEUSE NORMANDE

ESPÈCES	SITES SUIVIS O.N.C. (1)	SITES SUIVIS G.O.N.m. (2)	ATLAS DES OISEAUX NICHEURS NORMANDS			
			MAILLAGE 1 10 x 13 km (3)	MAILLAGE 2 20 x 26 km (4)	CALVADOS SEUL (5)	TOTAL NORMANDIE (6)
Bergeronnette grise	x	x	x	x	x	x
Bergeronnette des ruisseaux					x	x
Pie grièche écorcheur	x	x	x	x	x	x
Pie grièche grise					x	x
Troglodyte mignon	x	x	x	x	x	x
Accenteur mouchet	x	x	x	x	x	x
Traquet tarier	x	x	x	x	x	x
Traquet patre	x	x	x	x	x	x
Rougequeue noir			x	x	x	x
Rougequeue à front blanc			x	x	x	x
Rougegorge	x	x	x	x	x	x
Rossignol philomèle	x		x	x	x	x
Merle noir	x	x	x	x	x	x
Grive musicienne	x	x	x	x	x	x
Grive draine	x		x	x	x	x
Bouscarle de Cetti			x	x	x	x
Locustelle luscinioide				x	x	x
Locustelle tachetée	x	x	x	x	x	x
Phragmite des joncs	x	x	x	x	x	x
Rousserolle verderolle	x	x	x	x	x	x
Rousserolle effarvatte	x	x	x	x	x	x
Hypolaïs polyglotte	x	x	x	x	x	x
Fauvette des jardins	x	x	x	x	x	x
Fauvette à tête noire	x	x	x	x	x	x
Fauvette babillarde	x	x	x	x	x	x
Fauvette grisette	x	x	x	x	x	x
Fauvette pitchou					x	x
Pouillot fitis		x	x	x	x	x
Pouillot véloce	x	x	x	x	x	x
Pouillot de Bonelli						x
Pouillot siffleur			x	x	x	x
Roitelet huppé			x	x	x	x
Roitelet triple-bandeau					x	x
Gobemouche gris			x	x	x	x
Mésange à moustaches						x
Mésange à longue queue	x		x	x	x	x
Mésange nonnette		x	x	x	x	x

TABLEAU COMPARATIF DE L'AVIFAUNE NICHEUSE NORMANDE

			ATLAS DES OISEAUX NICHEURS NORMANDS			
ESPÈCES	SITES SUIVIS O.N.C. (1)	SITES SUIVIS G.O.N.m. (2)	MAILLAGE 1 10 x 13 km (3)	MAILLAGE 2 20 x 26 km (4)	CALVADOS SEUL (5)	TOTAL NORMANDIE (6)
Mésange boréale						x
Mésange huppée			x	x	x	x
Mésange noire				x	x	x
Mésange bleue	x	x	x	x	x	x
Mésange charbonnière	x	x	x	x	x	x
Sitelle torchepot			x	x	x	x
Grimpereau des bois						x
Grimpereau des jardins		x	x	x	x	x
Bruant proyer	x		x	x	x	x
Bruant jaune	x	x	x	x	x	x
Bruant zizi		x	x	x	x	x
Bruant des roseaux	x	x	x	x	x	x
Pinson des arbres	x		x	x	x	x
Verdier d'Europe	x		x	x	x	x
Chardonneret	x		x	x	x	x
Linotte mélodieuse	x	x	x	x	x	x
Bizerin flammé						x
Serin cini			x	x	x	x
Bouvreuil pivoine	x	x	x	x	x	x
Gros-bec cassenoyaux				x	x	x
Moineau domestique	x	x	x	x	x	x
Moineau friquet			x	x	x	x
Etourneau sansonnet	x	x	x	x	x	x
Loriot d'Europe		x	x	x	x	x
Geai des chênes	x		x	x	x	x
Pie bavarde	x	x	x	x	x	x
Choucas des tours		x	x	x	x	x
Corbeau freux		x	x	x	x	x
Corneille noire	x	x	x	x	x	x
TOTAL	63	59	89	104	120	145

) : Commune de Goustranville : 4 sites (total : 127 ha), année 1996 (O.N.C.).

2) : Marais de la Dive. Zones 3 et 4 *in* « Les marais de la Dive, bois du Bavent, bois du Val Richer (Calvados), étude avifaunistique ». G. DEBOUT (1995). Groupe ornithologique normand, 25 pp.
N.B. : Données collectées de 1972 à 1994. Surface non indiquée.

3) : Sources « Atlas des oiseaux nicheurs de Normandie et des Iles Anglo-Normandes ». Le Cormoran, 7 : 247 pages. G.O.Nm 1989.
Maillage 10 x 13 km.

4) : Sources idem. Maillage 20 x 26 km.

) : Sources idem. Total département du Calvados.

) : Sources idem. Total Normandie.

N.B. : . Pour les colonnes (4) à (6), les espèces nicheuses strictement maritimes (22 espèces) n'ont pas été mentionnées dans la liste.

. Pour les colonnes (3) à (6), seules les espèces mentionnées comme nicheuses probables et certaines ont été prises en compte.

. Pour la colonne (1) la liste comprend 58 espèces nicheuses dans les sites suivis, plus 5 espèces nicheuses aux environs immédiats.

VII - INVENTAIRE DE L'AVIFAUNE HIVERNANTE GOUSTRANVILLE (CALVADOS) - 15 et 16 JANVIER 1997

A. MÉTHODOLOGIE

Lorsqu'il s'agit d'espèces particulières ou de groupes d'espèces inféodées à un milieu particulier (anatidés, Laro-limicoles, Cormorans ...) les recensements hivernaux nécessitent une méthodologie spécifique permettant une approche qualitative et quantitative optimum (recensements sur remise diurne, reposoir, dortoir ...).

Dans le cas présent, et s'agissant de recenser l'ensemble de l'avifaune présente de jour sur chacun des sites d'étude, nous n'avons pas trouvé dans la littérature de méthodologie type déjà expérimentée dans un tel contexte.

Aussi, pour obtenir l'approche qualitative et quantitative souhaitée, nous avons adopté une méthodologie proche de celle employée pour l'inventaire des oiseaux nicheurs au printemps 1996 sur les mêmes sites.

Cette méthode consiste à parcourir à pied la totalité de chaque site en ne laissant aucun espace supérieur à 200 m entre les passages et en prospectant systématiquement les bordures de chaque parcelle (haie, clôture, fossé ...). Une halte de 1 à 2 minutes est observée tous les 150 ou 200 mètres. Tous les contacts (espèce et nombre d'individus) sont reportés sur un plan du site. Les oiseaux observés en vol au-dessus du site font l'objet d'un relevé dissocié.

Alors que l'inventaire de l'avifaune nicheuse était basé essentiellement sur l'écoute des chants des individus cantonnés, celui concernant l'avifaune hivernante a pris en compte surtout les contacts visuels et accessoirement les cris. Il est donc possible que les résultats quantitatifs obtenus soient sous-estimés pour quelques espèces discrètes (Accenteur mouchet, Troglodyte, Rougegorge). Les résultats qualitatifs sont quant à eux probablement exhaustifs ou très proches de l'exhaustivité.

II. RÉSULTATS

Les résultats chiffrés sont présentés en valeurs absolues dans les tableaux en annexe. Pour chaque site, la première colonne indique le total du nombre d'individus de chaque espèce, la seconde le nombre de contacts obtenus pour chacune.

Avant de commenter ces résultats, il est important de préciser que cet inventaire a eu lieu dans des conditions météorologiques particulières. De fin-décembre à la mi-janvier une vague de froid marquée a sévi sur la France avec des températures minimales descendant en-deça de -10° dans l'ouest du pays. Lors de l'inventaire des 15 et 16 janvier, un lent radoucissement s'amorçait mais les minima sont toujours restés négatifs (-2° à -3°) et le sol était toujours gelé en profondeur. Un dégel superficiel était néanmoins manifeste en milieu de journée.

Les résultats obtenus dans ces conditions sont à l'évidence sensiblement différents de ceux attendus lors d'un hiver « normal ». Ainsi, des espèces habituellement hivernantes n'ont pas été contactées (Bécassine des marais, Bergeronnette grise, Pouillot véloce) et d'autres ont été notées en quantité anormalement faible (Vanneau huppé, Pipit farlouse, Troglodyte, Accenteur mouchet, Rougegorge, Grives sp., Bruant jaune).

On peut également relever la quasi-absence des limicoles et des anatidés susceptibles d'être observés sur les zones en marais et sur les mares de gabions, ces dernières étant entièrement gelées et la chasse (ré-?) ouverte.

Les espèces les plus communément rencontrées sont celles traditionnellement abondantes en milieu bocager. C'est le cas ici plus particulièrement du Merle noir, du Pinson des arbres et de l'Etourneau sansonnet.

Présente sur les quatre sites, l'Alouette des champs montre des effectifs relativement modestes compte tenu de l'importance des milieux favorables. Seul le site 2, où une parcelle a fait l'objet d'un épandage récent de fumier, attire un groupe de 65 individus. Cet épandage explique aussi la présence notable de laridés et de columbidés dont trois Pigeons colombins.

Globablement, la liste des oiseaux rencontrés contient assez peu d'espèces originales. On relèvera néanmoins la présence des Pinsons du Nord et des Tarins des aulnes, sans doute en relation avec la vague de froid, celle du Pigeon colombin et surtout celle d'une Pie-grièche grise (site 3A) hivernant rare en Normandie. Un individu de cette espèce (le même ?) avait déjà été observé sur le site 1A le 18 juillet 1996 (R.M. LAFONTAINE).

III.CONCLUSION

L'inventaire réalisé à la mi-janvier 1997 a permis de recenser 44 espèces pour l'ensemble des sites suivis, plus 8 autres observés seulement en déplacement. La plupart sont des espèces habituellement rencontrées en hiver en milieu bocager.

Les espèces inféodées aux milieux humides et celles s'alimentant principalement au sol sont peu abondantes ou faiblement représentées. Les facteurs limitant leur présence paraissent essentiellement d'ordre météorologique et cynégétique. Il n'y a donc pas lieu ici de proposer des modalités de gestion particulières si ce n'est, bien sûr, la conservation intégrale du maillage de haies existant, absolument essentiel à l'abondance et à la diversité de l'avifaune.

A l'exception du Pigeon colombin et de la Pie-grièche grise, peu d'espèces remarquables ont été notées.

RECENSEMENT AVIFAUNE HIVERNANTE

GOUSTRANVILLE (CALVADOS) - 15 et 16 janvier 1997

ESPÈCES EN STATIONNEMENT (I)

	SITE 1		SITE 2		SITE 3		SITE 4	
ESPÈCES	Nombre d'individus	Nombre de contacts	Nombre d'individus	Nombre de contacts	Nombre d'individus	Nombre de contacts	Nombre d'individus	Nombre de contacts
Héron cendré	3	2			2	1		
Fuligule milouin *	1	1						
Epervier d'Europe					1	1		
Buse variable			2	2	2	1	2	1
Busard St Martin	2	2						
Faucon crécerelle	3	3	2	2	5	5	1	1
Râle d'eau	1	1						
Poule d'eau	11	4	4	2				
Mouette rieuse	2	1	105	1				
Goéland cendré			27	1				
Pigeon ramier			42	1	40	4		
Pigeon colombin			3	1				
Tourterelle turque			12	1			2	1
Hibou Moyen-Duc **			x	2				
Martin-pêcheur	1	1						
Pic épeiche					2	2		
Alouette des champs	10	3	76	3	4	3	5	4
Pipit farlouse	2	1			1	1		
Pipit spioncelle	5	2						
Pie-grièche grise					1	1		
Accenteur mouchet	1	1	1	1	2	2		
Rougegorge	1	1	2	2				
Merle noir	6	4	24	16	22	21	4	3
Grive litorne			1	1	4	1		
Grive mauvis	7	2			1	1		
Grive musicienne	4	2			1	1		
Grive draine	1	1	3	2	1	1		
Mésange charbonnière	2	1	4	4	4	3		

RECENSEMENT AVIFAUNE HIVERNANTE GOUSTRANVILLE (CALVADOS) - 15 et 16 janvier 1997

ESPÈCES EN STATIONNEMENT (I) * Tué mare de hutte site 1C ** Pelotes fraîches

ESPÈCES	SITE 1		SITE 2		SITE 3		SITE 4	
	Nombre d'individus	Nombre de contacts	Nombre d'individus	Nombre de contacts	Nombre d'individus	Nombre de contacts	Nombre d'individus	Nombre de contacts
Mésange bleue	2	1	2	1	2	2		
Grimpereau des jardins					1	1		
Troglodyte	2	2			1	1		
Bruant jaune	5	2						
Bruant des roseaux	5	2			1	1		
Pinson des arbres	21	10	45	9	11	6	2	2
Pinson du Nord	1	1						
Chardonneret	9	2			4	2		
Bouvreuil			3	2	4	3		
Verdier	28	1			4	3	2	2
Linotte mélodieuse	3	2			3	2		
Moineau domestique	26	4	152	6	12	3	18	1
Etourneau sansonnet	53	4	23	3	17	3	1	1
Geai des chênes					1	1		
Pie bavarde	3	3	7	4	5	4		
Corneille noire	2	1	4	2	8	5	4	2

RECENSEMENT AVIFAUNE HIVERNANTE GOUSTRANVILLE (CALVADOS) - 15 et 16 janvier 1997

ESPÈCES EN DÉPLACEMENT (II)

ESPÈCES	SITE 1		SITE 2		SITE 3		SITE 4	
	Nombre d'individus	Nombre de contacts	Nombre d'individus	Nombre de contacts	Nombre d'individus	Nombre de contacts	Nombre d'individus	Nombre de contacts
Grand cormoran	15	6			1	1	1	1
Colvert			2	1				
Pluvier doré	1	1			3	1		
Vanneau huppé	33	6			1	1	5	2
Courlis cendré	13	1						
Goéland argenté	3	2	1	1			1	1
Goéland brun	1	1			1	1		
Mouette rieuse	28	11			48	9		
Pigeon ramier					129	9		
Alouette des champs					18	3		
Merle noir	2	1						
Grive litorne	8	1	5	3	19	5		
Pinson des arbres	1	1						
Pinson du Nord					1	1		
Tarin des Aulnes	6	1			40	1		
Etourneau sansonnet	252	12	80	4	109	11	1	1
Corneille noire	1	1						

VIII - Les odonates, outils performants pour l'évaluation biologique?

A- Quelques caractéristiques des odonates.

Sur les 5000 espèces d'odonates vivant dans le monde, environ 115 se rencontrent en Europe, dont 90 en France. Ces espèces sont divisées en deux grands groupes (voir dessins): les zygoptères (ou demoiselles avec environ 40 espèces européennes) et les anisoptères (ou libellules au sens strict avec environ 75 espèces). D'une manière générale les anisoptères sont de bons voiliers tandis que les zygoptères ont un vol moins puissant. Les demoiselles ont quatre ailes semblables et sont graciles. Leurs larves ont une forme générale très allongée, les appendices anaux (servant à la respiration) sont constitués de trois lamelles ou branchies anales. Les libellules ou anisoptères sont des espèces plus grosses. Elles ont deux paires d'ailes bien différentes. Leurs larves est plutôt courte et élargie, les appendices anaux sont au nombre de cinq.

Les odonates sont des insectes remarquables par bien des aspects. Ce sont des prédateurs généralistes, aussi bien aux stades larvaires qu'au stade adulte, ils sont donc situées à un niveau élevé des chaînes trophiques. Ils passent une partie très importante de leur cycle évolutif dans le milieu aquatique et sont par ce fait particulièrement sensibles à toutes altérations de celui-ci, et cela aussi bien de manière directe qu'indirecte, via les variations d'abondance de leurs proies.

Les odonates sont des insectes à métamorphose incomplète. Ils subissent un certain nombre de mue (9 à 16 suivant les espèces) avant d'atteindre la forme adulte. Leur cycle évolutif inclut un stade d'oeuf, plusieurs stades larvaires et un stade adulte mais pas de pupes. Toutes les espèces européennes ont des larves aquatiques (appelées nymphes ou naïades) et les femelles déposent leurs oeufs directement dans l'eau ou les insèrent dans la végétation croissant dans ou à côté de l'eau. Certains odonates ont des exigences très précises quant aux espèces de plantes dans lesquelles ils vont pondre leur oeufs.

L'éclosion des oeufs se produit généralement deux à quatre semaines après la ponte, sauf si il y a diapause. La diapause est un état de développement suspendu, due à des changements physiologiques, elle peut retarder l'éclosion de plusieurs mois. Ainsi chez nous les oeufs d'Aeschnides et de Lestes passent l'hiver en diapause. La diapause des oeufs est le moyen trouvé par ces insectes pour adapter leur cycle de vie aux changements environnementaux dûs aux saisons et particulièrement pour passer l'hiver, avec ses températures trop basses pour se nourrir et se développer de manière satisfaisante. La diapause est levée lorsque après une période de froid prolongée la température s'élève suffisamment au printemps. Chez d'autres espèces, l'hiver peut être passé à d'autres stades de développement mais jamais, du moins sous nos latitudes, aux premiers stades larvaires qui sont particulièrement sensibles au froid. Plusieurs espèces passent l'hiver au stade de grandes larves et les Sympecma, exceptionnel en cela, au stade adulte.

Après l'éclosion, les larves rejoignent le milieu aquatique, elles y respirent. L'oxygène utilisé par les larves provient de l'eau dans laquelle elles vivent. Si la quantité d'oxygène dissous diminue elles peuvent se déplacer vers la surface et les grosses espèces peuvent même survivre quelques jours à l'air libre, pour autant que l'environnement soit humide. Les odonates passent par plusieurs stades larvaires (7 à 14 suivant les espèces et les conditions). La principale différence entre ces stades est la taille croissante des individus. Les larves d'odonates, comme les adultes, sont carnivores et se nourrissent d'une grande diversité de proies. Elles ne sont pas très sélectives et chassent tout ce qui a une taille convenable. La taille de la proie étant directement proportionnelle à la taille du prédateur, la coexistence de plusieurs espèces de même taille dans une même pièce d'eau est possible soit si les individus d'espèces différentes occupent des territoires et s'excluent l'un l'autre soit si les stades larvaires des espèces proches sont décalés dans le temps et les individus se répartissent leur nourriture en fonction de leur taille. Les deux situations ont été observées. Si les larves sont de redoutables prédateurs, elles

servent également de proies, en particulier pour les poissons mais aussi pour d'autres espèces de vertébrés et d'insectes.

Au cours de leur vie larvaire les larves doivent atteindre une certaine taille. Le taux de croissance est fonction de la température et de la quantité de nourriture disponible. Le développement des larves peut varier suivant la latitude, une espèce qui prend un an pour se développer dans le sud de l'Europe pourra mettre trois ans à des latitudes plus élevées. La vie larvaire moyenne en Europe de l'ouest pour des Zygoptères est de un-deux ans (parfois trois ans pour Pyrrhosoma, parfois moins de trois mois pour les Lestes) et de deux-trois pour la majorité des Anisoptères, avec cependant ici aussi de fortes variations. Au dernier stade, peu avant l'émergence de l'adulte ,la larve commence à changer d'aspect et de comportement. Les yeux s'assombrissent, le thorax s'arque et les fourreaux alaires s'assouplissent. L'individu fréquente des eaux moins profondes, s'approchant des rives et de la végétation émergente. Il cesse de se nourrir et son activité respiratoire augmente. La larve en voie de métamorphose quitte alors le milieu aquatique, en grimpant sur le rivage ou sur un végétal. La plupart des individus émergent à proximité de l'eau. L'émergence se fait en général deux à trois heures après que la larve ait quitté l'eau. La plupart des émergences se font de jours et de manière simultanée. La période de l'émergence est une période particulièrement sensible dans la vie des odonates. Elles sont alors très vulnérables aux prédateurs (oiseaux surtout), aux facteurs climatiques et à des accidents de croissance. Les individus néonates sont mous et ne peuvent s'envoler directement, car leurs téguments doivent durcir et leurs ailes se gonfler.

Le néonate n'est pas encore sexuellement mâture, sa cuticule reste molle et les couleurs des adultes absentes. Dès que ses ailes sont suffisamment déployées et dures il s'éloigne de l'eau. Cet éloignement entraîne une dispersion des individus qui diminue les risques de prédation mais a pour autre fonction importante d'écarter les femelles immatures de la sphère des mâles sexuellement actifs et d'ainsi leur permettre de se nourrir et de se développer sans harassement. La période de maturation est variable, elle dure quelques jours (souvent une quinzaine de jours mais quelques semaines pour certains Anisoptères et Lestes). Elle tend à être plus longue chez les anisoptères que chez les zygoptères et légèrement plus rapide chez les mâles que chez les femelles. Une fois cette phase terminée les individus sont sexuellement mâtures et retournent vers les plans d'eau pour se reproduire.

Les odonates adultes sont territoriales, tout particulièrement les mâles. Les mâles visitent plusieurs fois par jours leur territoire partageant leur journée en période de nourrissage et en comportement territorial. Si l'animal qui pénètre dans son territoire est une femelle de son espèce, il tentera de s'accoupler. Sinon il chassera tous les intrus (y compris d'autres espèces) pénétrant dans son territoire. La taille du territoire défendu varie approximativement avec la taille de l'espèce. La notion de territoire est transitoire et varie énormément dans le temps et suivant les espèces. Cela nous en rend la perception parfois très difficile.

La reproduction des odonates demanderait un chapitre en elle-même mais nous ne la développerons pas ici. Le nourrissage prend énormément du temps d'une libellule adulte. Comme les larves, les adultes sont des carnivores généralistes qui se nourrissent de proies proportionnelles à leur taille. Lors du nourrissage les adultes ne sont pas territoriaux et peuvent alors s'assembler en grandes troupes. Certaines espèces chassent au vol, d'autres à partir d'un perchoir (espèces chassant à l'affût).

Les insectes n'ont pas une température corporelle constante et la température ambiante est un facteur critique dans leur vie. Lorsque la température est basse le métabolisme des muscles est retardé et l'insecte incapable de voler. Certains grands insectes, notamment les odonates, sont capables de générer une chaleur corporelle par tremblement de leurs muscles

alaires. C'est ce qu'il font lorsque les températures extérieures sont froides, mais néanmoins supérieures à un certain seuil. Les espèces chassant au vol sont moins dépendantes de la température ambiante que celles chassant à l'affût. Les petites espèces chassant à l'affût sont incapables de commencer à trembler, et donc de voler, tant que la température thoracique n'a pas atteint au moins les 19° Celsius. C'est pourquoi on rencontre plus d'espèces chassant au vol dans les régions froides que d'espèces chassant à l'affût. Si les basses températures sont généralement le facteur climatique limitant en région tempérée, les températures élevées des régions chaudes ont également un impact. Un odonate en vol court le risque de surchauffe si il n'est pas capable de dissiper sa chaleur interne produite par son activité musculaire. Dans les régions chaudes le ratio entre le nombre d'espèces chassant au vol et celles chassant à l'affût s'inverse. Les espèces volantes chassent plus volontiers à l'ombre des forêts, au crépuscule ou en soirée. Les espèces chassant à l'affût adaptent la durée de leur période de repos aux températures ambiantes. Cette durée est longue lorsqu'il fait froid, courte aux températures intermédiaires et longue à nouveau pour les températures les plus fortes.

Les odonates ont une durée de vie adulte relativement longue (jusqu'à 50 jours pour *Ischnura elegans*) mais beaucoup d'individus meurent avant termes et les individus ont une espérance moyenne de vie courte (7 jours pour *Pyrrhosoma*, 15 jours pour *Anax*). Les principales causes de mortalité à ce stade sont la prédation, les disputes territoriales mais aussi les maladies et infections parasitaires.

La recherche de nouveaux sites de reproduction est une autre activité dévolue au stade adulte. Cette recherche est rendue nécessaire chez toutes les espèces car aucun habitat ne reste inchangé: les rivières s'envasent, les mares s'assèchent, la végétation aquatique et rivulaire, dont dépendent la plupart des espèces à un moment ou un autre, évolue de manière successive. La dispersion est d'autant plus fréquente que les espèces occupent des milieux plus temporaires. Ainsi, les espèces qui s'engagent dans des migrations de masse sont plutôt des espèces qui se reproduisent dans des petites mares que des espèces de rivières.

Si tous les individus quittent leur lieu de reproduction, la plupart ne le font que pour leur période de maturation et reviennent à leur lieu de naissance. Cependant certaines femelles fécondées et certains mâles sans territoire vont chercher ailleurs de nouveaux sites de reproduction. La colonisation rapide des nouvelles mares et lacs artificiels témoigne de cette faculté. Seule une faible proportion des individus de la plupart des espèces est impliquée dans cette recherche.

Des mouvements de masse sur de longues distances sont aussi observés. Dans ce cas, il s'agit en majorité d'individus sexuellement immature. De telles migrations seraient équivalent à des vols de maturation étendus. Parmi nos espèces européennes la libellule à quatre taches, *Libellula quadrimaculata*, l'aeschne mixte, *Aeschna mixta* et plusieurs sympétrums entreprennent ce type de déplacement. Ces mouvements s'orientent vers le sud en automne et vers le nord au printemps sans pour autant que les individus impliqués ne soient les mêmes.

B- Surveillance par bioindicateurs, principes généraux.

La surveillance par bioindicateurs consiste à vérifier de manière reproductible dans le temps la présence et/ou d'évaluer l'abondance des espèces indicatrices sur chacun des sites échantillonnés, puis à calculer les valeurs de ces sites sur base des informations récoltées. Ces valeurs sont obtenues en effectuant la somme des cotes de vulnérabilité des espèces répertoriées sur les sites considérés, éventuellement pondérées par l'abondance locale des espèces. Les valeurs sont ensuite comparées, au moyen d'indices appropriés, pour chaque site.

Les groupes choisis doivent être vulnérables aux altérations d'habitat, faciles à observer et à identifier sur le terrain pendant une période de temps suffisamment prévisible pour que l'établissement de listes significatives soit possible. Il est aussi souhaitable que les organismes retenus fassent l'objet d'un large intérêt de la part de nombreux "amateurs". Ceci afin que le niveau de nos connaissances sur ces groupes soit le plus élevé possible, c'est à dire que des inventaires géographiques détaillés existent et que l'évolution des espèces soit connue, et qu'ainsi les comparaisons se fassent sur des bases solides.

De plus pour une surveillance globale, les groupes doivent, par leur complémentarité, couvrir suffisamment l'ensemble des facettes de l'environnement. On peut cependant ne sélectionner qu'un seul groupe d'espèces si la surveillance ne concerne qu'un habitat particulier. Pour les milieux d'eaux stagnantes et courantes les odonates sont, par leurs caractéristiques biologiques, le groupe le plus adéquat.

C- Les odonates, instruments de mesure performants pour les milieux aquatiques.

Les odonates ou libelllules au sens large représentent un élément important de l'écosystème des milieux aquatiques. Comme prédateurs, ils jouent un rôle majeur dans la régulation d'une partie de la faune de ces biotopes, comme proies ils contribuent au maintien et au développement d'autres espèces animales. Ils ont un cycle de vie qui les rend très dépendantes de la qualité de l'eau, en particulier lors de leurs stades larvaires qui se passent entièrement dans l'eau. Elles s'y nourrissent, y respirent et cela parfois durant plusieurs années, en tout cas plusieurs mois. Si un "accident" se produit au cours de cette longue période, la survie des individus n'est plus assurée et l'espèce disparaît du plan d'eau. Les odonates sont donc de "bons intégrateurs de qualité" des milieux humides. Ils sont également dans ce sens de bons indicateurs et leur présence est un indice sûr de la richesse faunique des eaux douces. Toutes les espèces de libellules n'ont cependant pas le même niveau d'exigences de "qualité". Ce qui nous permet d'évaluer la valeur d'un site en fonction de l'éventail des espèces présentes.

Contrairement aux stades larvaires, le stade adulte se passe à l'air libre, ce qui nous permet de les observer facilement. Les espèces ne sont pas trop nombreuses et sont relativement aisées à identifier, même en vol. De plus, beaucoup d'individus restent à proximité du lieu de naissance et reviennent s'y reproduire. L'observation à un moment donné de la population d'adultes volant sur un étang, un cours d'eau, permet d'appréhender de manière satisfaisante l'ensemble des espèces qui s'y reproduisent. Si une valeur est donnée à chacune des espèces présentes on peut alors établir la valeur du site. Par exemple en décidant que la valeur globale du site est égale à la somme des valeurs individuelles des espèces se reproduisant sur place.

Les caractéristiques bio-éco-éthologiques des libellules entraînent malheureusemnt aussi certaines difficultés méthodologiques pour un suivi de l'environnement, à savoir en particulier: que les individus adultes apparaissent uniquement lors de la bonne saison, par beau temps et pour une période relativement courte (quinze jours à maximum deux mois) et que, quoiqu'un lien étroit avec leur lieu de naissance existe, les individus sont mobiles ce qui fait que l'observation d'un individu en un lieu donné n'est pas la preuve absolue de sa reproduction locale.

Les observations nécessitent un certain niveau d'interprétation. Une expertise est donc indispensable pour analyser l'ensemble des données.

D - Relevés de biodiversité sur la ferme Granval (Goustranville Calvados - Normandie)

Analyse méthodologique.

1° Mise au point de la méthode de mesure utilisée: Importance de l'observateur.

Une comparaison de fiabilité a été faite entre des collectes de données effectuées par un "expert" (personne ayant de bonnes connaissances des odonates avant le relevé) et par des "observateurs inexpérimentés" (personnes n'ayant pas d'expérience antérieure et très peu de connaissance sur le groupe).

Des comptages simultanés ont été effectués par l'expert et trois observateurs inexpérimentés le long de canaux; le parcours était subdivisé en six portions de 100m chacune; l'expert identifiait, notait les espèces observées et comptait les individus, les observateurs inexpérimentés notaient les différentes "espèces", leurs donnaient un nom (petite bleue, grande verte, etc...) et les comptaient.

Contrairement à ce qu'on attendait a priori, les observateurs inexpérimentés notent autant ou plus d'"espèces" que l'expert lorsqu'il y a peu d'espèces sur le site. En effet les observateurs inexpérimentés identifient régulièrement comme espèce autre des individus d'une même espèce mais de sexe ou d'age différent. Cela est particulièrement fréquent avec une espèce très variable comme l'Agrion élégant, *Ischnura elegans*. Ces "erreurs" sont faciles à détecter et à corriger lorsque peu d'espèces sont présentes sur le site. Lorsque ce nombre croît, les observateurs inexpérimentés sous-estiment de façon croissante le nombre d'espèces et leurs comptages ne permettent plus une évaluation fiable de la valeur des sites prospectés. Ces observations montrent que l'utilisation des odonates dans l'évaluation d'un site doit être réservée aux deux situations suivantes: soit un expert est disponible et peut assurer le suivi, soit le site abrite un petit nombre d'espèces et l'observation des odonates est associée à d'autres moyens d'évaluation.

2° Méthodologie adoptée lors des relevés de la Ferme Granval à Goustranville -Calvados

Les relevés odonatologiques ont été effectués lors d'une prospection systématique des différents plans d'eau présents sur les sites. Les odonates adultes sont identifiés à la vue, parfois à distance à l'aide de jumelles ou dans certains cas en main après capture au filet des individus qui sont ensuite relâchés. Des indices de reproduction locale ont aussi été recherchés. Les odonates au stade adulte sont des insectes saisonniers, sensibles à l'ensoleillement, au vent et à la température. C'est pourquoi les relevés ont été effectués aux heures les plus chaudes de la journée (entre 11h et 17h) et uniquement des jours de beaux temps. Le choix de la date du relevé est également important, en effet les libellules peuvent être grossièrement classées en deux groupes d'espèces, un groupe d'espèces printanières, dont la période de vol s'étend de (début) mi-mai à mi-juillet et un groupe d'espèces estivales dont la période de vol s'étend de début juillet à mi(fin)-septembre. C'est pourquoi nos comptages se sont fait à la mi-juillet, afin de couvrir l'éventail le plus large possible d'espèces. Un inventaire qui se serait déroulé sur deux ou trois dates réparties tout au long de la saison eut été préférable mais n'a pas été possible.

L'évaluation de la valeur odonatologique de la ferme de Goustranville s'est faite lors de relevés qui ont eu lieu les 11 et 12 juillet 1995 et 15 et 16 juillet 1996, sur trois parcelles correspondant aux sites-cibles de Rosières-marais, des Hogues et du Grand Marais (voir carte annexée).

Dix-sept espèces ont été observées au total au cours de ces relevés dont 4 espèces nouvelles pour le département (*Platycnemis acutipennis*, *Erythroma viridulum*, *Anax parthenope* et *Crocothemis erythraea*). Ce total élevé indique que les dates choisies pour les relevés étaient bien adaptées et confirme l'efficacité de la méthode.

La valeur biologique d'un site peut être estimée de diverses manières. Elle a été définie ici comme étant égale à **A** = Z V.ni/N, c'est à dire à la somme de la valeur pour la conservation (= cote de vulnérabilité, dont la valeur a été établie au niveau de l'Union Européenne, basé sur I.R.Sc.N.B. 1993) de chacune des espèces présentes sur le site, divisée par le nombre d'espèces connues dans la région (Département du Calvados dans notre cas). La valeur N (nombre total d'espèces connues dans le département) est extraite de l'Atlas préliminaire des odonates de France, Etat d'avancement au 31/12/93, publié par le Muséum d'Histoire Naturelle, Secrétariat de la Faune et de la Flore de Paris. La prise en compte de la richesse régionale dans l'évaluation permet d'établir des comparaisons avec des sites situés dans d'autres zones géographiques et qui ont une faune différente.

Pour ne pas tenir compte des espèces accidentelles, seule les espèces pour lesquelles des indices de reproduction ont été observés au moins une des deux années du suivi sont retenues dans l'évaluation. Certaines espèces rencontrées sur les sites ne se reproduisent probablement pas sur ceux-ci et ne contribuent ainsi pas à la "valeur" du site.

La valeur biologique d'un site peut aussi être estimée à partir de la valeur moyenne pour la conservation des espèces présentes **B:** Z Vspi / n sur le site. Ces deux valeurs ont été calculées pour les sites visités.

3° Résultats

Au total, lors des relevés de juillet 1995 et de juillet 1996, 17 espèces ont été observées sur les 29 connues dans le Calvados, soit 59% de l'odonatofaune du département. La liste des taxons identifiés et leur répartition par sites figurent au tableau 1.

Tableau 1

ESPECES	Rosières-marais			Les Hogues			Grand Marais			Canaux	
	SITE1_95	SITE1_96	**SITE1TOT**	SITE2_95	SITE2_96	**SITE2TOT**	SITE3_95	SITE3_96	**SITE3TOT**	SITE4_95	**SITE4TOT**
Calopteryx splendens	50	40	**16**	*1*	*1*	***16***	1		**16**		
Chalcolestes viridis	2	1	**8**	2		**8**	6	5	**8**		
Platycnemis acutipennis				2		**10**					
Platycnemis pennipes		10	**10**								
Cercion lindenii	15	20	**15**		*1*	***15***					
Coenagrion pulchellum	50	30	**9**	2		**9**	25	25	**9**	1	**9**
Erythromma viridulum				2	20	**11**					
Ischnura elegans	150	75	**6**	105	25	**6**	260	50	**6**	45	**6**
Aeshna cyanea		1	**9**								
Anax imperator	10	6	**10**	*1*	2	**10**				1	**10**
Anax parthenope	*1*		***10***								
Gomphus pulchellus		1	**14**								
Crocothemis erythraea	2		**9**		8	**9**					
Libellula fulva								1	**14**		
Orthetrum cancellatum	10	7	**7**	2	3	**7**	1	5	**7**		
Sympetrum sanguineum				1	1	**8**	10	40	**8**		
Sympetrum striolatum	4	2	**8**							4	**8**
N=25+4											
SOMMES			**131**			**109**			**68**		**33**
Valeur site			**4,51724**			**3,75862**			**2,34483**		**1,13793**
Val.M esp/site			**10,0769**			**9,90909**			**9,71429**		**8,25**

L'estimation des valeurs biologiques des sites basées sur l'application de la méthode d'évaluation sont pour **A** de 4.17 pour le site Rosières-marais, 2.69 pour le site des Hogues et de 2.35 pour le site du Grand Marais et pour **B** (valeur pour la conservation (= cote de vulnérabilité moyenne) des espèces présentes sur le site) sont respectivement de 10.08, 8.67 et 9.71. Ces données montrent l'importance du site de Rosières-marais pour les deux valeurs mesurées. Elles permettent également de mettre en avant la contribution du site du Grand Marais à la bio-diversité locale. Le site des Hogues a une valeur plus faible dans la situation actuelle. Il s'agit du site sur lequel les aménagements sont en cours. Son évolution attendue devrait l'amener à atteindre des valeurs proches de celles rencontrées sur le site de Rosières-marais.

4° Evaluation des aménagements

Les comparaisons inter-annuelles des sites n'indiquent pas une progression positive de la valeur biologique de ceux-ci. Le site de Rosières-marais a même perdu une partie de sa valeur initiale. La forte sécheresse de cette année est probablement responsable de cette évolution. Sur le site des Hogues, le surcreusement de la mare n'a pas pu être accompagné d'une mise sous-eau continue tout au long de la saison, en raison de problèmes d'envahissement par des algues filamenteuses. Les communautés d'odonates n'ont donc pas pu se mettre en place. Ce site a de même perdu une partie de sa valeur initiale car les canaux de drainages ont été alimentés à l'entre-saison par de l'eau de la Dives (Ph. Granval, comm. pers.) qui n'est pas exempte de pollution.

Parallèlement au suivi des sites une évaluation plus extensive de la valeur des milieux aquatiques du marais a été menée. Des relevés exhaustifs effectués sur certains tronçons de cours d'eau indiquent que la Dives est polluée durant au moins une partie de l'année. Il est donc inadéquat d'utiliser son eau pour réalimenter les mares. Par contre, le Grand Canal et le Petit Canal présentent des eaux de meilleures qualités (présence du Caloptéryx éclatant, *Calopteryx splendens*, espèce rhéophile très exigeante en quantité d'oxygène dissous). Lors de nos relevés l'intérêt remarquable de certains petits canaux de drainages a également été noté. Il s'agit en particulier des canaux inclus dans la zone dite de Rosières-marais et du Grand Marais. Ces drains hébergent une flore remarquable avec notamment le petit nénuphar, *Hydrocharis morsus-ranae*, mais aussi la Sagittaire, *Sagittaria sagittifolia*, et le Souchet jaunâtre, *Cyperus flavescens*.

5° Proposition d'une gestion favorable pour les odonates

Les propositions de gestion suivent les anciennes propositions d'aménagements. Néanmoins et suite aux résultats obtenus lors de l'évaluation de la qualité des eaux de la Dives et des canaux il apparaît que les eaux de la rivière sont polluées pendant une partie de l'année au moins. Il est donc dangereux d'utiliser celle-ci pour la mise en eau des mares. Il nous paraît donc souhaitable de réalimenter de manière préférentielle les mares avec l'eau des canaux qui est en permanence de bonne qualité. Idéalement, cette alimentation se fera une fois par an, pour éviter l'accumulation de sels minéraux et de matières organiques. On augmentera ainsi la valeur biologique des plans d'eau. L'utilisation de l'eau des canaux résoudra aussi, à notre avis, les problèmes de prolifération d'algues filamenteuses et permettra ainsi de maintenir la mare en eau toute l'année. Cette mise en eau toute l'année est indispensable pour que des populations de libellules s'installent. Les mesures de gestion (développement de la végétation d'hélophiles sur une partie du bord des mares au moins, maintien d'un pâturage doux, maintien d'une bande d'un mètre de large non fauchée en bordure des fossés, etc...) préconisées pour le site 1 (a,b,c et d) dans les commentaires sur les recensements avifaunistiques contribueront favorablement à la diversité des odonates.

E- Suivi technique de la création d'un plan d'eau permanent sur la ferme du Calvados.

Un suivi de la qualité des eaux est normalement prévu dans le cadre de la loi sur l'eau. Mais la prolifération d'algues filamenteuses pendant le printemps 1996 dans l'étang ainsi crée nous a obligé à mettre en place un suivi approfondi qui est venu compléter l'étude des peuplements d'Odonates sur les zones humides. Un travail de collaboration a été initié avec la DIREN de Basse Normandie (G. HORN). Le développement de ce type d'algues filamenteuses est normale en création d'étang. L'espèce identifiée est une rhizoclonium sp. C'est une algue caractéristique des eaux stagnantes. Des Chara sp. fixatrices de calcium ont été identifiées. Ces charas sont à surveiller car elles peuvent provoquer une modification de la minéralisation de l'eau. La fixation du calcium a pour conséquence de déminéraliser l'eau qui augmente la libération du phosphore. L'augmentation du phosphore favorise des algues qui n'ont pas besoin d'azote et sont toxiques.

Résultats analyse de l'eau de l'étang crée dans le Calvados (voir également les résultats du labo; SEMA, DIREN Basse Normandie).

	Petit canal	Grand canal	étang Morneau	Eau de la rivière	Etang crée
pH	7,22	7,40	6,71 (Sol)	8,3	10, 6(eau) 8,47 (sol), 8.05
Matières organiques dissoutes					25,8 unité d'absorbance (valeur normale = 6)
Phosphore				Moyenne à forte	
Nitrates en NO3	31 mg/L			50 mg de NO3/l	3,9
Minéralisation				600-630	605
Sodium en NA	15 mg/L				
Oxygène dissous					14,8 Sursaturation

L'eau est riche en matières organiques mais non toxique, le pH très élevé, la richesse en nitrates est faible, les algues ont consommé les nitrates. La solution proposée pour limiter la prolifération des algues filamenteuses :

- mis en assec de l'étang. la date de mise en assec le 12/06/96, complétement vide le 13/06/96. Il a été remis en eau au 14/07/96.
- analyse du sol pour évaluer la teneur en Phosphore et autres éléments lorsque le sol est encore humide 15-30 juin. . Si le sol est riche en Phosphore, procéder à un chaulage dans le but de bloquer le Phosphore.
- enlèvement des algues desséchées (matières organiques), la végétation a été fauchée et enlevée en réalisant par un hersage superficiel lorsque l'étang était complétement sec. La sécheresse de l'été 96 a favorisé cette dessication rapide.
- remise en eau dès la fin des opérations précédentes mi juillet. Les apports en eau par la rivière seront limités au maximum car les eaux sont riches en phosphore et en nitrates. L'idéal en matière d'alimentation en eau est d'obtenir une eau riche en calcium et pauvre en nitrates.

- Suivi de la qualité de l'eau dès la mise en eau et par analyse régulière.
- Observation du redémarrage de la végétation et enlèvement des algues filamenteuses au fur et à mesure de leur apparition. Cette opération a été faite mais nous n'avons pas constaté de prolifération importante d'algues.

Les analyses complémentaires de sol de l'étang et de qualité d'eau provenant de deux canaux d'eau douce nous indiquent :

Le pH du sol de l'étang crée est trop élevé en superficie, il baisse en profondeur de 0.5 unités. Le pH de l'eau de la rivière est également trop élevé. Ces deux pH sont déjà suffisant pour expliquer la prolifération de l'algue filamenteuse. La richesse en phosphore et en nitrates de l'eau de la rivière La Dives augmentent les risques d'eutrophisation.
Un certain nombre de recommandations sont à prendre :
- stopper l'alimentation en eau par la rivière en période de marée (risque d'apports de sel). L'eau du petit canal apparait de bonne qualité.
- creuser l'étang pour abaisser le niveau du pH.
- ne pas renouveller l'eau de l'étang, utiliser l'eau de pluie pour le maintien de l'eau.

Les besoins en eau de qualité des troupeaux pâturant les prairies du marais.

Qualité de l'eau de la Dives mesurée le 19/12/96 (Source DIREN Basse Normandie).

CATIONS		meq/l	mg/l	ANIONS		meq/l	mg/l
062	Calcium	6,23	124,9	071	Carbonates	0	0
063	Magnésium	0,43	5,29	070	Bicarbonates	4,97	303
064	Sodium	0,79	18,1	068	Chlorures	1,10	39
065	Potassium	0,13	5,2	069	Sulfates	1,02	49,2
066	Ammonium	0	0,08	072	Nitrites	0	0,15
				073	Nitrates	0,42	26,3
				074	Phosphates	0,02	0,55
Somme		7,59	153,57	Somme		7,54	418,2
((SA-SC)/(SA+SC)) X 100 = 0,33%							

La dureté, ou titre hydrotinétrique (TH) indique la teneur globale de l'eau en sels de chaux et de magnésie qui rendent l'eau « dure ». Cette indication n'est plus employée, elle s'exprime en degré français.Dans notre cas la dureté serait de l'ordre de **14 degrés.** Pour l'alimentation humaine la teneur en calcium doit - être inférieure à 100 mg/l de Calcium.. Pour les animaux ce sont les chlorures qui peuvent poser problèmes.

Pour chaque animal, une eau idéale (Source Sanitec - Ocene).

	Ovins	Bovins	Chevaux
Bactério	0	0	0
pH	6,5 à 7	7	7
TH (1)	inférieur à 15	10 à 20	inférieur à 15
Nitrates	Inférieur à 30	Inférieur à 50	Inférieur à 30
Fer	0	inférieur à 0,2	Inférieur à 0,2

Conclusion :

Le diagnostic apporté par les odonates confirme la qualité de l'eau des deux canaux mais l'outil odonates est inadapté pour évaluer l'eau de la rivière.

Les solutions proposées pour remédier à la prolifération des algues sont de trois ordres :

- abaisser le niveau du pH de l'étang en creusant une autre partie de l'étang.
- choisir une eau de meilleure qualité soit à la rivière la Dives en pompant en dehors des périodes de marées, soit en s'approvisionnant avec l'eau du petit canal. Cette dernière solution est difficilement envisageable car il faut recourir à 300 m de tuyaux et demander le droit de passage à un voisin.
- réduire les apports d'eau au strict minimum, remplir l'étang et n'ajouter de l'eau que si l'assec se fait sentit ou si la baisse du niveau d'eau est préjudiciable à la faune et à la flore.

La qualité de l'eau des canaux dépende de la qualité du retraitement des eaux effectuées par la vile de Troarn qui rejette ses eaux usées dans le canal Oursin qui se déverse dans les canaux du marais. Les pratiques agricoles appliquées dans le bassin versant peuvent occasionner des variations de la teneur en nitrates, phosphore et produits phytosaniatires. Elles méritent d'être suivies dans le cadre de l'application de la Directive Nitrates.

IX - CONCLUSION GENERALE :

L'étude sur une exploitation a permis de montrer qu'il existe deux voies intéressantes de pratiques agricoles permettant de favoriser la biodiversité : les nouvelles techniques agricoles de production respectant l'environnement (extensification rentable de la culture du blé, agriculture intégrée, réduction du travail du sol) et les pratiques respectant involontairement la biodiversité par exemple le maintien des bordures de parcelles pour éviter les bris de machines. Ces deux pistes de réflexion viennent compléter les techniques classiques connues pour favoriser la biodiversité. L'intérêt majeur de ces voies est de s'autofinancer car elles améliorent ou maintiennent le revenu agricole. Le second intérêt est d'être moins exigeantes en temps. Les simulations font apparaître des gains de temps de l'ordre de 50%. C'est un point important car dans l'esquisse du système de production de la biodiversité, l'exploitant est associé à la mesure de ces performances. En bref, l'application des principes d'agriculture intégrée à des exploitations préalablement très intensives permettent à la foisune certaine amélioration des incidences sur l'environnementet une certaine augmentation de la rentabilité dans les conditions économiques nouvelles (prix plus bas). Il est également possible d'appliquer ces principes à des exploitations peu intensives (c'est le cas de l'exploitation étudiée). Toutefois cela n'exclue en aucun cas une rémunération spécifique de la biodiversité ce qui évidemment apporterait un plus sur le plan économique et biodiversité. La création de plan d'eau permanent entre bien sur dans cette logique et ne peut que s'autofinancer que dans des cas rares.

L'exploitation agricole étudiée et située sur deux entités naturelles différentes : le bocage et le marais, a montré que l'on pouvait être performant tout en maintenant un bon niveau de biodiversité dans les deux zones. La préservation et l'entretien des éléments fixes, d'un parcellaire de taille raisonnable sont déjà efficients pour atteindre cet objectif. Toutefois, l'absence de fertilisation, une fauchaison tardive associé au maintien d'un plan d'eau permanent apporte un plus indéniable en matière de biodiversité qui a pu être quantifier dans la zone retenue comme témoin. La présence en densité importante de pie grièche écorcheur (8% de la popultion normande) est là pour attester de l'efficacité de ces pratiques. La présence d'éléments fixes et de plans d'eau sont réputés pour apporter une biodiversité supplémentaire comme l'a montré le travail conduit en DOMBES (BROYER, 1996).

Les trois groupes indicateurs retenus : les oiseaux, les odonates et les végétaux indiquent tous les mêmes faits. Il semble que les oiseaux et les végétaux sont plus faciles à reconnaître pour un non initié. Il en demeure pas moins qu'un travail important d'identification des espèces les plus facilement reconnaissables soiet à faire (plaquette de vulgarisation, test sur le terrain). Par exemple, la qualité de l'eau est facilement appréciable par la nature des végétaux présents dans les canaux. La présence du petit nénuphar et l'absence d'algues filamenteuses traduisent une eau de bonne qualité. Il peut être recherché des indicateurs biologiques indirects qui traduisent une forte biodiversité comme la présence de vieux arbres ou d'espèces d'oiseaux comme le Bruant proyer...(BROYER, 1996). La présence de la Chouette chevêche sur les abords de l'exploitation est un bon indicateur de la qualité du milieu. Des espèces rares de végétaux ont également été identifiées sur le site. La conduite de la prairie humide inondée pour la chasse arrive à atteindre deux objectifs : la production agricole (pâturage par des bovins) et la production de biodiversité à la fois en termes de présence de végétaux rares et en termes de chasse. L'inondation au premier octobre avec arrêt de l'inondation au 1er mars est un bon compromis pour maintenir un tapis végétal pouvant être pâturé au printemps et en été par les bovins. L'inondation permet l'exercice de la chasse sur un plan d'excellente qualité pour l'alimentation des anatidés et des limicoles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACTA, 1994. Index Phytosanitaire

AGPM, 1994. Le maïs et la réglementation environnement. AGPM Info, 182, 6 p.

ANDA, 1994. Ensemble nous protégeons ce qui est précieux. Plaquette ANDA-FERTIMIEUX.

BARTHELEMY P., LAJOUX P., 1995. Déchaumage Changer ses habitudes. Perspectives Agricoles, 204, 32-35.

BARTHELEMY P., BOISGONTIER D., LAJOUX P., 1994. Non-labour Quels outils « spécifiques » choisir ? Perspectives Agricoles, 194, XVI-XXIII.

BENOIT M., 1994. Risques de pollution des eaux sous prairie et sous culture. Influence des pratiques d'apport d'engrais de ferme. Fourrages, 140, 407-420.

BERNICOT M.H., 1995. Les variétés de blé tendre. Perspectives Agricoles, 202, 49-75.

BERNICOT M.H., LE SOUDER C., 1995. Variétés et itinéraires techniques pour produire des blés de qualité. Fiche « Innover dans ses techniques », Journées portes ouvertes ITCF, Boigneville, 14-15 juin 1995.

BESNARD A., 1994. L'incidence économique des techniques simplifiées. Perspectives Agricoles, 194, XXIV-XXXIII.

BIRKAN, M. et M. JACOB, 1988 La perdrix grise. Ed. HATIER.

BOISGONTIER D., COSTES J.L., 1994. Pourquoi ont-ils opté pour le « non-labour » ? Perspectives Agricoles, 194, III-XI.

BOISGONTIER D., GILLET J.P., 1994. Suppression du labour Possible sous conditions. Perspectives Agricoles, 194, XXXIV-XL.

BOISGONTIER D., RIEU C., RETAUREAU P., 1995. Augmenter la surface travaillée. Perspectives Agricoles, 200, VI-VIII.

BOUCHE M.B., 1984a. Les vers de terre. La recherche, juin 1984, 156, 796-804.

BOUCHE M.B., 1984b. Faune et flore telluriques : leur contribution à la fertilité du sol. C.R. Journées Faune et flore auxiliaires en agriculture, 4-5 mai 1983, Paris. Ed. ACTA : 105- 117.

BOURGEOIS S., 1993. Analyse de terre, outil de diagnostic pour la maîtrise des états physiques et chimiques du milieu. Document de travaux dirigés, première année 1993-94, INA-PG, 46 p.

BOUVIER J.L., DUCANGE M., Pulvérisation : le contrôle, base d'un bon réglage. Fiche « rentabiliser et régler son matériel », Journées portes ouvertes ITCF, Boigneville, 14-15 juin 1995.

BRUN J.C., AUBINEAU J., 1989. La classification cynégétique des haies : une méthode adaptée aux opérations d'aménagement rural. Bulletin mensuel de l'ONC, 135, notes techniques, fiche 54.

CAILLIEZ B., 1991. Engrais verts: rays-grass ou colza fourrager ?. Cultivar, 297, pp. 35-36.

CARRE M.A., 1994. Contre les insectes, comment traiter utile. Cultivar, 369, 34-37.

CHABERT A., E. BRUNEL et Y. BLOT, 1993. Les taupins (Elateridae, Agriotes sp.) : utilisation d'un piège attractif pour la prévision des risques. ANPP. 1-8.

CHAMPAGNE CEREALES, 1994. Guide de protection des cultures

CORPEN, 1991. Interculture: gérer l'interculture pour limiter les fuites de nitrates vers les eaux. Ministères de l'Agriculture et de l'Environnement, 40 pp.

DEBOUT, G. 1995 Les marais de la Dives, bois de Bavent, Bois du val Richer (Calvados), étude avisfaunistique., 1 - 24.

DERANCOURT F., 1991. L'enfouissement de l'engrais vert - Détruire ou pas le couvert. Cultivar, 297, 34

DE SNOO G.R., 1994. Unsprayed field margins on arable land. Ed. Erich Jörg, proc. of a technical seminar : Field margin-strip programmes, Mainz, 25-27 mai 1994, 130-143.

DE TURCKHEIM G., 1995. L'effet jachère sur la faune sauvage. Rapport de stage, ENSA.M, 41 p.

DORAN J.W., WERNER M.R., 199?. Management and soil biology. *In* : Lal, 205-230.

DUCHAUFOUR P., 1995. Pédologie, sol, végétation, environnement. Ed. Masson, 324 p.

DUFOURG-BURG C., TISON F., 1994. La chasse, un revenu complémentaire. Cultivar, 371, pp. 50-51.

DURAND N., 1995. Le travail du sol assure la qualité de la levée. Cultivar, hors série 'guide jachère', avril 1995, 28-29.

GARRIGUES R. et J.C. RICCI, 1986. La Perdrix grise. Plaquette ONC.

GRANVAL P., 1991. Pour une optimisation de l'utilisation agro-cynégétique des lombriciens dans les terres agricoles et forestières (vers une prise en compte des gibiers dans l'économie rurale). Rapport interne, 70 p.

GRANVAL P., 1995. Synthèse des essais itinéraires techniques sur blé de 1990 à 1993 - Région Nord. Note de synthèse, 3 p.

GRANVAL P., ALIAGA R., 1988. Analyse critique des connaissances sur les prédateurs de lombriciens. Gibier Faune Sauvage, 5, 71-94.

GRANVAL P., BOUCHE M.B., (en prép.). Gestion des peuplements lombriciens dans les agrosystèmes : intérêts pour la restauration de la fertilité des sols.

GRANVAL P., MUYS B., 1992. Management of forest soils and earthworms to improve woodcock habitats : a literature survey. Gibier Faune Sauvage, 9, 243-255.

GRANVAL P., CHAMBARD P., DE TURCKHEIM G., 1995. Stratégies d'exploitation. C.R. Journées portes ouvertes ITCF, Boigneville, 14-15 juin 1995.

HORSCHMASCHINEN, 1992. C. R. Réunion d'Information du 24 juin 1992 et de l'Enquête menée auprès des utilisateurs. 2ième Edition, 20 p.

I.R.Sc.N.B., 1995. Biodiversité et économie agraire : recherche méthodologique pour la quantification et la rémunération d'un produit intentionnel en matière de conservation de la biodiversité. Detailed report, 42 p.

ITCF, 1994. Les limaces. Perspectives Agricoles, 194, p.9

KANWAR R.S., J.L. BAKER et J.M. LAFLEN, 1986 Nitrate movement through the soil prfile in relation to tillage system and fertilizer application method. Trans. am. soc. agric. eng., 28, 1731- 1735.

LACROIX A., 1994. Les solutions agronomiques à la pollution azotée. Courrier de l'environnement de l'INRA, 24, 29-41.

LAISSUS R., 1985. Resemis des prairies permanentes sans labour préalable, après emploi de désherbants totaux à l'automne, favorisant l'action des lombrics, pendant l'hiver, sur la structure du sol. *In* : C.R. Acad. Agri de France, 1985, 71, n°3, 229-240.

LAURENT F., 1995. Fertilisation azotée : des outils pour optimiser et s'adapter. Fiche « Innover dans ses techniques », Journées portes ouvertes ITCF, Boigneville, 14-15 juin 1995.

LEE K.E., 1991. The diversity of soil organisms. *In* : D.L. Hawksworth (ed.). The biodiversity of microorganisms and invertebrates : its role in sustainable agriculture, 73-87.

LE GAC E., 1994. Intégration de l'environnement et du paysage dans la gestion d'agro-systèmes intensifs : application à trois exploitations agricoles du département de la Marne. Mémoire de fin d'études, ENITA Clermont-Ferrand, 58 p. + annexes.

LE HOUEROU B., 1994. Transfert du fumier des cultures vers les prairies en Lorraine. Outils et méthode pour changer de pratiques. Fourrages, 140, 471-488.

LE SOUDER C., 1995. Fertilisation P K et céréales d'hiver Ajuster les charges d'engrais. Perspectives Agricoles, 204, 36-39.

LOQUET,M. T. BHATNAGHAR, M.B. BOUCHE et J. ROUELLE, 1977 Essai d'estimation de l'influence écologique des lombriciens sur les microorganismes. Pedobiologia, 17, 5, 400- 417.

MAILLARD A., 1987. La culture du blé d'automne à fortes densités de semis. Revue suisse Agricole, 19, (6), 319-322.

MAILLARD A., 1988. Les engrais verts en grandes cultures. Revue suisse Agricole, 20 (3) : 161-163.

MAILLARD A., 1991. Terres assolées : quelle rotation de cultures ? Revue suisse Agricole, 23 (4) : 219-222.

MAILLARD A., VEZ A., 1984. Mise en valeur des engrais de ferme par le travail du sol. Revue suisse Agricole, 16 (4), 195-197.

MACKAY, A.D., J.K. SYERS, J.A. SPRINGETT et P.E.H. GREGG, 1983 Origin of the effect of earthworms on the availability of phosphorus in a phosphate rock. Soil biol. biochem., 15, 1, 63-73.

MARSHALL E.J.P., 1994. Research on field margin boundary strips : identifying goals and developing appropriate techniques. Ed. Erich Jörg, proc. of a technical seminar : Field margin-strip programmes, Mainz, 25-27 mai 1994, 16-26.

MEYNARD J.M., 1985. Construction d'itinéraires techniques pour la conduite du blé d'hiver. In J.M. Meynard, pesticides et itinéraires techniques. Exposé séminaire INRA : Phytosanitaires, biopesticides, 5-6 février 1991, Paris, 11 p.

MONNIER G.,1992. L'activité des vers de terre du point de vue de la physique du sol. In : Soil Biology & Biochemistry, J.S. Waid (ed.), vol. 24, 12, 1197-1200.

MORARD S., 1994. Gestion durable des espaces et biodiversité : un exemple de contribution d'une approche faunique et cynégétique. Mémoire INA-PG, 104 p.

MORARD, S. P. HAVET et Ph. GRANVAL, 1996 - Agriculture durable, biodiversité et faune sauvage. BM ONC, 121, 8-21.

ONC, 1987. Choississez et dosez. Brochure de l'Office National de la Chasse, 5ième édition.

PLAI C., DESOUBRY P., 1992. La culture du blé en Normandie : itinéraires techniques pour une meilleure marge. Perspectives Agricoles, 174, 34-44.

POCHON A., 1993. La prairie temporaire à base de trèfle blanc. Ed. CEDEPA, Plérin, 1993, 118 p.

RAYNAL G., 1995a. Principales maladies des cultures et méthodes de lutte. Document de cours, unité de valeur de phytopathologie, INA-PG, 61 p.

RAYNAL G., 1995b. II - Maladies provoquées par les basidiomycètes. Document de cours, unité de valeur de phytopathologie, INA-PG, 19 p.

ROBERT D., 1994. Synthèse des essais itinéraires techniques sur blé de 1990 à 1993 - Région Nord. ITCF, 1-49.

SEBILLOTTE M., 1978 - Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. C.R. Acad. Agric. Fr., 64 (11), 906- 914.

SERRE D. et F. REITZ 1988 -

SERRE, D., D. TONNELLIER, E. MANGIN et Ph. GRANVAL 1996 - Les haies basses - tiges en Beauce d'EURE et LOIR : des exemples pour la Perdrix grise. BMONC, 214, 30-33.

SOLER M.L., 1995. Contrat C.E.E./Biodiversité Agriculture et développement durable. Présentation et évaluation de méthodes culturales génératrices de biodiversité, en terme d'économie de l'exploitation agricole et de temps de travail. Rapport de stage de deuxième année, INA-PG, 66 p.

SYERS J.K. et J. SPRINGETT, 1983 Earthworm ecology in grassland soils. In : Earthworm ecology from Darwin to vermiculture (J.E. Satchell ed.), Chapman and Hall, London, PP. 67-83.

TAUPIN P., 1995. Insecticides des céréales et des protéagineux. Ed. ITCF, 172 p.

TIREL J.C., 1987. Valeur et limites des notions d'intensification dans l'analyse de l'évolution des systèmes de production. C.R. Académie d'Agriculture, 28 octobre 1987, 14 p.

TOURNEUR J.C., 1995. Milieux bocagers et biodiversité, les vertébrés typiques du grand-ouest, enjeux de la préservation de cet agrosystème. Synthèse bibliographique, avril 1995, 31 p. + annexes.

TROUVILLIEZ J., LEDANT J.P., DEVILLERS P., FROCHOT B., BUGALHO J., OTERO C., 1993. Biodiversité et économie agraire : recherche méthodologique pour la quantification et la rémunération d'un produit intentionnel en matière de conservation de la biodiversité. Document de synthèse, 22 p.

VIAUX P., 1992. Conduite intégrée en grandes cultures. Cultivar, 331, 40-47.

VIAUX P., 1995. Les systèmes intégrés et le développement durable. Document provisoire, 1-14

WICHEREK S., 1991. New approach to the study of erosion in cultivated lands. Soil technology, 4, 99-110.

WICHEREK S., 1994. L'érosion des grandes plaines agricoles. La Recherche, septembre 1994, 268, 880-888.

WICHEREK S., 1995. Inondations : histoire d'eau à fleur de peau. La Recherche, juin 1995, 277, 692-693.

WICHEREK S., LAVERDIERE M., 1993. Les terres agricoles du Canada : dégradation et conservation. Cahiers Agricultures, 1993, 2, 245-255.

ZIEGLER D., HEDUIT M., 1991. Engrais de ferme - Valeur fertilisante - Gestion, environnement. Brochure ITCF & ITP, 35 p.