



Réconcilier production et conservation dans les paysages agricoles: importance de l'hétérogénéité

Rodolphe Sabatier, Luc Doyen, Muriel Tichit

► To cite this version:

Rodolphe Sabatier, Luc Doyen, Muriel Tichit. Réconcilier production et conservation dans les paysages agricoles: importance de l'hétérogénéité. Emilie COUDEL, Hubert DEVAU-TOUR, Christophe-Toussaint SOULARD, Bernard HUBERT. ISDA 2010, Jun 2010, Montpellier, France. Cirad-Inra-SupAgro, 10 p., 2010. <hal-00510552>

HAL Id: hal-00510552

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00510552>

Submitted on 19 Aug 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



RECONCILING PRODUCTION AND CONSERVATION IN AGROLANDSCAPES: DOES LANDSCAPE HETEROGENEITY HELP?

Rodolphe SABATIER^{a, b}, Luc DOYEN^c, Muriel TICHIT^{a, b}

a INRA, UMR 1048 SAD APT, F-75005 Paris, France

b AgroParisTech, UMR 1048 SAD APT, F-75005 Paris, France

c CNRS, UMR 5173 CERSP, MNHN, F-75005 Paris, France

E-mail address: rodolphe.sabatier@agroparistech.fr (R. Sabatier).

Abstract — Homogenisation of agrolandscapes is one of the causes of biodiversity loss. Agrolandscapes can be described by the proportion of land uses and their spatial arrangement. If the proportion of land uses has strong implications on the productive performance of farming systems, the spatial arrangement of land uses seems to be an important way to improve ecological performances at landscape scale with minor production loss. The objective of this study was to assess the relative effects of the proportion of land uses and their spatial arrangement on ecological dynamics. We focused on the conservation of lapwings (*Vanellus vanellus*) in grassland landscapes. We developed a modelling approach linking grass dynamics in grazed and mown grasslands to lapwing population dynamics. We tested contrasting landscapes composed of different pairs of land uses depending on whether they compensate or complement each other. Our results show that the proportion of land uses is the first driver of population dynamics. Spatial arrangement of land uses in the landscape is an important although secondary driver of bird population trends. Managing the spatial arrangement of land uses could therefore be an important target of conservation policies. We finally discuss the importance of heterogeneity in conciliating production and biodiversity conservation.

Key words: Landscape, Grazing, Mowing, Grassland, grassland birds, Heterogeneity, Model

Résumé — Réconcilier production et conservation dans les paysages agricoles: importance de l'hétérogénéité.

L'homogénéisation des paysages agricoles est une des causes du déclin de la biodiversité en milieux agricoles. Les paysages agricoles peuvent être définis par la proportion des différents usages qui les composent et par l'agencement spatial de ces usages. Si la proportion des différents usages a des impacts forts sur la dimension productive des exploitations agricoles, l'agencement spatial des usages apparaît aujourd'hui comme une voie pour améliorer les performances écologiques de paysages agricoles en limitant les pertes au niveau de la production. L'objectif de cette étude est de déterminer les effets relatifs de la proportion des usages agricoles et de la structure des paysages sur les dynamiques écologiques. Nous étudions le cas de la conservation d'un oiseau prairial, le vanneau huppé (*Vanellus vanellus*). Nous avons développé un modèle liant les dynamiques végétales pilotées par la fauche et le pâturage aux dynamiques écologiques de population du vanneau huppé. Nous testons différents couples d'usages selon que ceux-ci se compensent ou sont complémentaires. Nos résultats montrent que la proportion des différents usages constituant un paysage agricole est le premier pilote des dynamiques écologiques. La structure du paysage est un facteur important mais secondaire de l'effet du paysage sur les populations d'oiseaux. Gérer l'agencement spatial des paysages agricoles pourrait donc être un levier d'action important pour les politiques de conservation. Finalement, nous discutons de l'importance de l'hétérogénéité dans la conciliation entre production et conservation de la biodiversité.

Mots clés : Paysage, Pâturage, Fauche, Prairie, Oiseaux prairiaux, Hétérogénéité, Modèle

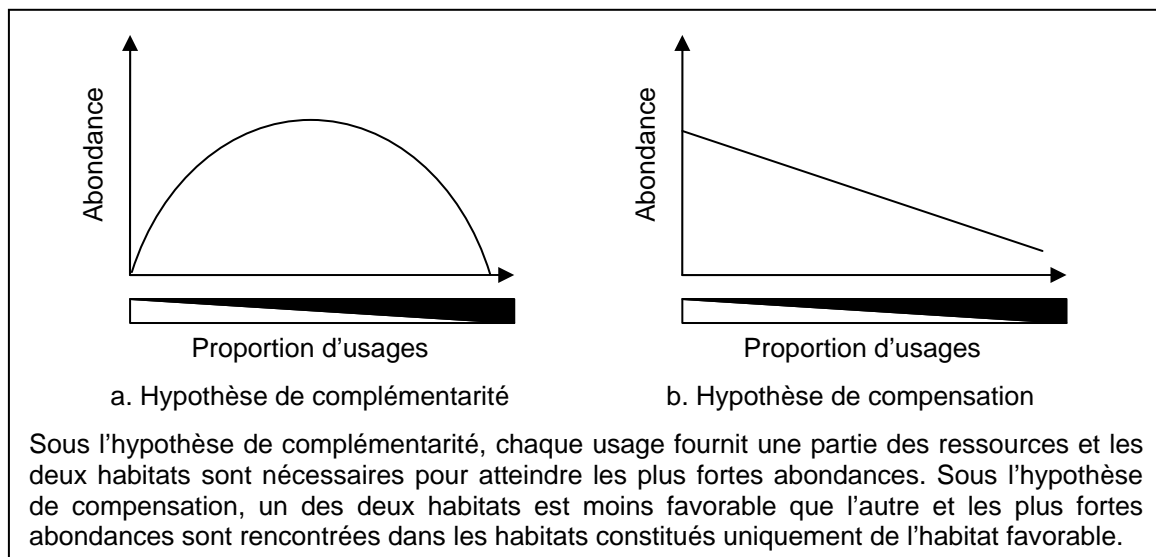
INTRODUCTION

L'intensification de l'agriculture en Europe a entraîné de fortes baisses de biodiversité (Donald, *et al.*, 2001; Donald, *et al.*, 2006). Elle s'est traduite à l'échelle parcellaire par des changements de pratiques (mécanisation, recours massif aux intrants) mais également par l'homogénéisation des paysages agricoles via l'agrandissement des parcelles, la standardisation des pratiques et la disparition des éléments semi-naturels. L'homogénéisation des paysages agricoles a entraîné une réduction de la disponibilité de ressources à la base de la baisse de biodiversité.

Plusieurs synthèses soulignent l'importance de l'hétérogénéité des paysages agricoles pour enrayer le déclin de la biodiversité (Benton, *et al.*, 2003; Tschardtke, *et al.*, 2005). La notion d'hétérogénéité est complexe et objet de définitions multiples (Sparrow, 1999). Selon Burel et Baudry (1999), elle inclut l'agencement spatial des usages mais aussi la proportion des différents usages. Cette notion d'hétérogénéité recouvre une vision plus complexe des liens entre processus écologiques et usages agricoles qui intègre explicitement les interactions entre habitats.

Des travaux théoriques et empiriques mettent l'accent sur ces interactions et proposent différentes hypothèses pour relier la composition du paysage et la biodiversité (Andren, *et al.*, 1997; Brotons, *et al.*, 2005). Selon la nature des différents usages constitutifs d'un paysage, ils distinguent notamment les usages se compensant et les usages complémentaires. Le mécanisme de compensation correspond au cas où un usage est favorable et le second est plutôt défavorable à l'espèce considérée. Le mécanisme de complémentarité correspond au cas où chacun des deux usages est partiellement favorable à l'espèce considérée (e.g. à une seule étape du cycle de vie). Les deux usages sont alors nécessaires dans le paysage pour fournir la situation optimale à l'espèce considérée (Fig 1).

*Figure 1. Différents types d'effets de la proportion d'usages sur les abondances
(d'après Andren et al. 1997 et Brotons et al. 2005)*



D'un point de vue appliqué, l'hypothèse implicite à une grande partie des études s'intéressant à la conservation en milieux agricoles a longtemps été que l'habitat favorable (e.g. parcelle sous contrat agro-environnemental) compense les effets de l'habitat défavorable (e.g. parcelle en agriculture conventionnelle). Cette vision s'incarne dans le modèle de Green et al (2005) qui oppose usage intensif néfaste à la biodiversité et usage extensif bon pour la biodiversité. Si la vision par compensation a longtemps été majoritaire, la complémentarité entre usages est de plus en plus mise en avant. Au-delà des

caractéristiques de composition des paysages (i.e. proportions des usages), leur structure (i.e. l'agencement spatial des usages) apparaît de plus en plus comme un facteur majeur des effets de l'agriculture sur la biodiversité. Toutefois, la structure des paysages est encore peu prise en compte dans les politiques de conservation qui se sont longtemps limitées à la surface totale sous contrats. Par exemple, la politique agricole suisse impose un seuil minimal de 7% de surfaces de compensation (Albrecht, *et al.*, 2007). Ce n'est que récemment que la question de l'hétérogénéité des paysages est prise en compte dans les politiques de conservation. C'est le cas de la mesure de gestion des mosaïques d'habitats mise en place aux Pays-Bas (Melman, 2010) qui vise la barge à queue noire (*Limosa limosa*) en paysage de prairie.

Etant donné que la proportion des usages agricoles au sein d'une exploitation a de fortes répercussions sur ses performances productives (Teillard, *et al.*, 2009). Agir sur l'agencement spatial des usages, donc sur la structure du paysage, pour augmenter l'hétérogénéité des paysages sans modifier la proportion des usages pourrait être un levier important de la conciliation entre production et conservation dans les paysages agricoles. Cependant, on ignore encore le poids relatif de l'agencement spatial des usages et de leur proportion sur la biodiversité en milieu agricole.

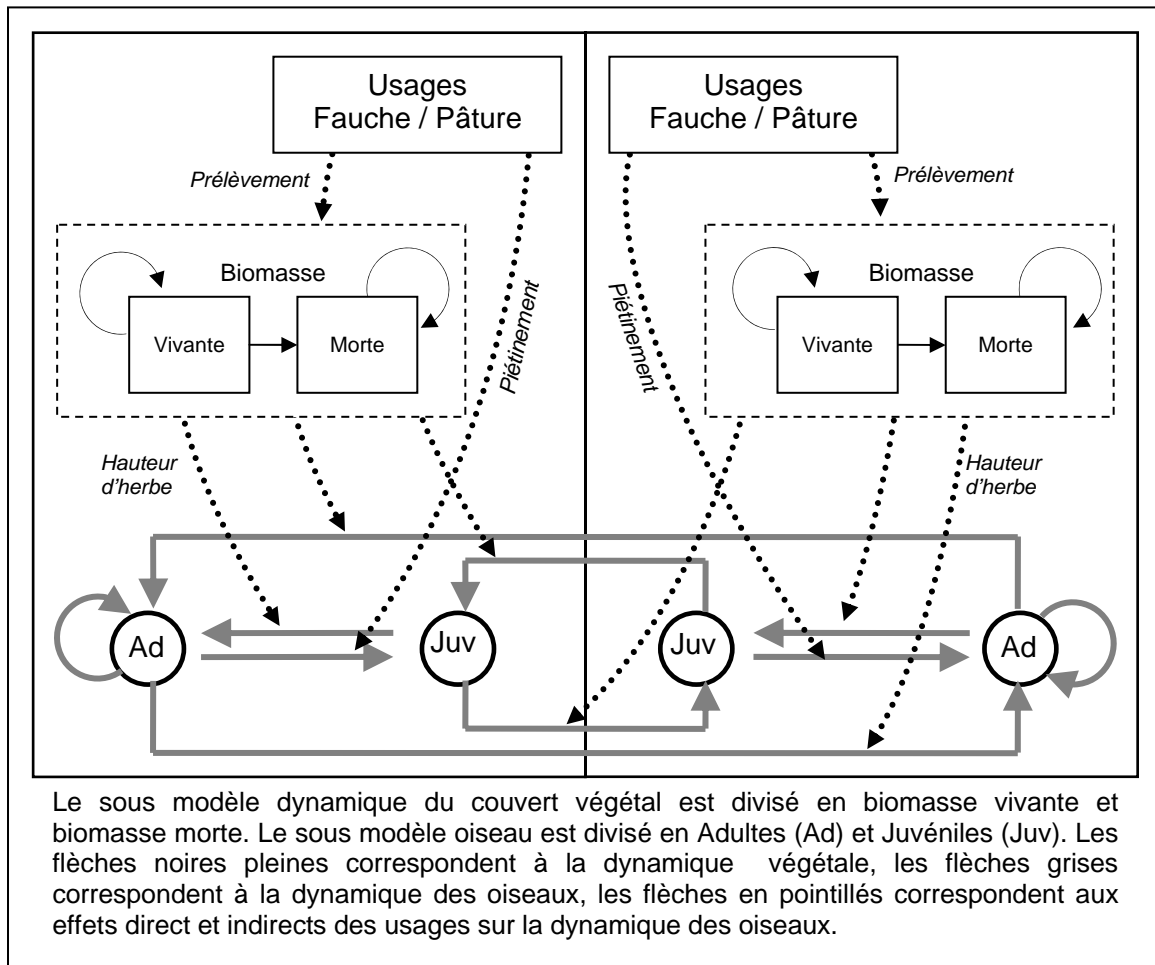
L'objectif de ce papier est de tester l'hypothèse suivante :

La proportion des différents usages et la structure des paysages n'ont pas le même effet sur la biodiversité si les paysages sont composés d'usages complémentaires ou se compensant. Pour tester cette hypothèse, nous avons développé un modèle formalisant les interactions entre usages agricoles et dynamiques écologiques à l'échelle d'un paysage. Il simule les effets sur des populations d'oiseaux de paysages définis par des proportions d'usages et des agencements spatiaux différents. Le modèle est calibré sur le cas d'étude de la conservation du vanneau huppé (*Vanellus vanellus*) dans les prairies de marais de la façade Atlantique (Marais Poitevin, France). Cet oiseau se reproduit dans les prairies et se situe haut dans la pyramide alimentaire. Son cycle de vie est étroitement lié aux périodes et intensités des usages parcellaires mais également aux caractéristiques des paysages (revue dans Durant *et al.* 2008). En effet, les jeunes sont nidifuges et peuvent exploiter les parcelles environnantes à leur parcelle de naissance (Redfern, 1982). Leur mouvement entre parcelles est un mécanisme important de la dynamique des populations. Le vanneau représente donc un bon modèle pour l'analyse multi-échelle des interactions entre usages agricoles et conservation.

1. MATERIEL ET METHODES

Le modèle représente un agroécosystème prairial défini à l'échelle d'un paysage composé des territoires de plusieurs exploitations d'élevage de bovins allaitants. Cet agroécosystème est vu à la fois comme une ressource alimentaire pour les troupeaux et comme l'habitat du vanneau huppé. Le modèle est en temps discret sur un pas de temps mensuel. Il relie la dynamique du couvert prairial d'un ensemble de parcelles à la dynamique d'une population de vanneaux (Fig 2). Le sous-modèle de dynamique prairiale simule la croissance d'un couvert végétal contrôlé par le pâturage ou la fauche. Le sous-modèle oiseau simule la dynamique de population du vanneau huppé en réponse aux effets directs et indirects du pâturage et de la fauche sur les traits de vie des oiseaux (Sabatier, *et al.*, 2010). En prairie pâturée, le pâturage a un effet direct sur la fécondité des vanneaux via la destruction des nids par le piétinement des bovins. Il a également un effet indirect sur la survie des juvéniles via son impact sur la hauteur du couvert qui détermine la qualité de l'habitat des juvéniles. En prairie fauchée, seule la hauteur d'herbe impacte la survie des juvéniles. Le modèle représente un fragment prairial de $K=64$ parcelles représenté sous forme d'un treillis de 64 pixels carrés de 4 ha, ce qui, au vu du terrain, peut être considéré comme une approximation raisonnable du paysage. Le sous modèle oiseau inclut des mouvements des juvéniles entre les différents pixels pendant le mois suivant l'éclosion.

Figure 2. Diagramme conceptuel de l'agroécosystème
(système simplifié à deux parcelles)



1.1. Dynamique du couvert végétal pâturé ou fauché

La dynamique du couvert végétal est formalisée par un modèle matriciel. La biomasse $B(t)$ est représentée sous forme d'un vecteur (biomasse morte, biomasse vivante) exprimé en g de matière organique par m^2 . Elle est liée à la hauteur du couvert par une fonction linéaire $h(B(t))$. En prairie pâturée, la dynamique est contrôlée par le pâturage :

$$B_k(t+1) = A(t, B_k(t)) B_k(t) - G(u_k(t), B_k(t))$$

où k est le numéro de la parcelle ; $A(t, B_k)$ est la matrice de transition déterminant la dynamique naturelle du couvert, cette matrice varie au cours du temps (pour plus de détails sur la dynamique du couvert végétal, voir Sabatier et al. 2010). $G(u_k(t), B_k(t))$ est la fonction de prélèvement qui dépend de $u_k(t)$ le chargement dans la parcelle k au temps t .

La dynamique du couvert en prairie fauché s'écrit de manière similaire :

$$B_k(t+1) = A(t, B_k(t)) B_k(t) - H(B_k(t), A(t))$$

avec H la fonction de prélèvement par la fauche. La fauche correspond à un prélèvement complet de la biomasse supérieure à 5 cm.

1.2. Dynamique de la population d'oiseaux

Le modèle de dynamique du vanneau est un modèle matriciel à deux classes d'âge (Caswell, 1989). Ces deux classes d'âges sont les juvéniles et les adultes. Les oiseaux sont

juvéniles pendant un mois puis deviennent adultes. Le modèle conceptuel de la dynamique des vanneaux est présenté en Fig 2.

Les dynamiques des oiseaux et du couvert végétal sont liées par les paramètres de survie juvénile et de fécondité (Fig 2). Au cours de la période de nidification, i.e. avril, la fécondité est une fonction du chargement ($u_k(t)$) qui traduit l'effet du piétinement des nids par le bétail. En mai, au cours de la phase d'élevage des juvéniles, une fonction formalise la probabilité de mouvement entre parcelles. Cette probabilité de mouvement favorise les déplacements vers les parcelles aux habitats de meilleure qualité. Enfin, la survie effective des juvéniles est calculée en fonction de la hauteur d'herbe et d'une fonction de densité dépendance de type Beverton-Holt. La dynamique générale de la population de vanneaux s'écrit de la manière suivante :

$$N(t+1)=M(B(t), N(t), u_k, k, t) \cdot N(t)$$

où M dépend de la qualité de l'habitat $h(B_k(t))$ et du chargement u_k . Les détails sur les processus écologiques à l'échelle parcellaire sont exposés dans Sabatier et al. (2010).

1.3. Simulations

Pour tester notre hypothèse, nous avons simulé différents types de paysages composés de couples d'usages complémentaires ou se compensant (Table 1). Puis dans un deuxième temps, nous avons simulé des paysages plus complexes constitués des trois usages utilisés dans les couples mentionnés ci-dessus (Table 1). Pour chaque type de paysage nous avons décliné l'hypothèse générale en sous hypothèse.

Table 1. Différents usages pris en compte dans le modèle

Paysages	Usages	Impact des usages	
		Fécondité	Survie
Couple 1 : usages complémentaires	Fauche	+	-
	Pâturage productif	-	+
Couple 2 : usages se compensant	Pâturage productif	-	+
	Pâturage écologique	+	+

1.3.1. Couple 1 : paysage composé de fauche / pâturage productif

Ce paysage correspond au cas où les deux usages sont complémentaires. Chaque usage est favorable à un trait de vie différent (survie ou fécondité) (Fig 1a et Table 1).

L'hypothèse associée est que *la relation entre proportion d'usages et taux de croissance des oiseaux n'est pas monotone, la structure du paysage a un fort effet sur ces taux de croissance.*

Dans ce type de paysage, on s'attend à des interactions fortes entre les deux usages, qui seront d'autant plus fortes que les interfaces entre les deux usages seront nombreuses et donc que la structure du paysage sera complexe.

1.3.2. Couple 2. Pâturage productif / pâturage écologique

Ce paysage correspond au cas où les deux usages se compensent Fig 1b.

L'hypothèse associée est que *la relation entre proportion d'usages et taux de croissance des oiseaux est linéaire, la structure du paysage a donc peu d'effet sur les taux de croissance.*

Etant donné l'absence de complémentarité entre les usages (Table 1), la structure du paysage ne devrait pas avoir d'effet sur les taux de croissance.

1.3.3 Paysages composés de trois usages

Enfin, le paysage composé de trois usages permet de déterminer les principaux mécanismes dans un contexte où compensation et complémentarité sont présentes.

L'hypothèse associée à ce triplet d'usage est que *la proportion des trois usages à un fort effet sur les taux de croissance des oiseaux, et à proportion d'usages donnée, la structure du paysage explique la variabilité des taux de croissance.*

1.3.4 Génération des paysages aléatoires et indicateurs d'hétérogénéité

Pour explorer la plus grande diversité possible de paysages en termes de proportions d'usages et de structure nous avons implémenté dans le modèle des processus de Neyman-Scott (Ripley, 1977). Ces processus génèrent des paysages présentant des niveaux variables d'agrégation des usages. Ils permettent ainsi d'explorer une large gamme de structures plus rapidement qu'avec des algorithmes basés sur des lois uniformes.

Pour chaque paysage composé de deux usages, 38 100 paysages ont été simulés, et 117 000 pour le paysage composé de trois usages. Deux indicateurs décrivent les caractéristiques de composition et de structure des différents paysages. Le premier correspond aux proportions des différents usages présents dans le paysage. Le second qualifie la structure des paysages à partir du calcul de la longueur totale des interfaces entre les différents usages. Enfin, pour chaque paysage, le modèle simule le taux de croissance des populations d'oiseaux entre deux années.

2. RESULTATS

2.1. Deux usages complémentaires

Les simulations montrent un effet non monotone de la proportion de fauche sur le taux de croissance des populations d'oiseaux (Fig 3). Les meilleurs taux de croissance sont obtenus pour des proportions de fauche intermédiaires. Pour une proportion de fauche donnée, on constate cependant une large variance dans la gamme des taux de croissance, surtout aux proportions de fauche intermédiaires. Pour une proportion de fauche donnée (60% dans l'exemple de la Fig 3), la variance des taux de croissance est fortement expliquée par la structure du paysage. Les forts niveaux d'indice de structure favorisent les taux de croissance des populations d'oiseaux, illustrant l'importance des surfaces de contact entre différents usages dans le cas d'habitats complémentaires. Cela confirme donc l'hypothèse associée au couple d'usage 1 selon laquelle au-delà de la proportion des différents usages, la structure du paysage est un moteur (ou déterminant) important des populations d'oiseaux en paysages composés d'habitats complémentaires.

2.2. Deux usages se compensant

Les simulations montrent une relation linéaire entre la proportion des différents usages et les taux de croissance des vanneaux (Fig 3). La totalité de la variance des taux de croissance s'explique par la proportion des usages et à proportion d'usage constante la structure du paysage n'a pas d'effet sur les taux de croissance. Ces résultats sont conformes avec l'hypothèse associée au couple d'usage 2.

2.3. Trois usages

Les simulations montrent que la proportion des différents usages à un fort effet sur les taux de croissance maximum et minimum (Fig 4) des populations d'oiseaux. Le principal paramètre contrôlant les populations d'oiseaux est la proportion de pâture écologique dans le paysage. A proportion de pâture écologique constante, on retrouve une relation non monotone entre le ratio fauche / pâture productive et les taux de croissance maximum des oiseaux. La différence entre les taux de croissance minimum et maximum est cependant assez élevée, surtout aux faibles proportions de pâture écologique et aux proportions intermédiaires de fauche et de pâture productive. Pour les situations où il existe une forte différence entre le taux de croissance maximum et minimum, la structure du paysage apparaît comme un facteur important de la variation des taux de croissances (résultats non

montrés). On retrouve le comportement général des paysages à deux usages. La proportion est le pilote principal des taux de croissance et la structure du paysage explique bien la variance de ces taux de croissance à proportion d'usage constante, les résultats sont conformes avec l'hypothèse associée au triplet d'usages.

Figure 3. Effet de la proportion des usages et de la structure du paysage sur les taux de croissance des populations d'oiseaux (deux usages)

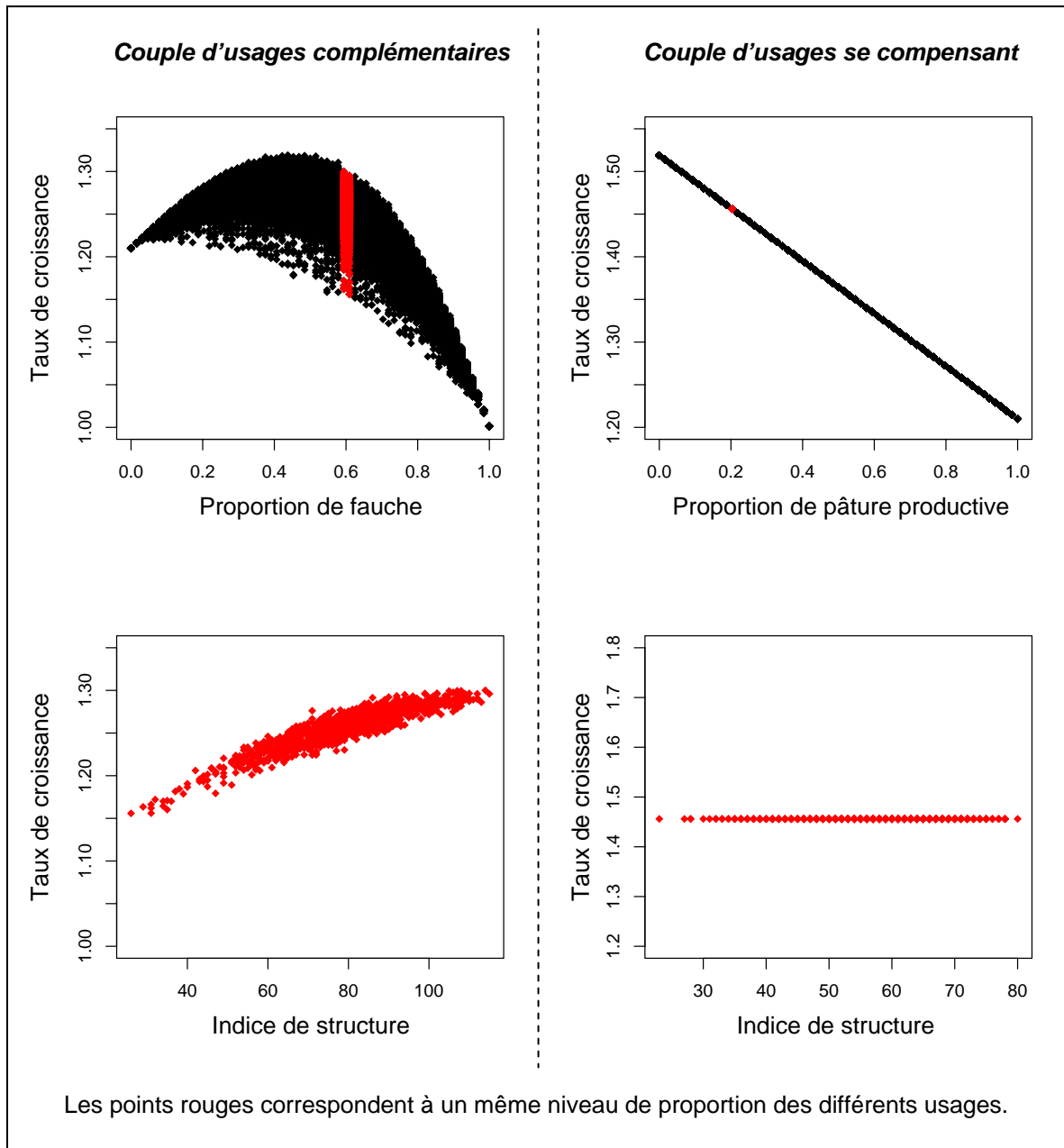
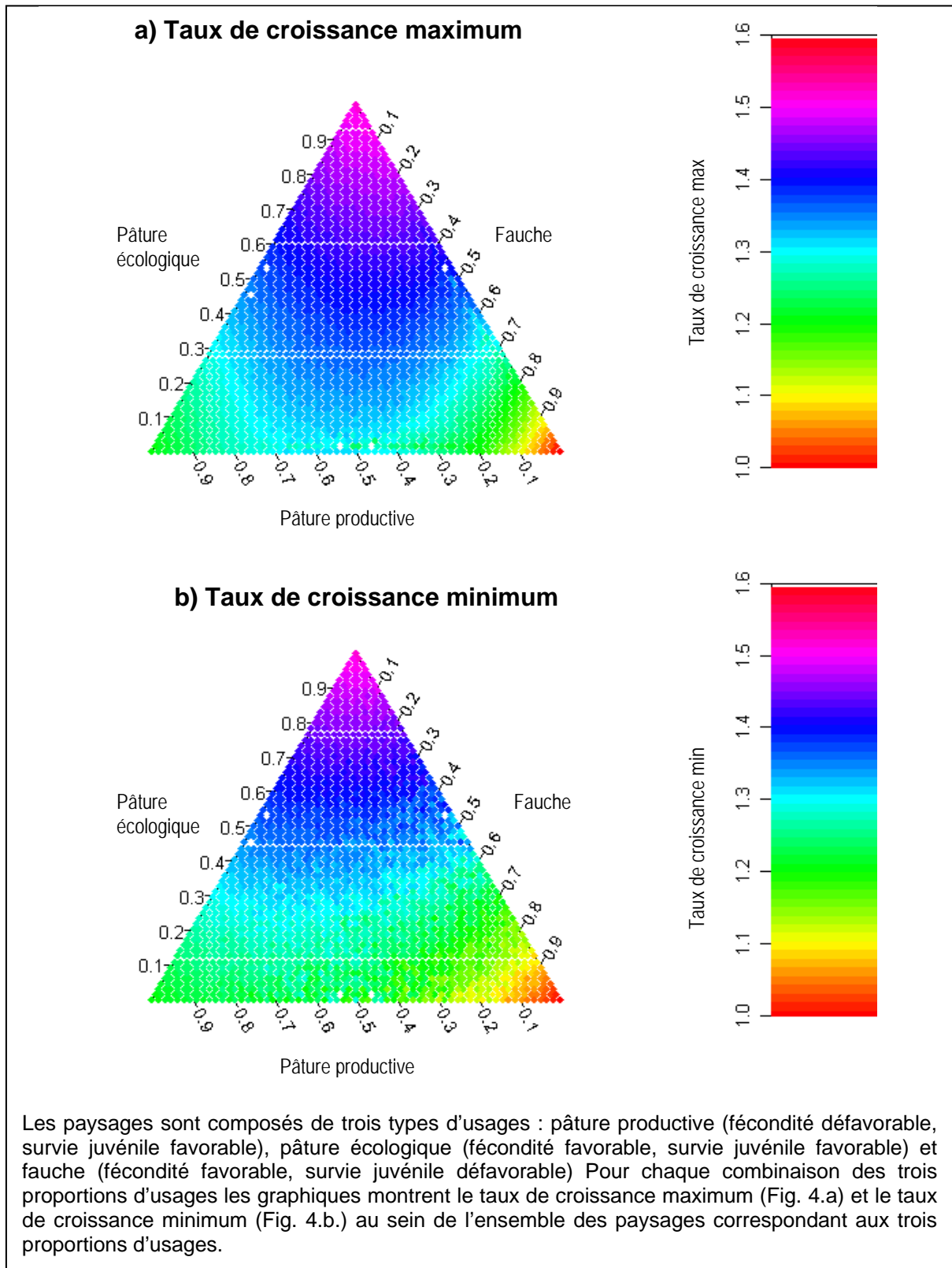


Figure 4. Effet de la proportion des usages et de la structure du paysage sur les taux de croissance des populations d'oiseaux dans un paysage à trois usages



3. DISCUSSION

Nos résultats montrent qu'au niveau des paysages, la proportion des différents usages est le premier pilote des effets de l'agriculture sur les populations de vanneaux huppés. Dans le cas d'usages complémentaires, la structure du paysage est une composante secondaire importante de l'effet du paysage sur ces populations. A proportion d'usages constante des paysages ayant de fortes valeurs d'indice de structure (i.e. une structure spatiale complexe) sont plus favorables aux oiseaux étudiés.

Nos résultats ont mis l'accent sur l'importance relative de la structure du paysage et de la proportion des différents usages sur les performances écologiques des paysages agricoles. Des travaux récents (Teillard, *et al.*, 2009) ont étudié l'effet de la proportion des différents usages sur le trade-off entre production et conservation à l'échelle d'une exploitation agricole. Ils montrent que l'optimisation simultanée des performances productive et écologique n'est pas possible et que la proportion des usages est une variable clef dans l'arbitrage entre production et conservation des oiseaux. Nos résultats montrent qu'au-delà des proportions des différents usages, l'agencement spatial des usages est un facteur important pilotant les dynamiques des oiseaux. Dans l'hypothèse où l'agencement spatial des usages aurait un effet négligeable sur la production comparativement à l'effet de la proportion des différents usages agricoles, l'agencement spatial des usages apparaîtrait alors comme un levier majeur de la conciliation entre production et conservation. Augmenter l'hétérogénéité d'un paysage agricole, en modifiant l'agencement serait un moyen d'accroître les performances écologique du système en limitant les pertes au niveau de la production.

Les paysages agricoles sont composés d'une somme de territoires d'exploitation en interaction et dans chaque exploitation, l'agencement spatial des usages résulte de l'interaction entre les objectifs stratégiques de l'éleveur (Coleno and Duru, 1998), les contraintes physiques de son parcellaire et les variations de son environnement (Morlon and Benoit, 1990). Tous les niveaux d'agencement spatial des usages agricoles au sein des paysages ne sont donc pas envisageables sur le plan agronomique et la délimitation de l'ensemble des paysages possibles demande soit de modéliser explicitement les mécanismes d'allocations des usages par les agriculteurs soit de recourir à des scénarios construits en collaboration avec eux et les autres acteurs de la conservation.

Du point de vue de la gestion, l'hétérogénéité au sein des paysages agricoles ne peut donc pas être pensée à l'échelle d'une seule exploitation mais à celle d'un ensemble d'exploitations agricoles. Par exemple, dans le cadre des mesures de gestion des mosaïques d'habitats, les agriculteurs se coordonnent pour générer des paysages offrant des conditions favorables aux différentes étapes du cycle de vie de la barge à queue noire. La première évaluation écologique de ce type de mesure (Schekkerman, *et al.*, 2008) a montré que cette mesure n'était pas suffisante pour permettre le maintien à long terme des populations. Les principales difficultés liées à ces mesures concernent la coordination entre les acteurs. L'utilisation avec les acteurs des sorties de modèles prédictifs des dynamiques écologiques peut alors servir de catalyseur des processus de coordination. Dans le cas de la conservation de la barge à queue noire cette coordination se fait autour d'un SIG couplé à un modèle permettant d'évaluer l'impact des modes de gestion sur l'habitat des barges à queues noires (Melman, 2010). Au-delà de l'exactitude de la prédiction des effets des usages sur les populations d'oiseaux, c'est la capacité à fédérer les acteurs autour d'un projet de gestion collectif qui importe le plus dans ce type de démarche. Un plus grand développement d'outils de coordination nous semble nécessaire pour trouver en conditions réelles de terrain les niveaux d'hétérogénéité des paysages permettant le maintien des performances écologiques tout en assurant de bonnes performances productives des exploitations.

REFERENCES

- ALBRECHT M., DUELLI P., MULLER C., KLEIJN D. and SCHMID B., 2007, The Swiss agri-environment scheme enhances pollinator diversity and plant reproductive success in nearby intensively managed farmland, *Journal of Applied Ecology*, vol. 44, n°4, pp. 813-822
- ANDREN H., DELIN A. and SEILER A., 1997, Population response to landscape changes depends on specialization to different landscape elements, *Oikos*, vol. 80, n°1, pp. 193-196
- BENTON T. G., VICKERY J. A. and WILSON J. D., 2003, Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key?, *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 18, n°4, pp. 182-188
- BROTONS L., WOLFF A., PAULUS G. and MARTIN J. L., 2005, Effect of adjacent agricultural habitat on the distribution of passerines in natural grasslands, *Biological Conservation*, vol. 124, n°3, pp. 407-414
- BUREL F. and BAUDRY J., 1999, *Ecologie du paysage: concepts, méthodes et applications*, Paris, Tec & Doc, 359 p
- CASWELL H., 1989, *Matrix population models*, Sunderland MA, USA, p
- COLENO F. C. and DURU M., 1998, Gestion de production en systèmes d'élevage utilisateurs d'herbe : une approche par atelier, *Etudes et recherches sur les systèmes agraires et le développement*, vol. 31, pp. 45-61
- DONALD P. F., GREEN R. E. and HEATH M. F., 2001, Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations, *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, vol. 268, n°1462, pp. 25-29
- DONALD P. F., SANDERSON F. J., BURFIELD I. J. and VAN BOMMEL F. P. J., 2006, Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1990-2000, *Agriculture Ecosystems & Environment*, vol. 116, n°3-4, pp. 189-196
- DURANT D., TICHIT M., KERNEIS E. and FRITZ H., 2008, Management of agricultural wet grasslands for breeding waders: integrating ecological and livestock system perspectives - a review, *Biodiversity and Conservation*, vol. 17, n°9, pp. 2275-2295
- GREEN R. E., CORNELL S. J., SCHARLEMANN J. P. W. and BALMFORD A., 2005, Farming and the fate of wild nature, *Science*, vol. 307, n°5709, pp. 550-555
- MELMAN T. C. P., SCHOTMAN A. G. M., HUNINK S. and DE SNOO G. R., 2008, Evaluation of meadow bird management, especially black-tailed godwit (*Limosa limosa* L.), in the Netherlands, *Journal for Nature Conservation*, vol. 16, n°2, pp. 88-95
- MELMAN T. C. P., 2010, A web-based tool for tailor made management for meadow birds
- MORLON P. and BENOIT M., 1990, METHODOLOGY FOR FARM FIELD PATTERN STUDY, *Agronomie*, vol. 10, n°6, pp. 499-508
- REDFERN C. P. F., 1982, Lapwing nest sites and chick mobility in relation to habitat, *Bird Study*, vol. 29, pp. 201-208
- RIPLEY B. D., 1977, MODELING SPATIAL PATTERNS, *Journal of the Royal Statistical Society Series B-Methodological*, vol. 39, n°2, pp. 172-212
- SABATIER R., DOYEN L. and TICHIT M., 2010, Modelling trade-offs between livestock grazing and wader conservation in a grassland agroecosystem, *Ecological Modelling*, vol. 221, n°9, pp. 1292-1300
- SCHEKKERMAN H., TEUNISSEN W. and OOSTERVELD E., 2008, The effect of 'mosaic management' on the demography of black-tailed godwit *Limosa limosa* on farmland, *Journal of Applied Ecology*, vol. 45, n°4, pp. 1067-1075
- SPARROW A. D., 1999, A heterogeneity of heterogeneities, *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 14, n°11, pp. 422-423
- TEILLARD F., SABATIER R. and TICHIT M., 2009, Modelling trade-offs between agricultural production and bird conservation in grassland farms
- TSCHARNTKE T., KLEIN A. M., KRUESS A., STEFFAN-DEWENTER I. and THIES C., 2005, Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management, *Ecology Letters*, vol. 8, n°8, pp. 857-874