

Apports des typologies d'exploitations aux démarches de conception en agriculture de conservation : une étude de cas dans le nord du Vietnam

Damien Hauswirth¹
Thi Sen Pham²
Jacques Wery³
Pablo Tittonell⁴
Damien Jourdain⁵
François Affholder⁶

¹ 3, rue Evariste Galois
19100 Brive-la-Gaillarde
<damienhh@yahoo.fr>

² NOMAFSI
Phu Tho Commune
Phu Ho Town
Vietnam
<phamthisenprc@gmail.com>

³ SUPAGRO
UMR SYSTEM
2, place Viala
34060 Montpellier Cedex 2
France
<jacques.wery@supagro.fr>

⁴ Wageningen University and Research
Center
P.O Box 563
67000 AN Wageningen
The Netherlands
<pablo.tittonell@wur.nl>

⁵ CIRAD
UMR G-EAU
Avenue Agropolis
34398 Montpellier Cedex 5
France
<damien.jourdain@cirad.fr>

⁶ CIRAD
UPR AIDA
Avenue Agropolis
34398 Montpellier Cedex 5
France
<francois.affholder@cirad.fr>

Résumé

Dans deux districts montagneux du nord du Vietnam, l'agriculture de conservation (AC) est envisagée pour réduire l'impact environnemental de la culture de maïs sur pente. Dans ce contexte, notre étude vise l'élaboration d'une typologie régionale d'exploitations agricoles qui facilite la conception de systèmes de culture en AC adaptés à chaque type. Au total, 411 exploitations maïsicoles ont été étudiées. Cinq types d'exploitations aux caractéristiques et aux performances de durabilité contrastées ont été identifiés par analyse multivariée. Nous discutons des systèmes de culture en AC *a priori* adaptés aux contraintes et possibilités de chaque type. Les prototypes envisagés diffèrent par le niveau d'intensification visé et la nature des couvertures végétales ciblées. Sur cette base, nous proposons le développement de modèles d'exploitations pour évaluer *ex ante* l'attractivité économique des options retenues pour chaque type d'exploitation.

Mots clés : agriculture de montagne ; durabilité ; semis direct ; couverture végétale ; système d'exploitation agricole.

Thèmes : méthodes et outils ; productions végétales.

Abstract

Exploiting farm typologies for designing conservation agriculture systems: a case study in northern Vietnam

Conservation agriculture (CA) is considered a possible option for reducing the environmental impact of tilled maize on sloping land in two mountainous districts of northern Vietnam. Within this context, our study aimed at building a regional farm typology that can support the design of CA cropping systems, suiting different farm types. 411 maize-producing farms were surveyed. Using multivariate analysis, we identified 5 farm types with contrasting resources and sustainability performances. We discuss the range of possible CA systems to be designed for each type, according to its specific constraints and opportunities. We especially consider diverse intensification levels and kinds of cover plants. We propose the development of farm models to further explore the economic attractiveness of the options selected for each type.

Key words: direct seeding; mulch; cropping systems; farming systems; mountain farming; sustainability.

Subjects: tools and methods; vegetal productions.

Tirés à part : D. Hauswirth

doi: 10.1684/agr.2015.0744

Pour citer cet article : Hauswirth D, Pham TS, Wery J, Tittonell P, Jourdain D, Affholder F, 2015. Apports des typologies d'exploitations aux démarches de conception en agriculture de conservation : une étude de cas dans le nord du Vietnam. *Cah Agric* 24 : 102-12. doi : 10.1684/agr.2015.0744

En Asie du Sud-Est, la demande du marché et la saturation foncière dans les zones de plaine ont provoqué une extension rapide des cultures annuelles sur les pentes des régions montagneuses, en particulier le maïs. Ce processus, qui assure la subsistance de nombreux agriculteurs familiaux, génère des dégâts environnementaux croissants : déforestation, érosion des sols et pollution des eaux (Valentin *et al.*, 2008). C'est le cas de la région montagneuse au nord du Vietnam, caractérisée par un taux de pauvreté élevé (29 % en 2010) et une forte densité de population (118 hab/km² en 2011). Dans ce contexte, de nombreux acteurs considèrent l'agriculture de conservation (AC) comme un moyen de concilier productivité agricole élevée, contrôle de l'érosion et amélioration graduelle de la fertilité des sols. L'AC regroupe un ensemble de systèmes de culture qui respectent simultanément trois critères : une perturbation minimale du sol (le travail du sol est remplacé par le semis direct), la protection du sol par un couvert végétal permanent et la diversification des cultures par des successions et/ou associations culturelles¹. Ces principes offrent une grande flexibilité pour concevoir des systèmes de cultures (Scopel *et al.*, 2013). Dans notre cas

d'étude, l'objectif de préserver la rentabilité économique oriente toutefois la conception d'alternatives en AC vers des rotations culturales incluant le maïs. Les questions qui se posent concernent le niveau d'intensification technique à considérer et le choix des autres cultures à inclure en rotation (cultures secondaires et éventuelles plantes de couverture multifonctionnelles). Les contraintes à l'adoption de l'AC en agriculture familiale au Sud sont notamment liées aux faibles capacités d'investissement des producteurs (Giller *et al.*, 2009) et au pas de temps nécessaire à l'obtention de performances de durabilité améliorées (Erenstein, 2003). La culture de plantes de couverture tend à augmenter les coûts de production et les besoins en travail, ce qui pénalise son attractivité économique pour les exploitations les plus contraintes sur ces aspects (Affholder *et al.*, 2010). L'opportunité d'investir dans l'AC varie selon les contraintes et objectifs spécifiques des producteurs, les caractéristiques de leur exploitation (tenure foncière, capacités d'investissement, disponibilité en travail), et les performances des systèmes de culture proposés (Scopel *et al.*, 2013). De ces aspects découlent des besoins récur-

rents en conception de systèmes de culture, adossée d'une part à la diversité des exploitations (Martin *et al.*, 2004 ; Affholder *et al.*, 2010) et d'autre part à la spécificité des contextes locaux (Knowler et Bradshaw, 2007). Dans ce cadre, notre objectif est de construire une typologie d'exploitations qui facilite la conception de prototypes de systèmes de culture en AC *a priori* adaptés aux contraintes et possibilités des différents types d'exploitations. Le contexte et les méthodes d'obtention d'une telle typologie sont présentés pour le cas du nord du Vietnam. Les apports de cette typologie au prototypage de systèmes de culture en AC sont ensuite discutés.

Matériel et méthode

Zone d'étude

Notre étude couvre deux districts représentatifs des montagnes du nord du Vietnam : Moc Chau (MC) et Mai Son (MS). Situés dans la province de Son La, ces districts présentent des caractéristiques démographiques et des modes de mise en valeur comparables (tableau 1). Ils diffèrent surtout par la

Tableau 1. Mise en valeur des terres, densité de population et taille des exploitations dans les districts étudiés.

Table 1. Land use, population density and farm size for the surveyed districts.

District	Terres agricoles en % de la surface totale	Dont (en % des terres agricoles)				Densité de population en 2008 (hab/km ²)	Taille moyenne des exploitations (ha)	Surface cultivée par actif familial (ha)
		Forêts	Cultures	Dont (% terres de cultures)				
				Cultures annuelles	Cultures pérennes			
Moc Chau	78	76	24	Maïs (62) Manioc (5) Canna (3) Riz (3) Autre (11)	Thé (7) Fruitiers (9)	72	2,0	0,7
Mai Son	64	60	40	Maïs (55) Manioc (6) Soja (6) Riz (3) Autre (10)	Café (4) Canne à sucre (9) Fruitiers (7)	91	2,1	0,7

¹ FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations), 2008. <http://www.fao.org/ag/ca/>

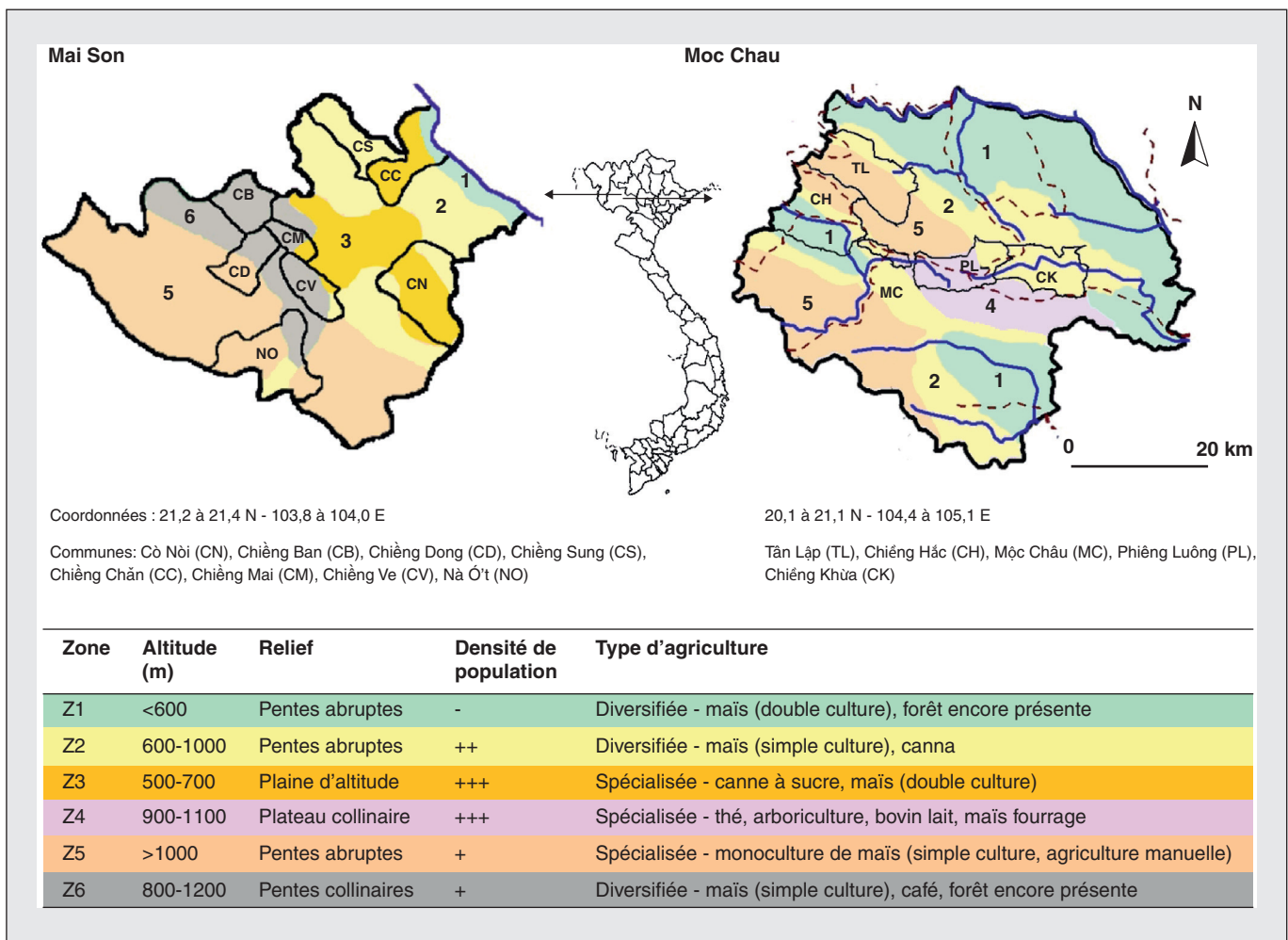


Figure 1. Zonage agroécologique des districts de Moc Chau et Mai Son (Province de Son La) et localisation des villages étudiés.

Figure 1. Agro-ecological zoning of Moc Chau and Mai Son districts (Son La Province) and location of the surveyed villages.

nature des productions spécialisées dans les espaces les plus accessibles : thé, fruits, élevage bovin-lait à MC ; canne à sucre, café arabica et manioc à MS (figure 1). L'histoire agraire récente se caractérise par la mise en culture des pentes dans un contexte d'intégration au marché des exploitations suite à la décollectivisation.

L'altitude varie de 150 à 1 900 m. Les principaux sols sont des ferralsols, des acrisols et des lithosols, au pH neutre à fortement acide. La pluviosité moyenne est de 1 600 mm/an. Les précipitations sont concentrées entre avril et octobre et leur distribution est unimodale. Les paysages se composent de pentes exposées à l'érosion qui surmontent des espaces plats : fonds de vallées (MC et MS), plateau (MC) et plaine d'altitude (MS). Pré-

dominant sur les versants, le maïs (*Zea mays L*) occupe plus de la moitié de la surface agricole cultivée des deux districts. Son grain est destiné à l'alimentation animale. Il est conduit en culture pure et en monoculture, avec travail du sol sur des parcelles allant jusqu'à 80 % de pente. Le maïs est présent sur l'ensemble de la toposéquence, mais sa double-culture n'est pratiquée que jusqu'à 800 m d'altitude environ. Les versants comportent également des plantations (thé, fruitiers, café) et des cultures annuelles secondaires : manioc (*Manihot esculenta C*) dans les deux districts et canna (*Canna edulis Ker*, plante à rhizome) à MC. Les systèmes d'élevage (buffles, bovins, porcs et volaille) peuvent être intensifs ou extensifs mais comportent le plus

souvent de petits effectifs par exploitation. La vaine pâture est pratiquée durant la saison sèche (novembre – mars). La plupart des opérations agricoles sont réalisées par de la main-d'œuvre familiale, complétée par l'entraide ou le recours à de la main-d'œuvre temporaire salariée (pour le désherbage ou la récolte) et/ou des prestations de service (pour le labour mécanisé et l'épandage d'herbicides).

Les deux districts présentent une forte hétérogénéité des contextes agraires locaux, notamment selon l'accessibilité et la topographie des villages. Un zonage agroécologique des deux districts a permis de distinguer six écorégions selon des critères topographiques, démographiques, et les formes de mise en valeur agricole. Onze villages d'étude

Tableau 2. Variables quantitatives utilisées pour catégoriser les exploitations par analyse multivariée.

Table 2. Quantitative variables used to categorize farm types by multivariate analysis.

Code de la variable	Transformation	Description
S_ACTIF	Racine carrée	Surface totale exploitée par actif familial équivalent temps plein
VENTE_MO_NON_AGRI	Racine carrée	Contribution au revenu des activités non agricoles et de la vente de main-d'œuvre (%)
INVEST_AGRI	Log	Montant total investi par an dans l'agriculture
S_CULTIVEE	Log	Surface totale exploitée
VENTE_MO	Log	Revenu annuel issu de la vente de main-d'œuvre familiale
SOURCES_REVENU	-	Nombre de sources de revenu
ACCES_MECA	Racine carrée	Valeur des équipements et animaux pour la traction animale et motorisée
CAPITAL_EA	Racine carrée	Valeur des bâtiments, des équipements et du cheptel moyen détenu
PERENNES	Log	Part de la surface en cultures pérennes (%)
<i>Variables supplémentaires *</i>		
AGE_CE	-	Âge du chef d'exploitation
BOUCHES	Racine carrée	Nombre de bouches à nourrir
ADULTES	-	Nombre total de membres de la famille de plus de 16 ans
\$_MO_NON_AGRI	Log	Contribution des activités non agricoles au revenu familial (%)
LOCATION_MO	Log	Montant déboursé annuellement pour la location de main-d'œuvre temporaire
PORCS_CHEVRES	Racine carrée	Nombre total de porcs ou chèvres
ANIM_TA	Log	Nombre total de bovins, buffles et chevaux

* Les variables ont été transformées (log ou racine carrée) et standardisées. Les variables ne présentant pas une normalité suffisante (coefficients d'aplatissement ou de dissymétrie associés à une probabilité de normalité inférieure à 90% à $p = 0,05$) ont été conservées comme variables supplémentaires pour l'interprétation des classes.

ont été sélectionnés à MC et 15 à MS pour tenir compte à la fois des différentes écorégions, d'un degré de spécialisation agricole variable et d'une accessibilité plus ou moins aisée selon les villages (figure 1).

L'enquête en exploitation agricole

L'enquête visait à quantifier les ressources mobilisables et les performances des exploitations, dont découlent certaines contraintes et opportunités pour la conception de prototypes de systèmes de culture en AC. Nous avons interrogé 20 chefs d'exploitation pris au hasard dans chaque village, soit 211 producteurs à MC (dont 181 maïsiculteurs) et 315 producteurs à MS (dont 230 maïsiculteurs), représentant respectivement 11 % et 31 % des ménages dans les villages étudiés. Conduites de mai 2011 à juin 2012, les enquêtes ont porté sur la structure, le fonctionnement et les performances économiques de l'exploitation au cours de la précédente année agricole. Le revenu agricole et le revenu total des ménages

interrogés ont été calculés en différenciant la production agricole *sensu stricto* de la vente de force de travail familiale et des activités non agricoles. Le revenu agricole a été calculé en considérant la valeur à la récolte de toutes les productions vendues et autoconsommées et en tenant compte de l'ensemble des consommations intermédiaires, y compris celles fournies par l'exploitation.

La typologie d'exploitations

La typologie régionale d'exploitations a été conçue par analyse multivariée selon la méthode décrite par Köbrich *et al.* (2003). Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée sur 16 variables reflétant :

- les ressources de l'exploitation ;
- les contraintes dans l'accès aux moyens de production ;
- la diversité des sources de revenu ;
- l'orientation stratégique de l'exploitation (tableau 2).

Seules les exploitations familiales productrices de maïs ont été retenues car elles constituent la cible prioritaire des

actions de vulgarisation de l'AC dans cet espace. C'est en effet la culture du maïs, telle que pratiquée actuellement sur les pentes, qui entraîne les plus forts risques d'érosion.

Parmi celles-ci, 52 exploitations atypiques du point de vue des ressources détenues et des niches économiques occupées ont été écartées. Les sept composantes principales expliquant plus de 95% de la variance ont été utilisées dans une classification ascendante hiérarchique (CAH). Cinq classes d'exploitations ont été retenues et interprétées en comparant leurs valeurs moyennes (test de Kruskal-Wallis Dunn/Bonferroni à $p = 0,05$) pour les variables de caractérisation des exploitations et pour un jeu complémentaire d'indicateurs de durabilité (Lopez-Ridaura *et al.*, 2002) : efficacité économique (productivité de la terre, du travail et du capital), diversité agro-économique (nombre et types d'activités génératrices de revenu), vulnérabilité socio-économique (revenu des actifs familiaux rapporté au taux de pauvreté et au salaire minimum légal), dépendance agro-économique (valeur des intrants achetés hors exploitation,

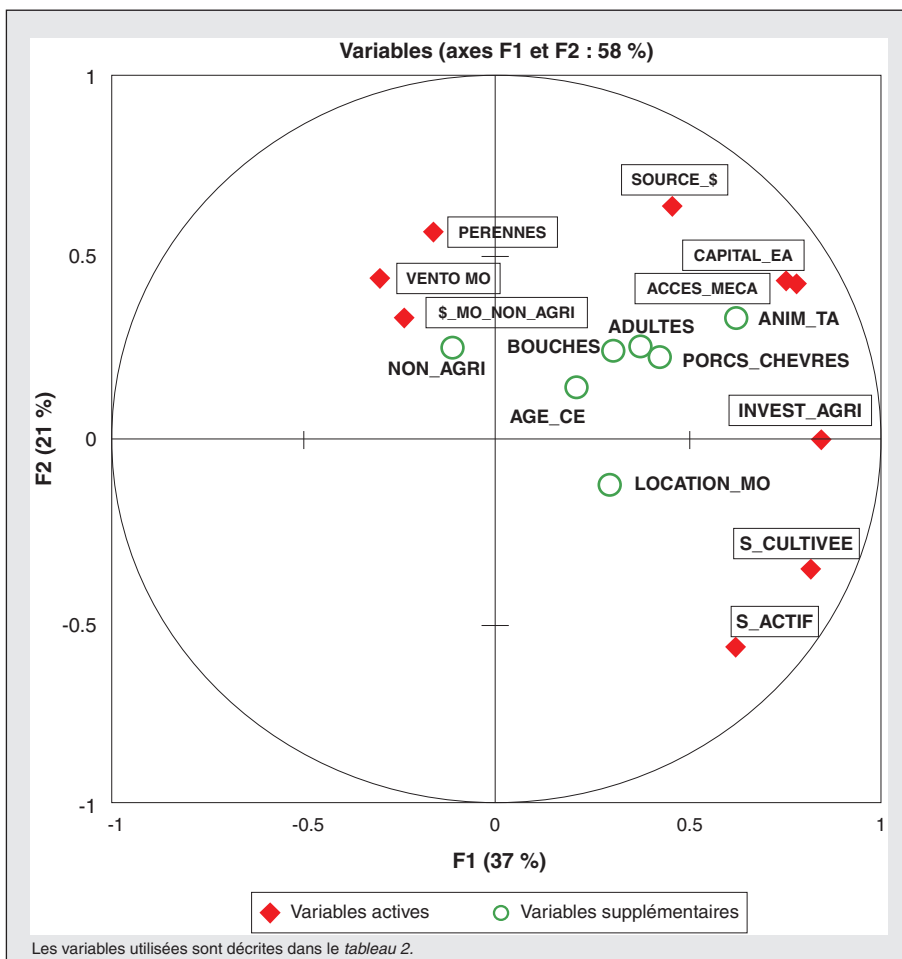


Figure 2. Projection des variables de l'ACP dans le plan factoriel F1-F2.

Figure 2. Projection of the PCA variables in the factorial plan F1-F2.

nombre de jours de travail assurés par des actifs non familiaux, contribution des activités agricoles au revenu du ménage), et vulnérabilité agro-environnementale (part de terres en cultures annuelles sur pentes, efficacité de l'azote pour la production de grains, bilans minéraux, doses et types d'herbicides épanchés sur maïs).

Résultats

L'ACP permet de différencier visuellement les corrélations entre variables constituant les axes (figure 2 et tableau 2) et les types d'exploitation (figure 3). Les deux premiers axes expliquent 58 % de la variabilité. L'axe 1 (37 % de la variabilité) traduit d'abord le fait que la vente de travail familial est opérée au sein d'exploita-

tions fortement contraintes par l'accès au foncier, au capital, et à la traction animale. Il oppose aussi les stratégies de diversification économique par des activités extérieures aux stratégies de spécialisation agricole (contribution élevée des activités de production agricole au revenu) et d'intensification en travail (mécanisation) par des exploitations aux ressources élevées. L'axe 2 (21 % de la variabilité) traduit le fait que les exploitations cultivant des cultures pérennes intensives sont surtout localisées dans des zones d'occupation ancienne et d'accès facile, offrant des opportunités de diversification du revenu malgré un foncier saturé. La comparaison des cinq classes d'exploitations pour un jeu d'indicateurs (tableaux 3 et 4) permet de construire une typologie tenant compte des contraintes dans l'accès aux moyens de production, des

stratégies engagées pour gérer ces contraintes, des objectifs prioritaires visés et du niveau des performances économiques (tableau 5).

Les exploitations des types A et B ont en commun des ressources foncières limitées, un faible capital d'exploitation, un accès limité à la traction animale, et des systèmes d'élevage traditionnels de petite taille, essentiellement porcins, caprins ou avicoles.

Les exploitations du type A ont les plus petites surfaces par actif (0,5 ha). Les actifs familiaux vendent leur force de travail pour compléter le revenu, ce qui génère en retour une contrainte pour les activités de l'exploitation intensives en travail.

Les exploitations du type B sont plus spécialisées et dépendent exclusivement de cultures annuelles (maïs et canna ou manioc). Les cultures pérennes ou semi-pérennes (thé, café, canne à sucre) couvrent en moyenne 16 % de la surface cultivée. Les chefs d'exploitation sont jeunes et recourent à l'entraide pour gérer les pics de travaux. Ces deux types d'exploitations présentent une forte vulnérabilité économique et sociale. Elles ont une faible capacité de mobilisation du capital et d'atténuation des risques du marché ainsi qu'une faible productivité de la terre et du travail. Leur petite taille les rend difficilement divisibles et donc transmissibles aux enfants sur des bases équitables. Les ménages qui les gèrent ont un revenu inférieur ou égal au seuil de pauvreté défini par la Banque Mondiale (1,25 US\$²/personne/jour). Le revenu moyen par actif d'exploitation est inférieur au salaire minimum légal (70 US\$/mois pour un temps plein salarié dans cette province). Il est probable que ces producteurs se reconverteront dans d'autres secteurs d'activité si la possibilité leur en est offerte.

Les exploitations du type C disposent d'un capital modéré à élevé, de la traction animale et de systèmes d'élevage intensifiés de taille intermédiaire. Elles sont surtout contraintes par l'accès au foncier. Leur productivité de la terre est élevée. Les cultures pérennes occupent en moyenne 30 % de la surface exploitée. Les ménages agricoles du type C ont accès à des sources de revenu diversifiées, dont

² 1 US\$ = 0,93 euros.

Tableau 3. Valeurs moyennes par type d'un jeu de variables de caractérisation des exploitations à Moc Chau et Mai Son.

Table 3. Mean values of farm characterization variables compared between farm types in Moc Chau and Mai Son.

Type d'exploitation	n =	Surface exploitée (ha)	Dont maïs (ha)	Dont cultures pérennes (%)	Surface cultivée par actif familial (en ha)	Montant payé pour de la main-d'œuvre extérieure (US\$.an ⁻¹)*	Cheptel détenu (UBT)**	Valeur actualisée du cheptel, des bâtiments et de l'équipement (US\$)
Moc Chau								
A	39	1,2 a	0,6 a	25 bc	0,5 a	99 a	0,7 a	828 a
B	25	1,3 a	0,9 ab	17 b	0,6 a	39 a	0,7 a	509 a
C	54	2,2 b	1,1 bc	23 c	0,7 b	43 ab	2,0 b	2212 bc
D	37	2,6 b	2,3 d	3 a	1,0 c	375 b	1,6 b	1541 b
E	9	3,6 b	2,4 cd	13 bc	1,0 bc	190 ab	2,9 b	4285 c
Mai Son								
A	43	1,2 a	0,6 a	22 b	0,5 a	36 a	0,6 a	1586 a
B	33	1,6 a	0,7 a	14 ab	0,7 b	46 a	0,3 a	879 a
C	52	1,6 a	0,7 a	42 c	0,5 ab	79 a	1,8 b	4998 b
D	17	2,6 b	1,6 b	16 ab	1,2 c	303 b	0,7 a	1861 a
E	50	3,4 b	2,8 b	4 a	1,1 c	456 b	2,4 b	7504 b

Dans chaque district, les types ne comportant aucune lettre identique pour un indicateur diffèrent significativement ($p > 0.05$) pour cet indicateur (Kruskal Wallis, méthode de Dunn, correction de Bonferroni).

*Un taux fixe de conversion a été utilisé : 1 US\$ = 20 000 dongs vietnamiens (VND).

**Cheptel converti en UBT (Unité de Bétail Tropical) selon les coefficients FAO (2002) : bovin : 0,7 UBT ; porc : 0,2 ; chèvre : 0,1 ; volaille : 0,01.

des revenus extérieurs permanents (emploi salarié, pensions de retraites, responsabilités politiques). Le revenu total des ménages est peu supérieur au seuil de pauvreté. Il reste très sensible aux variations de cours des cultures pérennes.

Les types d'exploitation D et E ont des ressources en terre et en capital moyennes à élevées.

Les chefs d'exploitation du type D ont développé une stratégie d'intensification agricole. Ce sont les plus gros consommateurs d'intrants par unité de surface. Ils gèrent la contrainte en travail par l'embauche de main-d'œuvre extérieure. Ils ont des systèmes d'élevage de taille intermédiaire et détiennent la plus grande proportion de terres de pentes parmi tous les types. Ils sont donc les plus dépendants de l'agriculture sur pente et font face à un risque élevé de pertes de sol et d'éléments minéraux par érosion. Leur revenu est proportionnellement le plus sensible aux variations de prix des intrants et aux cours des productions annuelles.

Les exploitations du type E ont misé sur la diversification des activités (agriculture, commerce et transformation des produits). Elles comptent peu de cultures pérennes. Les chefs d'exploitation sont plus âgés. Comme pour le type C, les ménages ont accès à des sources de revenus diversifiées. Toutefois, les activités qu'ils développent demandent un investissement plus élevé et sont en retour plus rentables. Celles-ci comprennent des élevages intensifs (surtout porcins ou avicoles) de grande taille (jusqu'à 14 UBT³/ha) et des activités non agricoles qualifiées (responsabilités politiques indemnisées, transport, délivrance de crédit et d'intrants, transformation post-récolte et/ou activités commerciales à grande échelle).

³ UBT : Unité de Bétail Tropical.

Discussion

Intérêts de la typologie pour la conception de systèmes en AC

La diversité actuelle des exploitations peut s'expliquer par le processus continu de différenciation économique depuis la décollectivisation, initiée par les réformes du *Doi Moi* à partir de 1986 (Castella et Quang, 2002 ; Jourdain *et al.*, 2011). Cette diversité a des implications pour la conception d'alternatives techniques, notamment en AC.

L'identification de types d'exploitation aux contraintes et capacités d'investissement contrastées confirme la nécessité de concevoir une gamme de systèmes en AC à différents niveaux d'intensification (intrants et travail), permettant une gestion différentielle des contraintes selon le type d'exploitation (Blazy *et al.*, 2009 ; Affholder *et al.*, 2010).

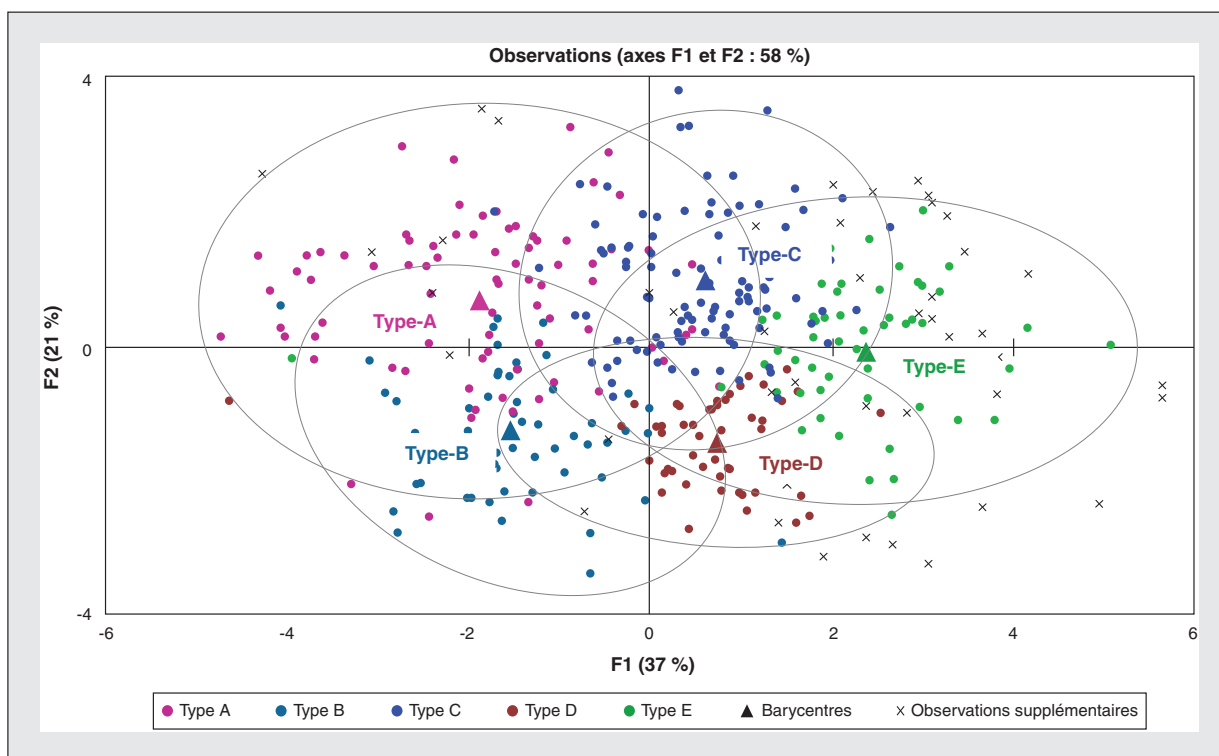


Figure 3. Représentation des exploitations par type dans le plan factoriel F1-F2.

Tableau 4. Valeurs moyennes d'indicateurs économiques selon les types d'exploitations.

Table 4. Mean values of economic indicators compared between farm types.

Type d'exploitation	Revenu annuel du ménage			Diversité économique	Efficience économique		Vulnérabilité économique	
	RA (US\$)	Activités non agricoles (US\$)	Vente de main-d'œuvre familiale (US\$)	Nombre de sources de revenu	Productivité de la terre (RA en US\$/ha)	Productivité du travail (RA en US\$/ETP)	Ratio de pauvreté : Revenu familial / [nb d'actifs familiaux ETP x seuil de pauvreté]	Ratio d'opportunité du travail : revenu familial / [salaire minimum légal x nb. d'actifs familiaux ETP]
Moc Chau								
A	1 106 a	1 191 b	245 b	6 a	944 a	420 a	1,2 a	1,0 a
B	1 425 a	15 a	5 a	5 a	1 085 ab	685 ab	0,8 a	0,7 ab
C	2 729 b	651 b	45 a	9 b	1 224 ab	889 bc	1,4 b	1,1 bc
D	4 043 b	140 a	0 a	5 a	1 531 b	1 305 c	1,9 b	1,6 c
E	4 752 b	733 b	0 a	9 b	1 237 ab	1 204 bc	1,8 b	1,5 c
Mai Son								
A	1 312 a	198 a	126 b	5 b	1 193 ab	544 a	0,9 ab	0,8 ab
B	977 a	46 a	0 a	4 a	848 a	457 a	0,6 a	0,5 a
C	2 929 b	263 b	12 a	8 c	1 774 c	904 b	1,3 bc	1,1 bc
D	3 499 bc	136 ab	1 a	5 ab	1 351 abc	1 543 bc	1,7 cd	1,6 cd
E	4 386 c	755 b	45 a	7 c	1 318 bc	1 488 c	2,5 d	1,9 d

Dans chaque district, les types ne comportant aucune lettre identique pour un indicateur diffèrent significativement ($p > 0.05$) pour cet indicateur (Kruskal Wallis, méthode de Dunn, correction de Bonferroni).

RA : revenu agricole, ETP : équivalent temps plein.

Tableau 5. Typologie structurelle et fonctionnelle des exploitations agricoles dans les districts de Moc Chau et Mai Son (Nord Vietnam).

Table 5. Structural and functional typology of farms in Moc Chau and Mai Son districts (Northern Vietnam).

Type	Santé économique	Objectifs prioritaires	Moyens de production		Orientation stratégique à long terme	Sources de revenu	Stratégies / Contraintes
			Atouts	Contraintes			
A (n = 82)	Les plus vulnérables	Subsistance	Travail	Terre, Capital (Travail)	Spécialisation agricole forcée ou diversification économique	SC / SE de petite taille Vente MO, emploi saisonnier, revenu de solidarité	Migration Vente MO
B (n = 58)	Pauvres	Limitation des risques	Travail (Terre)	Capital	Diversification agricole	SC moyennement intensifs en intrants SE extensifs de petite taille	Agriculture sous contrat, emprunt
C (n = 106)	Intermédiaires	Intégration au marché	Travail Capital	Terre	Diversification économique	Emploi extérieur, services à l'agriculture, petits commerces, activités de transformation	Achat de foncier ou location de terres
D (n = 54)					Intensification agricole	SC intensifs en intrants SE porcins intensifs de taille moyenne	
E (n = 59)	Les plus riches	Accroître le revenu	Terre Capital	Travail	Diversification économique ou spécialisation agricole tirée par le marché	Commerce de grande taille, transformation post-récolte, fourniture crédit ou intrant SC intensifs en intrants, SE intensifs (bovin, volaille, porcs) et de taille importante	Motorisation Emploi MO Mise en location

SC : systèmes de culture ; SE : systèmes d'élevage ; MO : main-d'œuvre.

La typologie générée permet à cet égard d'émettre des hypothèses (tableau 6) sur la nature des options à concevoir en AC afin d'en faciliter l'adoption :

- Des systèmes manuels peuvent être appropriés pour les agriculteurs des types A et B qui ont un accès limité à la traction animale. Dans cette perspective, l'introduction de cannes planteuses est à envisager pour faciliter le semis direct dans le *mulch*.

- Les producteurs des types A et B font face à d'importantes contraintes économiques à court terme (trésorerie limitée, absence d'accès au crédit

formel). Il est donc opportun d'envisager des couvertures végétales pouvant assurer un revenu monétaire rapide en relais du maïs (haricot-riz, niébé, avoine, sarrasin). Des systèmes sans plantes de couverture, en semis direct sur résidus, pourront aussi être envisagés dans la mesure où leurs coûts de production pourraient être inférieurs à ceux des systèmes avec plantes de couverture.

- Les producteurs des types C, D et E disposent de capacités d'investissement plus importantes pour mettre en œuvre l'AC (achat de semences,

d'engrais et d'herbicides, emploi de main-d'œuvre, etc.). Cela permet d'envisager des systèmes avec des niveaux élevés de fertilisation et/ou offrant un retour sur investissement à plus long terme.

- Les producteurs des types C, D et E disposent également de traction animale ou motorisée qu'ils mobilisent dans les parcelles autorisant le recours à la mécanisation. Cela permet d'envisager l'introduction de petits semoirs mécanisés de semis direct et des rouleaux tractés pour le contrôle des plantes de couverture.

Tableau 6. Principales implications de la typologie d'exploitations pour la diffusion de l'AC au nord du Vietnam.

Table 6. Main implications of farm typology for CA development in Northern Vietnam.

Caractéristiques des types d'exploitation	Implications pour la diffusion de l'AC	Type d'exploitation concerné				
		A	B	C	D	E
Avantages						
Accès à la traction animale et/ou motorisée	Introduire semoirs de semis direct et rouleaux tractés - viser des systèmes mécanisés			X	X	X
Usage d'herbicides lorsque la pente et l'accès à l'eau le permettent	Faciliter l'acceptation des herbicides employés en AC, mais substitut à l'atrazine à trouver	X	X	X	X	X
Ateliers d'élevage contribuant significativement aux revenus d'exploitation	Viser l'intégration agriculture-élevage (consommation partielle de couverture, valorisation de sous-produits)			X	X	X
Capacités d'investissement plus élevées et à plus long terme	Viser des systèmes très intensifs. Envisager des systèmes offrant un espoir de gain supérieur à plus long terme				X	X
Contraintes						
Difficultés d'accès à la traction animale	Viser le développement de systèmes manuels (cannes planteuses) et/ou faciliter l'accès à la traction animale	X	X			
Faibles marges de manœuvre économiques	Viser des systèmes peu intensifs en intrants et/ou offrant un retour rapide sur investissement	X	X			
	Envisager des systèmes sur pailis sans plante de couverture	X	X			
	Subventionner équipements et intrants, assurer le risque de conversion, compenser l'augmentation éventuelle des coûts de main-d'œuvre	X	X			
Situation de forte pauvreté	Appui financier spécifique et/ou cibler d'autres exploitations pour impulser la diffusion de l'AC	X	X			
Engagement dans des activités non-agricoles plus profitables que l'agriculture réduisant l'opportunité d'investir dans l'AC	Cibler d'autres types d'exploitations			X		X

– Ces mêmes producteurs possèdent des bovins ou des buffles dont les systèmes d'alimentation reposent sur le pâturage contrôlé et la vaine pâture, complétés par la cueillette de fourrages. Selon le bilan fourrager de l'exploitation, cela peut orienter le choix des plantes de couverture, soit pour contribuer au système fourrager (prélèvement raisonné), soit au contraire pour éviter leur consommation par le bétail (utilisation de couvertures non appétentes telles que certaines crotalaires).

– La plupart des producteurs des types C, D, E gèrent des systèmes

d'élevage porcin intensifs. Ils pourraient donc être intéressés par l'utilisation de couvertures produisant des graines consommables par les porcs (*Mucuna*), réduisant ainsi leur dépendance aux concentrés industriels.

La typologie générée permet aussi d'identifier des contraintes particulières à prendre en compte dans la conception de démarches d'intervention en faveur de l'AC. Des mesures d'accompagnement spécifiques peuvent par exemple être nécessaires pour les exploitations des types A et B si les producteurs font le choix de s'orienter vers ce type de systèmes de culture : subvention des

équipements (canne planteuse, pulvérisateur) et/ou des intrants (semences, engrais, herbicides), compensation de l'éventuelle augmentation des coûts de main d'œuvre, ou encore dispositif assurantiel couvrant les risques de conversion à l'AC.

Facteurs à considérer indépendamment du type

L'étude révèle aussi des problèmes de durabilité communs à tous les types. Tous les systèmes de maïsiculture pratiqués présentent en moyenne un bilan

potassique déficitaire et une faible efficacité de l'azote (Hauswirth, 2013). Les systèmes de culture à concevoir doivent donc viser à corriger ces aspects, par le choix et la gestion des plantes de couverture, l'ajustement des fertilisations, et/ou des innovations systémiques comme la gestion intégrée des éléments minéraux (Ladha *et al.*, 2005). La compatibilité de ces modifications avec les contraintes des producteurs devra être testée pour chaque type d'exploitation. En culture conventionnelle, le recours aux herbicides est fréquent quel que soit le type d'exploitation considéré. Son usage diffère cependant selon le district : 92 % des producteurs interrogés à Moc Chau opéraient un désherbage chimique du maïs, contre 22 % des producteurs interrogés à Mai Son. En AC et en zone tropicale, l'usage d'herbicide est souvent nécessaire pour préserver la productivité du travail (Scopel *et al.*, 2013). Dans le cas du Vietnam, l'usage des herbicides en agriculture conventionnelle se développe depuis plusieurs années. Toutefois, le choix des herbicides à employer doit être questionné. Selon nos enquêtes (Hauswirth, 2013), l'atrazine était appliquée sur maïs à une dose moyenne de 4,3 kg/ha/an en conventionnel, soit plus de deux fois la dose autorisée aux USA. L'atrazine est interdite en Europe depuis 2003 du fait de sa toxicité et de la pollution durable de l'eau qu'elle a engendrée. La conception de systèmes en AC doit donc ici s'accompagner d'une stratégie d'abandon de l'atrazine pour des raisons à la fois environnementales et techniques (faible compatibilité avec la plupart des plantes de couverture envisageables). Ceci suppose le développement de modes de gestion des adventices plus intégrés et l'emploi d'herbicides moins polluants.

Pistes de recherche complémentaires

La comparaison des caractéristiques des différents types d'exploitation et de leurs performances agro-économiques s'avère pertinente pour orienter la conception de systèmes de culture en AC. Toutefois, l'échelle régionale d'analyse nous a amenés à privilégier une approche typologique par analyse multivariée. Cette approche présente l'inconvénient d'être peu informative

sur les logiques d'acteurs et les évolutions pouvant en résulter, notamment pour ce qui concerne les interactions agriculture-élevage au sein des exploitations. Elle ne tient pas compte non plus de facteurs externes aux exploitations, tels que leur environnement institutionnel et économique, ni de la diversité des contraintes de leur environnement biophysique, susceptibles de peser plus ou moins fortement sur l'adoption de l'AC (Knowler et Bradshaw, 2007 ; Giller *et al.*, 2009). Notre approche se limite donc à la conception de prototypes de systèmes de culture, à partir desquels un travail associant les acteurs sera nécessaire pour aboutir à des solutions localement adaptées à la diversité des exploitations. La mobilisation de typologies centrées sur le fonctionnement des systèmes agricoles à l'échelle des villages (Landais, 1998) pourrait être un premier complément dans cette voie.

Il reste également nécessaire de caractériser les rapports entre exploitations (coordination, concurrence, conflit) autour d'enjeux pour l'AC tels que la gestion des résidus de culture. La compréhension de ces relations est un préalable à la négociation de règles collectives au sein de l'espace villageois pour préserver les ressources en eau ou gérer l'érosion. L'établissement de telles règles est aussi un levier pour le développement de l'AC et la mobilisation des pouvoirs publics en sa faveur.

Enfin, la connaissance des caractéristiques des exploitations ne suffit pas pour appréhender en détail l'impact de prototypes de systèmes de culture alternatifs sur les revenus ni sur les flux de main-d'œuvre et de trésorerie dans les exploitations (Affholder *et al.*, 2010). Nous proposons le développement de modèles d'exploitation tenant compte de ces aspects pour analyser l'attractivité économique des options techniques envisagées pour chaque type d'exploitation identifié.

Conclusion

Nos résultats confirment l'importance de prendre en compte la diversité des exploitations pour la conception-évaluation de prototypes de systèmes de culture alternatifs. Cette diversité peut être appréhendée par la réalisation

d'une typologie régionale d'exploitations construite par analyse multivariée. Il s'agit alors de définir les objectifs assignés à chaque prototype envisagé, puis leurs principaux traits techniques, incluant les niveaux d'intensification à considérer. Ces résultats pourront ensuite servir de socle à une démarche de co-conception d'innovations avec les acteurs du développement durable de l'agriculture, dont les producteurs.

L'approche typologique utilisée est également pertinente pour définir des démarches de promotion de l'AC. Il s'agit alors d'identifier les objectifs prioritaires et les contraintes à lever selon les situations agraires et les types d'exploitation, de préciser le niveau et la durée des incitations pour favoriser l'expérimentation et l'ajustement de prototypes par les producteurs, et de déterminer les types d'exploitations à cibler en priorité pour ces actions.

Enfin, dans une perspective d'intensification écologique, d'autres options de mise en valeur des pentes (terrasses antiérosives, cultures pérennes, agroforesterie) doivent aussi être examinées et discutées avec les acteurs. ■

Remerciements

Cette étude a été financée par le Programme d'Appui Multi Pays Agroécologie et par le projet d'Appui au Développement de l'Agroécologie en zones de Montagne du Vietnam (AFD). Nous remercions les étudiants F. Gramond, R. Kong, C. Bourgart et K. Lé pour leurs contributions ainsi que les agriculteurs et autorités de la Province de Son La pour le temps qu'ils nous ont consacré.

Références

Affholder F, Jourdain D, Quang DD, Tuong TP, Morize M, Ricome A, 2010. Constraints to farmers' adoption of direct-seeding mulch-based cropping systems: a farm scale modeling approach applied to the mountainous slopes of Vietnam. *Agricultural Systems* 103:51-62.

Blazy JM, Ozier-Lafontaine H, Dore T, Thomas A, Wery J, 2009. A methodological framework that accounts for farm diversity in the prototyping of crop management systems. Application to banana-based systems in Guadeloupe. *Agricultural Systems* 101:30-41.

Castella JC, Quang DD, 2002. *Doi Moi in the mountains: land use changes and farmers'*

livelihood strategies in Bac Kan Province, Viet Nam. Hanoi: Agricultural Publishing House.

Erenstein O, 2003. Smallholder conservation farming in the tropics and sub-tropics: a guide to the development and dissemination of mulching with crop residues and cover crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 100:17-37.

Giller KE, Witter E, Corbeels M, Tittonell P, 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics' view. *Field Crops Research* 114:23-34.

Hauswirth D, 2013. Évaluation agro-économique *ex ante* de systèmes de culture en agriculture familiale: le cas de l'agriculture de conservation en zone tropicale humide de montagne (Nord Vietnam). Montpellier Supagro, École doctorale SIBA-GHE. Thèse de doctorat en agronomie. <http://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00944072/>.

Jourdain D, Quang D, Van Cuong T, Jamin J, 2011. Différenciation des exploitations agricoles dans les montagnes du Nord du Vietnam: le rôle clé de

l'accès à l'eau? *Cahiers Agricultures* 20:48-59. doi: 10.1684/agr.2011.0470

Knowler D, Bradshaw B, 2007. Farmers' adoption of conservation agriculture: a review and synthesis of recent research. *Food Policy* 32:25-48.

Köbrich C, Rehman T, Khan M, 2003. Typification of farming systems for constructing representative farm models: two illustrations of the application of multi-variate analyses in Chile and Pakistan. *Agricultural Systems* 76:141-57.

Ladha JK, Pathak H, J Krupnik T, Six J, van Kessel C, 2005. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. In: Donald LS, ed. *Advances in agronomy*. Academic Press: 85-156.

Landais E, 1998. Modelling farm diversity: new approaches to typology building in France. *Agricultural Systems* 58:505-27.

Lopez-Ridaura S, Masera O, Astier M, 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-

environmental systems. the MESMIS framework. *Ecological Indicators* 2:135-48.

Martin C, Castella JC, Anh HL, Eguienta Y, Hieu TT, 2004. A participatory simulation to facilitate farmers' adoption of livestock feeding systems based on conservation agriculture in the uplands of Northern Vietnam. *International Journal of Agricultural Sustainability* 2:118-32.

Scopel E, Triomphe B, Affholder F, Silva F, Corbeels M, Xavier J, *et al.*, 2013. Conservation agriculture cropping systems in temperate and tropical conditions, performances and impacts. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33:113-30.

Valentin C, Agus F, Alamban R, Boosaner A, Bricquet JP, Chaplot V, *et al.*, 2008. Runoff and sediment losses from 27 upland catchments in Southeast Asia: impact of rapid land use changes and conservation practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 128:225-38.