

PHAM THANH HAI

**AGROFORESTERIE ET DÉVELOPPEMENT DURABLE :
LE CAS DU DISTRICT DE HA HOA DANS LA PROVINCE
VIETNAMIENNE DE PHU DO**

Mémoire
présenté
à la Faculté des études supérieures
de l'Université Laval
pour l'obtention
du grade de maître en sciences
géographiques (M.Sc.Géogr.)

Département de géographie
FACULTÉ DES LETTRES
UNIVERSITÉ LAVAL

DÉCEMBRE 2000

RÉSUMÉ

La mise en valeur de la forêt est une nécessité pour le Vietnam, comme pour tous les pays d'ailleurs. Cependant, sa surexploitation entraîne des conséquences négatives, tout particulièrement dans ce Vietnam, dont trois quarts de la superficie sont montagneux. Situé en bordure du croissant de hautes terres qui encadrent le delta du fleuve Rouge, le district de Ha Hoa relève en majeure partie de ce monde montagneux et forestier.

Parmi les initiatives déployées afin de réduire l'impact de ce grand problème, il faut compter l'agroforesterie. Selon l'approche de l'*International Centre for Research in Agroforestry* (ICRAF), on trouve 12 systèmes agroforestiers au Vietnam, dont trois sont présents dans le district de Ha Hoa. Il s'agit des cultures sous couvert arboré, du jardin de case et du *Taungya*. Ce dernier système - un type d'association de cultures annuelles et arboricoles assez répandu dans le Sud-Est asiatique - qui représente une des stratégies les plus prometteuses d'utilisation durable des terres au Vietnam, occupe la plus grande proportion de la superficie totale du district de Ha Hoa.

En ayant recours à méthode de la FAO pour l'évaluation des terres, et à l'aide de la représentation cartographique et de l'analyse synthétique par les fonctions des systèmes d'information géographique (SIG), nous montrons clairement que les pratiques agroforestières, précisément le *Taungya*, ne sont pas toujours concordantes avec l'aptitude des terres. Parmi les terres effectivement consacrées au *Taungya*, seulement les deux tiers sont véritablement aptes à l'accueillir, tandis que plus de la moitié des terres qui lui sont propices sont laissées en friche. Ces discordances semblent attribuables à des facteurs socio-économiques tels que les problèmes de propriété foncière, de crédit agricole, de mise en marché et de disponibilité de main-d'œuvre.

Directeur de recherche

Rodolphe De Koninck

Professeur titulaire

Auteur



Pham Thanh Hai

Étudiant à la maîtrise

AVANT-PROPOS

Mon stage achevé, je tiens à remercier tout particulièrement le professeur Rodolphe De Koninck, le professeur Pham Van Cu et monsieur Nguyen Cong Tuyet pour leur aide, leurs idées, leurs conseils qui m'ont été précieux tout au long de mon travail. Je tiens aussi à remercier le professeur Luu Trong Hieu pour son appui dans le cadre du projet "Défi forestier II".

Je ne saurais pas oublier tous mes amis au Québec, et plus particulièrement Christian Bouchard, qui ont fait de mon séjour québécois quelque chose d'inoubliable. J'adresse également toute ma reconnaissance à tout le monde à la Cellule Asie du Sud-Est : Steve Déry, Olivier Lundqvist, France Labrecque, Frédéric Dupré, Yan Kestens, Stéphane Ogeron et Lyne Chabot pour m'avoir accueilli parmi eux pendant mes études à l'Université Laval et mis en contact avec toutes les personnes avec qui j'ai pu collaborer. Je remercie aussi Fanny Quertamp pour son aide en français. Parmi mes collègues vietnamiens, je remercie de leur collaboration Luong Anh Tuan, Phan Viet Ha, et Pham Trinh Hung. Enfin, un grand merci à toute l'équipe du VTGEO pour l'ambiance qui a régné pendant et hors des heures de travail.

Pour terminer, je voudrais remercier :

le Centre de Télédétection et de Géomatique (VTGEO), Institut de Géologie, pour la formation que j'y ai reçue;

le Centre interministère des applications spatiales (CIAS) pour la collection des données topographiques et forestières;

les habitants du district de Ha Hoa pour leur aide sur le terrain et la collecte de données;

le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) pour l'appui financier qui m'a été accordé dans le cadre du projet intitulé "Le défi forestier au Vietnam".

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES ACRONYMES.....	ix
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION.....	1
I.1. PRÉSENTATION DU VIETNAM	1
I.2. LA PROBLÉMATIQUE	3
I.2.1. Pourquoi ce sujet ?.....	3
I.2.2. La déforestation au Vietnam, causes et conséquences.....	4
I.2.3. L'agroforesterie : une des solutions à la déforestation	7
I.2.4. L'étude de l'agroforesterie au Vietnam	8
I.2.4. Les conditions et les contraintes du développement de l'agroforesterie	10
I.2.4.1. Une agroforesterie qui concorde avec les options et les politiques de l'État	10
I.2.4.2. Une agroforesterie rattachée à l'histoire	12
I.2.4.3. Les contraintes	12
I.2.5. L'évaluation des terres	15
I.2.5.1. Pourquoi doit-on évaluer des terres ?	15
I.2.5.2. La diversité des méthodes d'évaluation en fonction des pays et des zones.....	15
I.2.5.3. L'application des méthodes d'évaluation des terres au Vietnam.....	16
I.2.6. L'évaluation des terres en agroforesterie	18
I.2.6.1. La diversité des méthodes en agroforesterie.....	19
I.2.6.2. L'application de la méthode de la FAO	20
I.2.7. Les SIG pour évaluer les terres.....	21
I.2.8. La zone d'étude : Ha Hoa, Phu Tho	23
I.3. LES OBJECTIFS ET L'HYPOTHÈSE	24
I.3.1. L'objectif général	24
I.3.2. Les objectifs spécifiques.....	24
CHAPITRE II : MÉTHODOLOGIE ET DÉMARCHE	25
II.1. LE CHOIX D'UNE ZONE D'ÉTUDE	26
II.2. LE CONCEPT DE L'AGROFORESTERIE	26
II.2.1. La définition	26
II.2.2. La classification	27
II.3. L'ÉVALUATION DES TERRES DE LA FAO EN AGROFORESTERIE.....	32
II.3.1. La formulation des TUTsAF	33
II.3.1.2. La cartographie d'utilisation des terres en agroforesterie	33
II.3.1.3. Les descriptions	34

II.3.2. La détermination des demandes d'utilisation des terres par l'aptitude des terres.....	34
II.3.2.1. La définition des critères et des classes concernant les qualités des terres.....	34
II.3.2.2. La classification des aptitudes des terres pour les TUTs.....	35
II.3.2.3. La combinaison des classes	37
II.3.2.4. La cartographie des aptitudes des terres en agroforesterie	37
II.3.3. L'évaluation de l'adéquation entre les systèmes agroforestiers existants et les demandes d'utilisation des terres	37
II.4. LES SOURCES, LES MÉTHODES DE COLLECTE ET DE TRAITEMENT DES DONNÉES	38
II.4.1. Les données existantes	38
II.4.2. L'étude de terrain.....	39
II.4.2.1. L'entrevue avec des spécialistes locaux	39
II.4.2.2. La cartographie en collaboration avec les populations locales.....	40
II.4.3. Les SIG	40
II.4.3.1. La définition et les fonctions.....	40
II.4.3.2. L'utilité des SIG dans l'évaluation des terres en agroforesterie.....	41
CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	45
III.1. LA PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE	45
III.1.1. Les caractéristiques naturelles	45
III.1.1.1. La localisation	45
III.1.1.2. La climatologie et l'hydrologie.....	46
III.1.1.3. La topographie.....	47
III.1.1.4. Le sol.....	48
III.1.1.5. La forêt.....	52
III.1.2. Les caractéristiques socio-économiques	53
III.1.2.1. Les infrastructures routières	53
III.1.2.2. L'utilisation des terres.....	54
III.1.2.3. L'administration.....	55
III.1.2.4. La population.....	56
III.2. LES TYPES D'UTILISATION DES TERRES EN AGROFORESTERIE.....	58
III.2.1. Les cultures sous couvert arboré.....	60
III.2.2. Le jardin de case incluant les animaux	61
III.3. LE <i>TAUNGYA</i>	62
III.3.1. La description	62
III.3.2. Les demandes d'utilisation des terres en <i>Taungya</i>	64
III.3.3. L'aptitudes des terres pour le <i>Taungya</i>	66
III.4. L'ADÉQUATION ENTRE LES APTITUDES DES TERRES POUR LE <i>TAUNGYA</i> ET LE <i>TAUNGYA</i> EXISTANT.....	69
CHAPITRE 4 : CONCLUSION	75
BIBLIOGRAPHIE.....	78
ANNEXE 1. LA SUPERFICIE ET LE POURCENTAGE DES TYPES D'UTILISATION DES TERRES.....	88

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Le Vietnam et ses voisins	2
Figure 2. L'Asie du Sud-Est. Évolution du couvert forestier. 1970-1990	5
Figure 3. L'organigramme méthodologique	25
Figure 4. La classification des systèmes agroforestiers	29
Figure 5. L'arrangement temporel des composantes dans les systèmes agroforestiers	29
Figure 6. Le cadre des méthodes de collecte et de traitement des données	39
Figure 7. Les modèles de données vectorielles et matricielles.....	42
Figure 8. Le lien entre le fichier de données géographiques et celui d'attributs.....	42
Figure 9. Le district de Ha Hoa et ses voisins.....	46
Figure 10. La température et la pluviosité annuelles.....	47
Figure 11. Le système hydrologique et l'altitude	48
Figure 12. La pente.....	49
Figure 13. La pédologie.....	50
Figure 14. La texture du sol	51
Figure 15. La profondeur du sol.....	52
Figure 16. Les infrastructures routières.....	54
Figure 17. L'utilisation des terres	55
Figure 18. L'évolution de limites du district de Ha Hoa	56
Figure 19. L'évolution de la population entre 1927 et 1997.....	57
Figure 20. Les communes, la densité de population et le taux de superficie de rizière par commune en 1997	57
Figure 21. La culture (thé) sous couvert arboré (cassie)	58
Figure 22. Le jardin de case	59
Figure 23. Le <i>Taungya</i> (manioc et eucalyptus).....	59
Figure 24. L'aptitude des terres pour le <i>Taungya</i>	67
Figure 25. La superposition du <i>Taungya</i> et de la terre non-utilisée sur l'aptitude des terres pour le <i>Taungya</i>	70
Figure 26. Le <i>Taungya</i> existant sur l'aptitude des terres pour lui	72
Figure 27. L'aptitude des terres pour le <i>Taungya</i> sur la terre non-utilisée	74

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Quelques chiffres importants concernant le Vietnam	2
Tableau 2. L'impact de l'utilisation des terres sur l'érosion (types de pente : 15-25 degrés, régions montagnardes du Nord et hauts plateaux)	6
Tableau 3. La distribution des systèmes agroforestiers dans les différentes zones du Vietnam	11
Tableau 4. Les systèmes agroforestiers au Vietnam	31
Tableau 5. Les indications des classes d'aptitude des terres pour les TUTs	36
Tableau 6. Les fonctions des SIG utilisées.....	44
Tableau 7. L'évolution du prix du thé et du riz de 1991 à 1999.....	61
Tableau 8. La description du <i>Taungya</i>	64
Tableau 9. Les demandes d'utilisation des terres pour le <i>Taungya</i>	66
Tableau 10. La superficie des classes d'aptitude des terres pour le <i>Taungya</i> par commune....	68
Tableau 11. La superficie et le pourcentage du <i>Taungya</i> et la terre non-utilisée sur l'aptitude des terres pour le <i>Taungya</i>	71

LISTE DES ACRONYMES

CIAS	Centre Inter-ministériel des Applications Spatiales
CRDI	Centre de Recherches pour le Développement International
D&D	Diagnosis and Design
DFVN	Défi Forestier au Vietnam
FAO	Food and Agriculture Organization
FIPI	Forest Inventory Planning Institute
ICRAF	International Centre for Research in Agroforestry
JICA	Japan International Cooperation Agency
MADR	Ministère d'Agriculture et de Développement Rural
MF	Ministère de la Forêt
N	Inapte
NIAPP	National Institute for Agricultural Planning and Projection
ONG	Organisation Non-Gouvernementale
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
S1	Très apte
S2	Apte
S3	Peu apte
SIDA	Swedish International Development Agency
SIE-Delta	Système d'Information Environnementale du delta du Fleuve Rouge
SIG	Système d'Information Géographique
TUT	Type d'Utilisation des Terres
TUTsAF	Types d'Utilisation des Terres en Agroforesterie
VTGEO	Centre de Télédétection et de Géomatiques

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

I.1. PRÉSENTATION DU VIETNAM

Le Vietnam se trouve sur la bordure orientale de la péninsule indochinoise de l'Asie du Sud-Est. Ce pays (figure 1) "se caractérise par un long étirement latitudinal - environ 15 degrés, entre les 8° et 23° Nord - intertropical et côtier." (De Koninck, 1997, p. 8). Ces coordonnées géographiques favorisent un rayonnement solaire considérable, source d'énergie principale pour tous les processus géographiques naturels (Pham Van Vang, 1990, p. 6). "En dehors des deux grands deltas du fleuve Rouge et du Mékong et des étroites plaines côtières qui les relient, le pays présente un relief étagé : les collines et les montagnes y couvrent environ les trois quarts de la superficie. La convergence de ces conditions, à savoir une tropicalité riveraine et "étirée" conjuguée à un relief exceptionnellement accidenté, est favorable à la biodiversité" (De Koninck, 1997, p. 8).

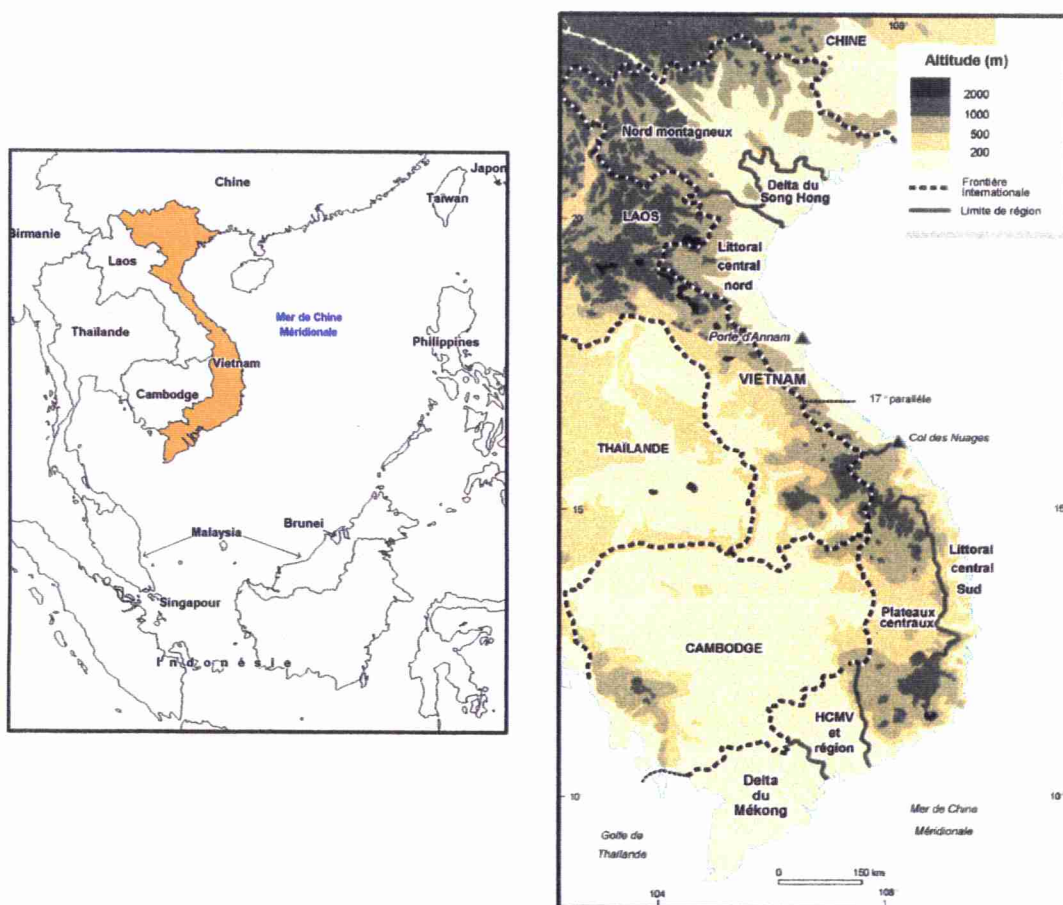
La superficie du Vietnam est de 33,1 millions d'hectares, une dimension moyenne parmi les pays de l'Asie du Sud-Est. La superficie des terres en friche occupe près de 40 p. 100 du pays (Tran An Phong et al., 1995). Une réflexion sur le mode d'exploitation et d'utilisation du sol est nécessaire à la recherche d'un meilleur développement pour ce pays marqué par une densité de population élevée (233 hab. par km² en 1997) et une croissance démographique encore trop forte.

Le Vietnam regroupe 54 ethnies, dont les Kinh qui comptent pour environ 84 p. 100 de la population totale et se concentrent dans les plaines et les deltas. Le pays est pauvre, le revenu annuel moyen par habitant ne dépassant pas 330 USD en 1997 (<http://www.un.org/Depts/unsd/social/inc-eco.htm>), ce qui le plaçait alors parmi les 32 pays les moins riches du monde et les trois plus pauvres de l'Asie du Sud-Est. Depuis le *Doi Moi* en 1986, puis avec son entrée en 1995 dans l'Association des nations de l'Asie du Sud-Est (ASEAN), le Vietnam tend à s'intégrer de plus en plus à l'économie mondiale.

Localisation (figure 1)	Péninsule indochinoise ; frontalier de la Chine, du Laos et du Cambodge sur la mer de Chine méridionale
Climat	de mousson tropicale
Pluviosité	2000 à 3000 mm par an
Température moyenne	21-27°C
Tempêtes tropicales	6 à 10 tempêtes par an
Superficie totale	33,1 millions ha
Population (1997)	77 millions habitants, dont 70 % sont ruraux
Croissance démographique, 1995-2000	1,75 %
La base économique est l'économie de marché.	
Le Vietnam s'est développé récemment comme un exportateur majeur de riz et de café (3 ^{ème} rang mondial dans les deux cas)	

Source : Koppelman et al., 1996; Tran An Phong et al., 1995; www.un.org/Depts/unsd/social/poptn.htm

Tableau 1. Quelques chiffres importants concernant le Vietnam



Source : Centre de Télédétection et de Géomatique, 1999; Lebar et al., 1964 tiré de De Koninck, 1997

Figure 1. Le Vietnam et ses voisins

I.2. LA PROBLÉMATIQUE

I.2.1. Pourquoi ce sujet ?

L'agriculture et la sylviculture sont deux secteurs essentiels dans la structure économique du Vietnam et jouent un rôle très important dans la société vietnamienne.

L'urbanisation, l'industrialisation, la croissance démographique, la demande en produits agricoles et en produits forestiers, ainsi que le rôle que joue la population locale dans l'utilisation et la gestion des ressources naturelles entraînent une conversion rapide des espaces forestiers à d'autres usages (De Koninck, 1997). Ce processus de conversion, notamment en zones agricoles, augmentera le risque d'effet négatif sur l'environnement (Olive, 1998). L'essence des problèmes ci-dessus mentionnés est que "le monde est aujourd'hui confronté à un défi majeur : celui de concilier la production agricole et forestière avec la conservation des ressources naturelles. Il s'agit en fait d'un véritable dilemme : comment peut-on assurer le développement des communautés rurales tout en préservant les sols et la biodiversité ? Les systèmes agroforestiers tentent de résoudre ce dilemme en créant une étroite synergie entre la foresterie et l'agriculture" (Olivier, 1998, p. 7). En effet, l'alternative de l'agroforesterie est une des solutions, par exemple dans les cas de la province de Lam Dong (voir Déry, 1999), de la zone montagneuse du Nord (voir Nguyen Huy Phon, 1996), etc. L'agroforesterie permet de poursuivre les objectifs suivants : (1) diversification des productions agricoles et forestières, en particulier dans le cas de faibles réserves foncières; (2) contribution de la production durable des cultures et du bétail dans des régions à problèmes, qui sont soit caractérisées par des terres fragiles soit retardées au plan économique; (3) contribution à la réhabilitation des terres et à l'augmentation de la production sur des terres jadis dégradées (Torquebiau, 1990; Wiersum, 1990; Nair, 1993; Young, 1997; Olivier, 1998). C'est tout un programme, et il faut bien avouer que les systèmes agroforestiers ne permettent pas tous d'atteindre ces objectifs avec le même succès (Olivier, 1998, p. 7).

Bien que le concept d'agroforesterie soit relativement récent dans la littérature scientifique, l'association d'arbres avec les cultures demeure une pratique très ancienne. C'est en 1977 que l'agroforesterie a fait sa véritable entrée dans le monde scientifique avec la création de l'*International Centre for Research in Agroforestry* (ICRAF). Depuis cette date, les études

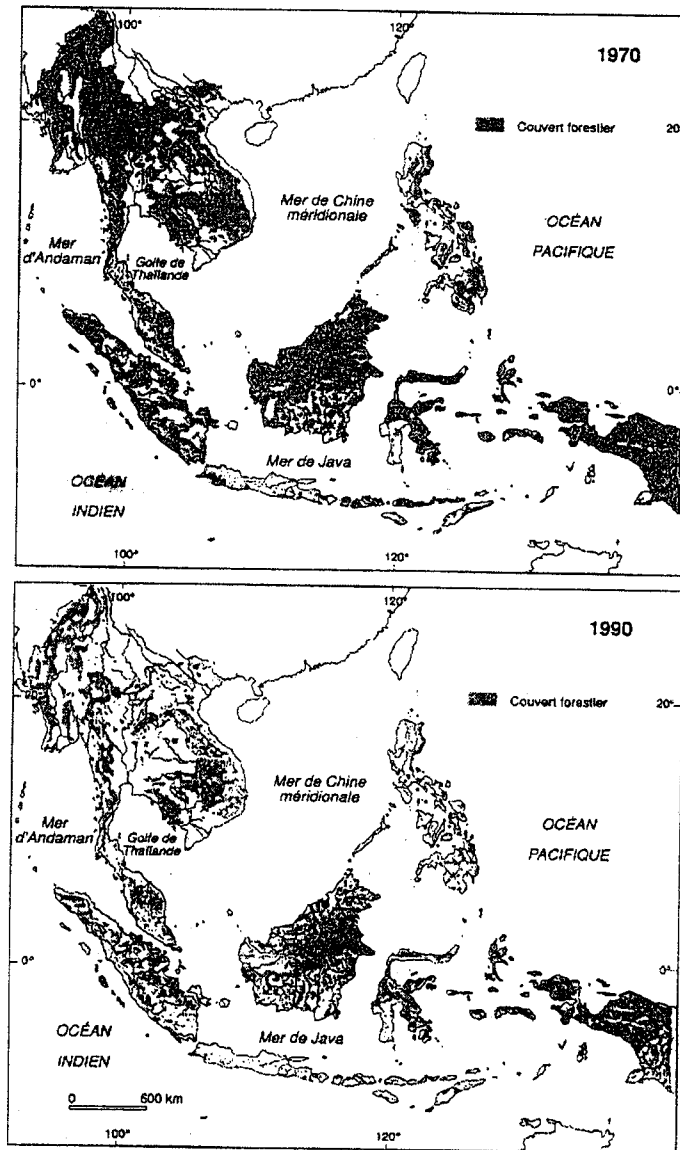
scientifiques sur l'agroforesterie sont devenues courantes. Comme ailleurs dans le monde, les systèmes agroforestiers existent au Vietnam depuis longtemps. Les paysans y ont pratiqué l'association d'arbres avec des cultures et/ou des élevages. Cependant, pendant longtemps, les agronomes vietnamiens ont ignoré le rôle des arbres dans les systèmes agricoles. Les années 1980 ont été marquées par un nouvel intérêt pour ce domaine qui retient désormais l'attention des chercheurs, des agences de développement et des gouvernements étrangers. L'agroforesterie est donc encore une science jeune et, comme toute nouveauté, nous devons l'appivoiser (Mary et Besse, 1995a).

Il est nécessaire d'étudier et de développer chaque type d'utilisation des terres qui a connu un succès, en fonction de la capacité de production des terres, limitée par les conditions climatiques, pédologiques, morphologiques ainsi que par les modes d'utilisation et de gestion adaptée. En effet, une des caractéristiques essentielles des systèmes agroforestiers dépend du site biophysique et des conditions socio-économiques spécifiques (Nair, 1991, p. 56). Par conséquent, la parfaite connaissance des types d'utilisation des terres, incluant l'agroforesterie dans une relation avec des potentialités des ressources en terres, est une condition préalable essentielle d'une utilisation optimale des terres et, à plus long terme, d'un développement agricole et économique rationnel et durable (FAO, 1994a).

I.2.2. La déforestation au Vietnam, causes et conséquences

Chaque année, dans le monde, au moins 180 000 kilomètres carrés de forêts et de savanes boisées tropicales (près de 2 p. 100) sont déboisés au profit des cultures commerciales, des cultures itinérantes et des établissements humains (UICN et al., 1991, p. 138).

Comme ailleurs en Asie du Sud-Est, la déforestation de tous les types de forêts a été particulièrement marquée au Vietnam au cours des cinq dernières décennies, par exemple pendant la période de 1970 à 1990 (figure 2). En fait, les évaluations sont assez fluctuantes, en fonction des auteurs et de leurs sources (De Koninck, 1997). Selon les chiffres officiels du Ministère d'Agriculture et de Développement Rural (MADR) et du Département Général du Cadastre, entre 1943 et 1995, la part de la couverture forestière aurait diminué de 43 à 28 p. 100 du territoire (Nguyen Cong Tan, 1999, p. 2). Au vu des statistiques et des données diverses, les ressources forestières se sont nettement réduites, sur une courte période, créant une situation problématique (Le Ba Thao, 1998, p. 95).



Source : De Koninck, 1994

Figure 2. L'Asie du Sud-Est. Évolution du couvert forestier. 1970-1990

La plupart des zones cultivées et habitées furent autrefois couvertes de forêts et l'agriculture contemporaine exploite essentiellement des sols qui se sont formés sous couvert forestier (UICN et al., 1991, p. 136). Il est aussi généralement accepté que les causes principales de la déforestation soient liées aux programmes de transfert de population, à l'abattage des forêts pour l'agriculture à grande échelle, aux entreprises forestière, à la production animale, et à l'agriculture itinérante (Nair, 1993, p. 9). Au Vietnam, les causes fondamentales sont : l'expansion agricole, la coupe commerciale, la coupe du bois de feu, l'agriculture itinérante et d'autres causes dont les guerres (De Koninck, 1997).

La forêt représente un élément central des écosystèmes mondiaux (UICN et al., 1991, p. 136). De nombreux travaux ont été réalisés pour montrer ses différents rôles aux plans climatique et atmosphérique, dans le cycle de l'eau, la conservation du sol, la limitation de la sédimentation, la régulation de l'écoulement de l'eau et des crues, pour le milieu vivant avec ses millions d'espèces terrestres et aquatiques; bref la forêt contribue aux ressources de l'humanité, à ses activités économiques, sa santé, sa culture, son art, ses religions, etc. (UICN et al., 1991; World Bank, 1991; Le Ba Thao, 1998). La déforestation est donc synonyme de la perte de ces rôles.

Au Vietnam, bien que les chiffres concernant la déforestation soient variables selon les sources, il n'y a pas de divergence d'opinions sur les conséquences négatives de la déforestation. La déforestation "s'accompagne d'un processus tout aussi inquiétant, qui affecte non seulement le Vietnam mais aussi d'autres pays de la région, (...). En effet, alors qu'une proportion non négligeable des forêts fait place aux cultures pérennes, une autre au moins tout aussi importante est laissée en friche, souvent après quelques années de culture ; les terres sont ensuite abandonnées, ce qui mène souvent à l'érosion et au lessivage excessif des sols, qui deviennent littéralement dénudés" (De Koninck, 1997, p. 9).

Une étude de l'érosion affectant des terrains soumis au brûlis dans le Nord-Ouest du Vietnam a indiqué que, chaque année, la perte des terres de surface est de 1 cm à 1,5 cm par l'érosion hydraulique. Au total, ce sont 100 tonnes à 150 tonnes par hectare par an qui sont emportées (Bui Quang Toan, 1968), tandis qu'on sait bien que pour créer une couche de terre de 1 cm, il faut de 100 ans à 400 ans, et pour avoir une couche de terre de 30 cm pour la culture agricole, il faut de 3 000 ans à 12 000 ans (Tran An Phong et al., 1995). On n'ose pas comparer avec la durée d'une vie humaine. Car une fois que la terre est perdue, elle l'est pour toujours. Or, le rôle que joue la forêt pour contrer l'érosion est considérable (tableau 2).

Type d'utilisation du sol	Érosion (tonnes par ha)
Couvert herbeux naturel (savane)	150 – 235
Manioc ou riziculture sur brûlis	175 – 260
Cultures commerciales arbustives : caféier, théier	22 – 70
Couvert forestier	3 – 12

Source : Tran An Phong et al., 1995

Tableau 2. L'impact de l'utilisation des terres sur l'érosion (types de pente : 15-25 degrés, régions montagneuses du Nord et hauts plateaux)

En effet, sous couvert forestier, l'érosion reste plus faible, jusqu'à 50 fois moins importante qu'avec d'autres types d'utilisation du sol.

À côté de la perte des sols et de la diminution de la teneur en nutriments, la déforestation au Vietnam entraîne aussi la diminution de la biodiversité, avec la disparition d'espèces de mammifères et de plantes forestières rares et endémiques qui représentent une importante ressource locale, notamment aux plans nutritionnel et médicinal. Une étude récente (Dang Huy Huynh et al., 1996) a démontré que, suite à la déforestation, plusieurs espèces d'animaux et de plantes ont été perdues dans de nombreux endroits de la province de Tuyen Quang au centre de la région montagneuse du nord du Vietnam. Dans les régions éloignées des villes, surtout dans les montagnes, les habitants ont l'habitude d'utiliser les plantes médicinales ramassées dans les forêts plus que les médicaments modernes. La perte de la forêt se produit parallèlement à la perte des ressources médicales naturelles, ce qui pose des problèmes sociaux.

Parmi les principales conséquences de la déforestation, on trouve aussi, par exemple, une augmentation des eaux de crues dans les provinces de Son La et de Lai Chau, des inondations sérieuses dans les zones côtières du nord et du centre-sud du Vietnam, la dégénération et l'érosion du sol, en particulier sur les fortes pentes et, enfin, la disparition des forêts de mangroves.

1.2.3. L'agroforesterie : une des solutions à la déforestation

Pour faire face à ces défis, plusieurs études visent à réduire l'ampleur de la déforestation et suggèrent comme alternatives diverses stratégies de gestion des terres, y compris l'agroforesterie (Nair, 1993, p. 9).

Comme plusieurs pays en voie de développement, le Vietnam fait face à des problèmes divers de nature agricole et/ou écologique : surexploitation des ressources forestières, dégradation et perte des sols, pression démographique, insécurité foncière. Les systèmes agroforestiers sont prometteurs pour relever ces défis (Gordon et al., 1990). Récemment, ces systèmes ont été employés comme une stratégie de développement afin d'alléger la pauvreté rurale et la dégradation écologique (Lai, 1991). Au Vietnam, la volonté de freiner la déforestation est claire. Pour cela il faut identifier les meilleures solutions et valoriser l'agroforesterie comme

une des solutions possibles. Bien que les systèmes agroforestiers permettent de restaurer le couvert forestier de terrains défrichés, ils ne constituent toutefois pas pour autant des substituts aux forêts, qui sont souvent mieux aptes à préserver les fonctions écologiques naturelles et la diversité biologique, tout en offrant des sources de revenus plus durables (UICN et al., 1991).

L'interaction entre les différentes composantes de l'agroforesterie favorise généralement la protection des sols et la conservation de l'eau et des matières nutritives. À ce titre, l'agroforesterie fonctionne, en quelque sorte, comme les écosystèmes naturels à couches multiples. Cependant ce système impose souvent certaines limites, notamment au niveau de la productivité, en comparaison avec la monoculture (UICN et al., 1991, p. 126).

1.2.4. L'étude de l'agroforesterie au Vietnam

En 1981, quatre ans après l'établissement de l'ICRAF, pour la première fois au Vietnam, une étude scientifique d'une durée de cinq ans a été réalisée sur l'agroforesterie (1981-1985) (Phan Xuan Dot et al., 1985). Ce programme de recherches a marqué un développement important pour l'étude des systèmes agroforestiers au Vietnam. Il a permis de répertorier plus de 30 types agroforestiers. Les auteurs ont évalués et ont proposé de les développer au niveau national. Dans chaque zone écologique, des systèmes agroforestiers spécifiques peuvent être implantés. Lorsque la superficie de terrain en friche est grande, les demandes en produits alimentaires et en bois de chauffage augmentent et cela entraîne la dégradation de l'environnement. L'application des systèmes agroforestiers est recommandée pour tenter de résoudre ces problèmes. Devant l'urgence et l'importance de ces problèmes, ce projet a sollicité de nombreuses ressources humaines et matérielles.

D'ailleurs, à la même époque, d'autres études sur l'agroforesterie ont été menées. Le contenu de ces études est semblable à celui de l'étude dirigée par Phan Xuan Dot en 1985, mais plus détaillé. Par exemple, Nguyen Van Truong (1985) a tiré une conclusion globale des expériences locales et des pratiques agroforestières existantes sur des parcelles différentes de collines, de montagnes, de vallées pour faire valoir les capacités biologiques de chaque système écologique. L'auteur a examiné la relation entre le sol et les systèmes agroforestiers et il a proposé de développer ces derniers dans les régions similaires (Nguyen Van Truong,

1985). En 1990, Pham Van Vang a étudié à l'échelle nationale les pratiques agroforestières basées sur l'utilisation des conditions naturelles, surtout les sols (Pham Van Vang, 1990).

A cette époque (1981-1990), il n'existait aucune définition officielle de l'agroforesterie au Vietnam. Cependant, du fait du caractère pluridisciplinaire de l'agroforesterie, diverses définitions ont été proposées par des chercheurs vietnamiens connus dans les domaines de l'écologie, la foresterie, l'aménagement du territoire, l'agriculture, etc. La publication "Quelques opinions sur l'agroforesterie (*Mot so y kien ve nong lam ket hop*)" (ministère de la Forêt, 1987a) est une collection de 11 articles, rassemblant des définitions des chercheurs Vo Quy, Hoang Hoe, Nguyen Van Chuong, Vu Tuyen Hoang, Le Trong Cuc, Nguyen Quang Ha, Ton Gia Huyen, Nguyen Ngoc Binh, Bui Minh Vu, Nguyen Van Thuong, Nguyen Duc Khang.

D'autres définitions ont été proposées, telles celles du ministère de la Forêt (1987b) et de Pham Van Vang (1990). Se fondant sur les conditions naturelles et socio-économiques, ces auteurs reconnaissent que l'agroforesterie est un des types d'utilisation des terres durable. Le développement de l'agroforesterie est considéré comme une des façons efficaces de recouvrir les sols nus.

"Les systèmes agroforestiers au Vietnam (*Cac he nong lam ket hop o Vietnam*)" (Vu Biet Linh et Nguyen Ngoc Binh, 1995) est le premier ouvrage vietnamien sur la science agroforestière générale. Il a confirmé que, au delà des succès environnementaux, le développement agroforestier associe les aspirations des paysans et les politiques de l'État. Plus particulièrement, ce livre a commencé à fournir des critères pour le choix des arbres et des plantes différentes dans chaque zone écologique, pour chaque système agroforestier, par exemple certaines espèces végétales dans les zones basses, d'autres dans les zones élevées et d'autres encore dans les zones sablonneuses côtières.

Récemment, plusieurs systèmes agroforestiers ont été introduits au Vietnam, avec le financement des organismes internationaux, notamment le CRDI, la FAO, le PNUD, le SIDA, le JICA, etc. Ces projets ont permis l'amélioration des systèmes d'agrosylvopêcherie dans la zone saline littorale, l'implantation d'autres systèmes agroforestiers dans les zones sablonneuses et les zones en pente ainsi que l'avancement des connaissances agroforestières.

À la suite de ces projets, des fermes forestières ont été aménagées dans le Nord, dans le but d'approvisionner en matières premières l'usine de papier de Bai Bang. Aussi dans cette zone, Kardell a documenté en 1993 un cas de monoculture qui épuise rapidement la fertilité et érode les sols. Il a alors proposé quelques solutions agroforestières pour remplacer la monoculture et élaborer des systèmes agricoles productifs et durables (Kardell, 1993).

En bref, les études ont été menées à quatre échelles distinctes : le district, la province, la région et le pays dans son ensemble. Ces travaux confirment qu'au Vietnam, les systèmes agroforestiers sont très variés et complexes et existent depuis longtemps. Les auteurs ont émis diverses propositions afin d'aider l'aménagement des différentes régions écologiques (tableau 3). Ces solutions, tout en soulignant le rôle important de l'agroforesterie, permettraient de résoudre les problèmes dans certaines zones. Les rapports cités ci-dessus ont justifié l'intérêt pour l'introduction des systèmes agroforestiers, telles que les cultures en couloir, les haies brise-vent, le *Taungya*, le jardin de case, etc., préférables aux systèmes d'utilisation des terres traditionnels au plan de la productivité et de la protection du sol. Cependant, il subsiste certains problèmes concernant les systèmes agroforestiers, comme l'efficacité économique selon les types écologiques, le rôle du facteur agricole pour la foresterie, la durabilité des systèmes, les interactions écologiques et économiques. En particulier, les auteurs des rapports n'ont pas cartographié la distribution spatiale des systèmes agroforestiers ni les relations entre la qualité des terres et les systèmes agroforestiers.

1.2.4. Les conditions et les contraintes du développement de l'agroforesterie

1.2.4.1. Une agroforesterie qui concorde avec les options et les politiques de l'État

Le gouvernement vietnamien a comme intérêt la protection des ressources naturelles et l'amélioration du niveau de vie des paysans, ce qui se manifeste dans ses politiques nationales, comme la campagne de 1958 qui visait à bien délimiter les espaces agricoles quatre ans après que la paix ait été rétablie au Nord du Vietnam. La campagne de 1990 visait à sédentariser les deux tiers des agriculteurs itinérants du pays, limitant ainsi la pratique de la défriche-brûlis (ministère de la Forêt, 1991).

Dans la continuité, l'État a lancé en 1992 le Programme 327 qui vise à recouvrir à un usage végétal toutes les terres en friche pour le développement de l'économie rurale.

Les systèmes agroforestiers	La distribution dans les zones				Haute
	Basses				
	La zone littorale	La zone inondée salée du littoral	La zone de sols sulfatés	La zone de plaine	
Agrosylvicoles					
1. Les haies brise-vent	x			x	
2. La culture en couloirs					x
3. Les systèmes de culture itinérante					x
4. Les cultures sous couvert arboré					x
5. Les jardins multiétagés			x	x	x
6. Le <i>Taungya</i>					x
7. Culture intercalaire					x
8. <i>Les jardins de case</i>	x	x	x	x	x
Sylvopastoraux					
9. Les sylvopastoraux					x
Agrosylvopastoraux					
10. Les jardins de case, inclusion d'animaux	x	x	x	x	x
11. Les sylvopêcheries aquatiques		x	x		
12. Les agrosylvopêcheries			x		

Source : Koppelman et al., 1996; Nguyen Ngoc Binh, 1995; Vu Biet Linh et Nguyen Ngoc Binh, 1995

Tableau 3. La distribution des systèmes agroforestiers dans les différentes zones du Vietnam

La question foncière est importante et souvent posée, particulièrement pour les arbres qui prennent plusieurs années pour produire les récoltes précieuses. Si les paysans n'ont pas la propriété du sol ou une garantie raisonnable d'un accès à long terme à l'exploitation de la terre, ils sont évidemment hésitants à investir dans le domaine agroforestier. Le 6 novembre 1982, le Conseil des ministres a pris la décision No 184/HDBT de distribution des terres sylvicoles et forestières. Le 12 novembre 1983, la directive 29/CT/TW du secrétariat central du Parti communiste encourage fortement les paysans à transformer la terre en type agroforestier. Ensuite, les instructions techniques établies par le ministre de la Forêt le 13 décembre 1982 (circulaire No 64/TT/HTX) et le 31 mars 1984 (circulaire No 895/HTX) précisent les modalités de la décision et des directives mentionnées ci-dessus.

En 1986, l'économie vietnamienne est officiellement passée du statut d'une économie centralisée, bureaucratique et subventionnée, à celui d'une économie orientée vers le marché. Cela a profondément changé la forme de l'appropriation des moyens de production et, de manière générale, le système des coopératives paysannes, culminant en 1993 dans l'adoption par l'Assemblée nationale d'une nouvelle loi foncière. La terre est maintenant détenue par la

population mais sous la surveillance et la responsabilité de l'État. Les droits d'utilisation des terres données aux paysans couvrent un maximum de 20 ans pour les terres en cultures annuelles et de 30 à 50 ans pour les zones forestières. Les utilisateurs ont cinq droits d'utilisation du sol : transmission, aliénation, location, succession et hypothèque. Ce sont des droits importants, parce qu'ils assurent les droits d'utilisation des terres à long terme aux paysans et leur permettent d'investir dans leurs champs, en toute confiance, sans crainte de perdre ces investissements.

L'État poursuit, par ailleurs, des politiques démographiques et de planification familiale, qui visent à réduire le nombre d'enfants à deux afin de diminuer la pression de la population sur l'environnement. D'ailleurs, ceci contribue à libérer la capacité de travail des femmes.

Le gouvernement recueille un impôt pour les produits des cultures annuelles mais pas pour les terres couvertes de forêts. Pour le reboisement et le développement des systèmes agroforestiers, les paysans sont favorisés par un crédit bancaire et d'autres organisations de crédits comme les associations de paysans vietnamiens et de femmes vietnamiennes. Plus particulièrement, les politiques de crédits à l'intention des femmes pauvres favorisent la mise en œuvre d'activités de formation et des programmes de prêt afin d'améliorer les conditions de vie et le rôle des femmes dans la société.

I.2.4.2. Une agroforesterie rattachée à l'histoire

L'agroforesterie est rattachée à l'histoire. La réalité montre que le développement agroforestier doit se baser et se développer sur les expériences des populations locales. Au Vietnam, au plan tant historique que contemporain, l'agriculture, la forêt et la pêche sont des activités importantes qui se développent relativement bien dans l'ensemble (Vo Nguyen Giap, 1978). Par exemple, on peut citer les jardins de case dans les plaines. En montagne, c'est la culture itinérante qui est la plus ancienne forme (Vu Biet Linh et Nguyen Ngoc Binh, 1995), pourtant largement remise en question par les autorités.

I.2.4.3. Les contraintes

- *Fonds de développement* : En général, le fonds d'investissement est encore très faible par rapport aux besoins du développement rural. Selon le MADR, les fonds de développement

ne satisfont que 20 p. 100 des besoins et, d'autre part, l'administration locale n'utilise pas efficacement ces fonds de développement (Nhan dan, 1999).

- *Coûts* : Ils constituent maintenant une contrainte économique. Certains modèles ont prouvé leur efficacité lors de la période d'expérimentation, mais connaissent l'échec au stade de la réalisation à cause de la non-disponibilité de l'intrant (semences, engrais, insecticides, etc.). Les paysans n'acceptent pas de payer les intrants, particulièrement ceux importés de l'étranger, dont le coût est parfois élevé, pour planter la forêt qui ne leur fournit pas de profit à court-terme.
- *Infrastructures* : La qualité des infrastructures est très mauvaise. Il manque les infrastructures de base comme l'électricité, l'eau, les communications, entraînant le prix élevé des intrants et la dépendance envers les intermédiaires de la vente des produits agricoles.
- *Fractionnement des terres* : Les terres sont très fractionnées, particulièrement au Nord du pays; par exemple, dans la Province de Vinh Phuc, une parcelle agricole est seulement de 10 m². On trouve même des parcelles de 90 m de long, mais de 0,3 m de large (Tran Le, 1998a). Cela freine le développement de la production.
- *Rôle des femmes* : Dans les milieux ruraux, le travail des femmes compte pour 76 p. 100 du total (Tran Le, 1998b). La plupart d'entre elles font des travaux de toutes sortes et dans des champs d'activité de production très diversifiés comme la plantation, la récolte, le transport, le ménage, etc. Même dans le domaine de l'investissement, les femmes utilisent les fonds de développement de façon plus efficace que les hommes. Les hommes ont tendance à dilapider les fonds plus rapidement en raison de leur attrait pour les jeux d'argent, l'alcool, et pour des investissements trop risqués (Nguyen Thi Tao, 1999). La femme est perçue comme une ouvrière "naturelle" au sein de la maisonnée, mais elle n'est pas encore considérée socialement. Ainsi elle n'a pas encore accès à une formation adéquate. En même temps, les hommes ont fréquemment un rôle de décision concernant toutes les activités rurales. Cette situation irrationnelle provient de raisons historiques et culturelles (Nguyen Thi Thu Trang, 1990), ce qui nuit à la contribution des femmes dans le développement rural.

- *Immigration* : La situation de l'immigration n'est pas contrôlée. Les immigrants originaires des plaines n'ont pas toujours les connaissances et les aptitudes nécessaires pour exploiter les terrains en montagne et sur les hauts plateaux (Koppelman et al., 1996). De plus, pour les migrants *kinh*, qui habitaient dans les plaines et étaient déjà habitués à l'économie de marché, le choix du système est souvent conditionné par le revenu monétaire.
- *Régime alimentaire* : Le riz est la principale ressource alimentaire des Vietnamiens. Les paysans le plus souvent n'intègrent pas de composantes arboricoles dans leurs champs. Par exemple, les paysans vietnamiens préfèrent la construction de rizières en gradins plutôt que le système de la culture en couloirs, peu répandu et très peu connu.
- *Quelques caractéristiques des paysans* : Les traditions agricoles sont très anciennes au Vietnam. La production agricole dépend fortement des conditions naturelles, la relation entre la quantité des intrants et les rendements demeurant aléatoire. Dans cette optique, les caractéristiques propres aux paysans peuvent varier, voire diverger. De plus, les paysans ne veulent pas utiliser les ressources amassées pour investir dans la production agricole. Ils ont un esprit conservateur et font confiance aux connaissances des aînés. Cette situation existe depuis le régime féodal et freine le développement de la production (Chu Van Lam et al., 1991). L'agroforesterie est un modèle de production plus complexe que l'agriculture ou que la simple exploitation de la forêt. Donc, des erreurs surviennent dans le choix de la structure des plants cultivés, les délais de communication scientifique sont fréquents parmi les paysans, etc., toutes choses qui peuvent conduire à des échecs.
- *Niveau d'éducation* : Une contrainte importante est le nombre insuffisant de scientifiques qui ont les capacités de maîtriser l'aspect multidisciplinaire de l'agroforesterie. Actuellement, les scientifiques sont formés principalement dans des disciplines traditionnelles (forêt et agriculture) et les instituts d'étude et de développement sont mandatés et équipés en fonction de ces disciplines (Lundgren, 1987). Au Vietnam, il y a trois universités formant des chercheurs au niveau du baccalauréat et uniquement un institut qui forme les chercheurs en agroforesterie au niveau de la maîtrise. D'autre part, le niveau d'éducation des paysans demeure insuffisant.

I.2.5. L'évaluation des terres

I.2.5.1. Pourquoi doit-on évaluer des terres ?

Selon les théories économiques traditionnelles, on distingue quatre facteurs de la production : le terrain, la main-d'œuvre, le capital et la gestion, dont celle du terrain qui est un moyen de production spécifique que l'on ne peut pas remplacer. Malgré les efforts faits dans le domaine de l'exploitation de terres, leurs utilisations ne sont pas toujours rationnelles (Purnell, 1984).

On estime que la dégradation des sols causée par la surexploitation, et/ou les insuffisances de connaissance de l'impact de l'activité humaine, touche, à des degrés divers, 15 p. 100 de la superficie totale de la planète. La dégradation des sols est particulièrement marquée dans les zones élevées ou bien les zones arides, puisqu'elle touche quelque 5,5 millions d'hectares - soit près de 70 p. 100 de la superficie totale de ces régions - et représente une perte annuelle de production estimée au total à 42 milliards de dollars (UICN et al., 1991, p. 122).

Dans le but de freiner ou limiter la dégradation des ressources naturelles, l'évaluation de la capacité des terres et la mise au point d'utilisations rationnelles sont donc essentielles à un développement durable (Nguyen Van Nhan, 1996, p. 10). Avant de prendre une décision sur l'utilisation du sol d'une parcelle, les décideurs examinent normalement plusieurs aspects concernant directement le processus de production sur la parcelle pour déterminer les possibilités et les limites de ces utilisations (Beek, 1978).

Une méthode d'évaluation des terres a été développée par la FAO en 1976 pour répondre à cette situation et proposer des planifications d'utilisation du sol rationnelle dans le but de créer une nouvelle capacité de production qui est durable (Dao Chau Thu et Nguyen Khang, 1998, p. 10). Le développement de cette méthode d'évaluation a entraîné une standardisation des systèmes d'évaluation des terres utilisées par plusieurs pays depuis les années 1970 (FAO, 1976).

I.2.5.2. La diversité des méthodes d'évaluation en fonction des pays et des zones

Des évaluations et des classifications des terres ont été menées dans différents pays dans le monde. La multitude des méthodes et exemples sélectionnés indiquent la richesse des recherches faites sur ce sujet (Davidson, 1980, p. 105). Elles ont permis de classer les

différentes catégories de terres selon les conditions spécifiques à chaque pays (Nguyen Huy Phon, 1996, p. 17).

Afin d'arriver à la communion des points de vue et à la standardisation des méthodes d'évaluation des terres, on a créé, au début des années 1970, deux comités aux Pays-Bas et en Italie. En 1975, à Rome, en Italie, les spécialistes de l'évaluation des terres de la FAO (par exemple Beek K.J., Bennema J., Mabiler P.J., Smyth G.A., etc.) ont réalisé la synthèse de ces études. Le résultat fut la publication de l'ouvrage "*A framework for land evaluation*" par la FAO en 1976. Ce document procure quelques concepts nouveaux au service de l'évaluation des terres.

I.2.5.3. L'application des méthodes d'évaluation des terres au Vietnam

Aujourd'hui, au Vietnam, on applique la méthode de la FAO avec succès (Pham Duong Ung, 1997). De nombreuses publications et conférences sur ce thème ont ensuite donné une "Direction de l'évaluation des terres devant servir à la planification de l'utilisation du sol" par le ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR, 1999).

Pourtant, dès le régime féodal, on pratiquait déjà l'évaluation des terres. Les terres étaient alors classifiées selon une méthode empirique pour permettre la collecte des impôts, une bonne répartition des terres et l'amélioration des productions (Phan Huy Le, 1959). Par la suite, sous la domination française, des études d'évaluation des terres plus complètes ont été effectuées afin de développer la colonie, avec notamment la mise en valeur des cultures de plantation (Nguyen Huy Phon, 1996, p. 20). Les contributions initiales sont fondamentales pour étudier les potentialités des terres au Vietnam (Tran An Phong et al., 1995, p. 8).

Pendant la période 1945 - 1954, il n'y a pas eu d'études importantes publiées à cause de la guerre (Tran An Phong et al., 1995, p. 9). De 1954 jusqu'à aujourd'hui, l'évaluation des terres a été réalisée dans les deux domaines de la foresterie et de l'agriculture.

Pour orienter l'utilisation des terres en foresterie, le ministère de la Forêt (MF) et les spécialistes allemands comme Thomasious et Schwanecker ont évalué le potentiel forestier des terres en fonction des facteurs climatiques, topographiques, pédologiques et des exigences des espèces végétales pouvant être plantées (Schwanecker, 1971). Depuis 1984, ce processus

a été complété et lancé officiellement sous le titre "*Quy pham thiet ke kinh doanh rung* - Norme de la planification et de la production des forêts" par le MF. Cette norme est appliquée jusqu'à maintenant (Nguyen Huy Phon, 1996, p. 21).

Depuis le début des années 1970, il y a eu de nombreuses études de l'évaluation des terres à grande échelle. Bui Quang Toan les a résumées et a proposé un processus technique d'évaluation des terres appliqué aux zones cultivées spécifiques et aux coopératives agricoles. Les critères d'évaluation sont : le type de sol, la profondeur du sol, les degrés de porosité, d'acidité, d'hygrométrie, de salinité, etc. Les terres sont classifiées en 4 catégories : excellente, très bonne, bonne, mauvaise (Bui Quang Toan, 1986).

En 1981, suivant la réalisation de la directive No. 299TTg du gouvernement, le Département Général du Cadastre a classifié les terres selon les critères suivants : pédologie, topographie, rendement des cultures, conditions locales, etc.

Se basant sur les principes de la classification des terres du ministère de l'Agriculture des États-Unis, Ton That Chieu a évalué les terres à l'échelle du 1 : 500 000 au niveau national en utilisant les caractéristiques pédologiques et topographiques pour classer les potentiels des terres en trois groupes : agriculture, foresterie et autres (Ton That Chieu, 1986).

Le premier arrêté du Gouvernement concernant la classification des terres pour calculer l'impôt agricole (Bureau du Gouvernement, 1993) a donné cinq critères pour les terres de rizières, d'aquaculture et de cultures pluriannuelles. Ces cinq critères sont : la pédologie, la localisation géographique, la topographie, les conditions climatiques et les conditions d'irrigation et de drainage.

Depuis les années 1990, des chercheurs ont procédé à des évaluations des terres sur plusieurs sites dans tout le pays. Ces études, réalisées par plus de 40 chercheurs vietnamiens provenant de plusieurs disciplines, ont été effectuées à différentes échelles spatiales et administratives. Elles ont permis la publication de l'article intitulé "Évaluation de l'utilisation du sol en fonction de l'écologie et du développement durable" (in Tran An Phong et al., 1995). Ces chercheurs ont démontré l'efficacité des Systèmes d'Information Géographique (SIG) et de la télédétection en utilisant la méthodologie de la FAO. Cet ouvrage, à partir d'études réalisées dans neuf zones agro-écologiques différentes, contribuera à la stratégie de développement

agricole durable pour la période 2000-2010 au Vietnam. Le Conseil national d'évaluation a évalué ce rapport et l'a jugé excellent. Quelques parties de cet ouvrage ont été diffusées lors de la tenue d'ateliers ou utilisées comme référence, notamment pour la formation des étudiants en maîtrise de l'École supérieure d'Agriculture No 1. C'est la première fois que, dans le cadre de l'évaluation nationale des terres, l'agroforesterie, précisément le *Taungya*, est considérée comme un type majeur d'utilisation du sol.

Les critères d'aptitude des terres pour des types d'utilisation des terres (TUT) diffèrent en fonction des buts de chaque projet. Dans ces publications, on retrouve au total 11 critères : pédologie, pente, altitude, texture du sol, profondeur du sol, pluviométrie, régime thermique, système d'irrigation et de drainage, hydrologie de surface, durée des pluies, situation de l'intrusion de l'eau salée. En général, les classes d'aptitude des terres pour chaque TUT sont définies en cinq types : très apte - S1; apte - S2; peu apte - S3; inaptitude actuelle - N1; et inaptitude permanente - N2. Cependant, le concept de l'agroforesterie reste confus. Sa formalisation n'a pas été abordée.

1.2.6. L'évaluation des terres en agroforesterie

Suivant la présentation ci-dessus, la cause principale de la déforestation est l'extension de la superficie agricole (De Koninck, 1997) afin de satisfaire de plus en plus les besoins des hommes en produits agricoles (Higgin et al., 1982). Dans quelques pays à revenu relativement faible et ayant une forte croissance démographique, il est possible de convertir les forêts si les demandes en produits agricoles sont généralisées. Ce fait exige d'avoir des planifications prudentes pour développer des types d'utilisation des terres en association avec les systèmes agroforestiers (UICN et al., 1991, p. 140; Duchhart et al., 1990, p. 1).

En raison de la variété des composantes des systèmes agroforestiers, les opérations de planification, de diagnostic ou d'évaluation y sont nécessairement plus complexes que pour les monocultures (Mary et Besse, 1995a). Parallèlement au développement conceptuel des recherches en biophysique pendant les années 1980, les méthodologies de recherche pour la planification de l'agroforesterie ont substantiellement progressé (Nair, 1993, p. 347).

I.2.6.1. La diversité des méthodes en agroforesterie

La planification et la mise en œuvre des projets efficaces de recherche et de développement nécessitent une préparation minutieuse. Certaines méthodologies ont été élaborées pour faciliter le diagnostic des problèmes de la planification des terres et permettre la conception de solutions agroforestières appropriées pour résoudre ces problèmes (Olivier, 1998, p. 60). Les plus considérables parmi ceux-ci sont l'évaluation des terres, la recherche du système agricole, l'analyse de l'agro-écosystème, et le *Diagnosis and Design* (D&D) (Duchhart et al., 1990). D'une façon générale, chacune d'elles est complètement cohérente avec les autres. Elles tentent d'accomplir des tâches semblables; mais chacune a été développée pour des objectifs spécifiques (Nair, 1993, p. 348). Cependant, deux méthodologies d'évaluation des terres et la D&D, sont appliquées plus largement. La nécessité de leur utilisation a poussé à la création des directives de D&D (Olivier, 1998; Raintree, 1987; Raintree, 1989) et de l'évaluation des terres en agroforesterie (Nair, 1993; Young, 1984a; Young, 1984b; Young, 1985; Young, 1997).

La méthode d'évaluation des terres (*Land Evaluation*) développée par la FAO en 1976 propose des plans d'utilisation du sol rationnels. Cependant, cette méthode repose sur une approche générale et n'a pas répondu aux questions plus détaillées dans les procédures et les critères qui sont utilisés pour l'évaluation des terres. Pour répondre à ces questions, la FAO a lancé une série de directives plus détaillées pour les principaux types d'utilisation des terres comme en foresterie, en agriculture irriguée, en agriculture pluviale et en élevage (FAO, 1983; FAO, 1985; FAO, 1989; FAO, 1991). De plus, il y a eu plusieurs autres publications concernant l'évaluation des terres telles celles de Davidson (1992), Dent et Young (1981), Purnell (1984) et Young (1984a et 1984b). Il faut porter une attention particulière aux deux dernières publications, dans lesquelles on trouve une méthodologie pour l'évaluation des terres en agroforesterie. En même temps, cette méthodologie est comparée avec celle de D&D qui est abordée en détail dans des articles (Raintree, 1987, 1989 et 1990), dont une étude originale de Raintree (1989) publiée par l'ICRAF. L'auteur présente "une méthodologie qui a été élaborée pour permettre le diagnostic des problèmes d'aménagement des terres et la conception de solutions agroforestières appropriées pour résoudre ces problèmes" (Olivier, 1998, p. 60). Cette méthode a été conçue et testée par l'ICRAF. La méthode de D&D s'intéresse essentiellement à l'espace agraire et aux problèmes de sa mise en valeur et tente de

définir des priorités de recherche agroforestière. En termes généraux, chacune d'elles (méthodologie pour l'évaluation des terres et celle de D&D) est tout à fait compatible l'une avec l'autre; mais chacune a été développée pour des objectifs et dans des conditions spécifiques (Nair, 1993, p. 355). Young (1984a, 1984b et 1985) et Nair (1993) ont comparé la "D&D" de l'ICRAF avec l'évaluation des terres de la FAO. Ils indiquent que les deux méthodes s'efforcent d'accomplir virtuellement la même tâche : découvrir le meilleur type d'utilisation des terres sur un site donné. Cependant, une des différences essentielles paraît être un traitement plus approfondi des aspects environnementaux dans l'évaluation des terres selon la méthode de la FAO et un traitement plus approfondi des aspects sociaux dans la D&D de l'ICRAF.

I.2.6.2. L'application de la méthode de la FAO

L'évaluation des terres est considérée comme une étape importante dans le processus de l'aménagement du territoire (FAO, 1994a; Tran An Phong et al., 1995). Au Vietnam, l'évaluation des terres et du développement durable par la méthodologie de la FAO est appliquée depuis plusieurs années déjà. L'évaluation des terres pour les types d'utilisation au Vietnam est quasi achevée, excepté pour l'agroforesterie. Il est facile d'en expliquer les raisons : l'agroforesterie et l'évaluation des terres sont encore nouvelles (depuis les années 1980 et 1990); la méthodologie de la FAO a fini d'être appliquée complètement dans les années 1995-1997.

L'application simple de la méthode d'évaluation des terres de la FAO pour l'agroforesterie n'est pas suffisante. Donc l'ICRAF a proposé une méthodologie basée sur celle de la FAO pour évaluer plus précisément les terres en agroforesterie, en respectant les étapes suivantes (Young, 1984b) :

- (1) création d'une base de données environnementales;
- (2) formulation des types d'utilisation des terres, selon une grille de lecture, pour l'analyse de l'aptitude des terres;
- (3) définition des critères d'utilisation des terres pour les composantes agroforestières (arbres, cultures, élevages) et les techniques;

- (4) conception des modèles biophysiques des interactions entre les arbres et les autres composantes des systèmes agroforestiers;
- (5) estimation de l'impact et de la durabilité environnementale des systèmes agroforestiers;
- (6) mise en place d'une méthodologie, dans une zone donnée, afin de comparer l'agroforesterie aux différents systèmes d'utilisation des terres;
- (7) validation sur le terrain (sites pilotes);
- (8) organisation de colloques.

I.2.7. Les SIG pour évaluer les terres:

Les SIG ont été utilisés depuis au moins la fin des années 1960. Mais l'idée de représenter plusieurs couches de données sur une série de cartes de base et de définir des relations spatiales entre les objets date de bien avant l'avènement des ordinateurs et remonte au moins au XIX^e siècle (Michael et al., 1996, p. 12).

Il est démontré que la plupart des SIG sont originaires d'Amérique du Nord (Pham Van Cu, 1996, p. 20; Coppock et Rhind, 1992, p. 21). Un des leaders de l'application des SIG dans le domaine de la gestion des ressources naturelles est M. Roger Tomlinson. Lorsqu'il travaillait pour la société Spartan Air Service en 1960, on lui a demandé d'analyser toutes les données sous forme cartographique pour identifier des localisations de nouvelles cultures et d'une nouvelle usine. Tomlinson avait projeté des analyses par ordinateur donnant l'occasion de développer une méthodologie numérique. Ce projet n'a pas été accepté (Coppock et Rhind, 1992). Ensuite, en 1966, sous la direction de Roger Tomlinson, le gouvernement canadien a été le garant du développement du premier SIG à être installé sur un ordinateur à l'échelle industrielle, connu comme l'Information Géographique Canadienne ou *Canadian Geographical Information Systems* (CGIS), pour analyser des données fournies par l'inventaire canadien des terres (ICT) et pour la production de statistiques (Foresman, 1998, p. 5). Pour la première fois, le terme SIG est devenu universel (Foresman, 1998, p. 4; Pham Van Cu, 1996, p. 20). En même temps, aux États-Unis, les SIG ont été étudiés et créés par quelques laboratoires comme celui de l'Université Harvard. Depuis, les SIG sont de plus en

plus développés afin de répondre aux diverses requêtes posées dans les domaines du commerce, de l'aménagement du territoire, de l'administration sociale, de la sécurité, de la défense, etc. (Pham Van Cu, 1996). Ce développement a favorisé le développement rapide des technologies de la télédétection, du *Global Positioning System* (GPS), du matériel et des logiciels qui leur sont associés. En 1994, il y avait environ 270 logiciels différents de SIG (GIS World, 1994), contre 54 en 1977 (Pham Van Cu, 1996, p. 22), coûtant de quelques centaines à quelques dizaines de milliers de dollars chacun (GIS World, 1994).

Le développement rapide des SIG a eu un impact considérable sur les méthodes de saisie, de traitement et de restitution des données concernant les ressources à références spatiales avec comme intérêts : (1) la mise à jour et la correction des données cartographiques; (2) la possibilité de la création de productions précises; (3) la capacité d'intégration de données à partir de plusieurs sources, y compris les cartes numérisées et les données de télédétection; (4) la cartographie du changement à l'aide de programmes de surveillance; (5) la capacité à intégrer aux modèles d'analyse un système de production d'information sous la forme de simulations adaptées à différents scénarios de gestion. De plus en plus, on considère les SIG comme de bons outils pour une gestion efficace du territoire (Davidson, 1992).

Les études de l'évaluation des terres à l'échelle mondiale sont réalisées à l'aide des SIG permettant d'identifier les agro-écosystèmes territoriaux (FAO-UNESCO, 1988). À l'échelle des continents, des nations, des régions, etc., les SIG sont aussi appliqués dans l'évaluation des terres (Davidson, 1992; Godilano, 1993; Price, 1995). Au Vietnam, les SIG ont été utilisés dans les applications réelles au début des années 1990 (Pham Van Cu, 1996, p. 14) grâce au financement provenant d'organisations internationales et à des contributions des laboratoires locaux. Dans l'évaluation des terres, tout d'abord, les SIG ont été appliqués simplement pour saisir des données et ensuite les présenter, sans passer par la gestion et l'analyse des données (NIAPP, 1987). Mais cette situation n'a duré qu'environ un an. Au fur et à mesure de l'apprentissage des SIG, les applications deviennent ingénieuses au plan tant théorique que pratique. On trouve les applications spécifiques dans Lai Huy Phuong (1995), Nguyen Hoang Dan et al. (1997), Nguyen Van Nhan et Vo Thi Be Nam (1995), Pham Thanh Hai (1997) et Pham Van Cu (1996). Cependant, de grandes difficultés subsistent pour toutes ces

applications, difficultés liées à la qualité des données et entraînant, notamment, des problèmes relatifs aux projections et coordonnées.

I.2.8. La zone d'étude : Ha Hoa, Phu Tho

Avant 1945, l'évaluation des terres où avait pour but d'implanter de nouvelles cultures. On avait alors établi une douzaine de nouvelles aires, affectées à la culture du riz, du maïs et du thé. Cela comprenait une zone spéciale pour la culture du thé dans le district de Ha Hoa (Trinh Muu et al., 1999).

Dans des années 1960 et 1970, l'évaluation des terres a été réalisée pour établir des plantations d'État. Ces travaux ont permis au ministère de l'Agriculture d'établir des cartes d'occupation du sol et des cartes pédologiques (aux échelles de 1 : 50 000 à 1 : 10 000) des départements d'agriculture. Ces données constituent les fondements de la planification, de la conservation, de la protection des terres et favorisent aussi l'augmentation du nombre de récoltes annuelles et l'intensification. Mais l'accessibilité à ces documents est très difficile.

Enfin, les études sur les évaluations des terres sont réalisées à l'échelle provinciale et régionale (1 : 100 000 à 1 : 250 000) par le *National Institute for Agricultural Planning and Projection* (NIAPP) et le *Forest Inventory Planning Institute* (FIPI). En général, les études du NIAPP concernent le domaine agricole. Le FIPI concentre ses études dans le domaine forestier. Ces travaux sont soit des études pédologiques, soit des évaluations des terres, séparément dans l'agriculture ou la foresterie, pour l'aide à la planification des terres de chaque secteur (Nguyen Huy Phon, 1996, p. 41). L'agroforesterie est abordée comme Nguyen Huy Phon (1996), Tran An Phong et al. (1995); mais le concept de l'agroforesterie n'est pas clairement défini.

Les programmes de formation supérieure en agroforesterie n'existent pas au Vietnam. Cependant, le ministère de la Forêt (1984 - 1987) a réalisé un programme de création de systèmes agroforestiers dans le district de Doan Hung (province de Phu Tho) qui se trouve juste à côté celui de Ha Hoa (figure 9). Les caractéristiques naturelles sont assez similaires entre les deux districts. Parmi les neuf systèmes agroforestiers examinés, les auteurs en ont choisi deux basés sur l'efficacité économique et la protection environnementale, afin de développer cette zone (ministère de la Forêt, 1989).

Le premier, codé III, repose sur la culture du manioc, sous couvert arboré, pendant les deux premières années (téphrosie - *cot khi*). Le deuxième, codé VIII, repose sur l'association du thé avec des plantes arborées (cassie - *muong*, abrasin - *trau*). Bien sûr, en l'absence d'une approche agroforestière officielle, de tels noms codés n'étaient pas utilisés. En fonction du concept énoncé plus loin (pp. 26-31), on pense que le premier est le *Taungya* et que le deuxième est représenté par les cultures sous couvert arboré. Les auteurs ont analysé empiriquement les systèmes selon des aspects techniques et financiers. Cependant, il reste à établir une méthode de spatialisation et d'évaluation des terres dans le domaine agroforestier.

I. 3. LES OBJECTIFS ET L'HYPOTHÈSE

I.3.1. L'objectif général

L'objectif général de cette recherche consiste à contribuer à la vérification d'une hypothèse générale et à l'approfondissement de ses implications. L'hypothèse est la suivante : l'application de l'agroforesterie n'est pas toujours concordante avec l'aptitude des terres. Il importe donc de mesurer cette aptitude à l'aide d'outils d'évaluation adaptés et faisant usage des progrès technologiques. Plus précisément, dans cette recherche, il s'agira de vérifier l'adéquation entre le milieu et les systèmes agroforestiers existants dans la province de Phu Tho.

I.3.2. Les objectifs spécifiques

A l'aide de la représentation cartographique, principalement, et de l'analyse synthétique portant sur l'adéquation entre le milieu et les systèmes agroforestiers existants, les objectifs spécifiques peuvent être définis comme suit :

- répertorier, classer, décrire et cartographier les systèmes agroforestiers existants;
- faire l'inventaire des demandes d'utilisation des terres selon des critères environnementaux et socio-économiques qui concernent les aptitudes des terres pour les systèmes agroforestiers;
- évaluer, à l'aide des cartes synthétiques, l'adéquation entre les systèmes agroforestiers existants et les demandes d'utilisation des terres.

CHAPITRE II : MÉTHODOLOGIE ET DÉMARCHE

La complexité et la multidisciplinarité de la méthode de la FAO pour l'évaluation des terres, notamment appliquée pour l'agroforesterie, nécessitent de diversifier les méthodologies. Tout d'abord, il faut définir des concepts adaptés aux sujets : agroforesterie, évaluation des terres et SIG. Ces concepts sont la base des connaissances que j'ai acquises dans les cours à l'Université Laval, dans les entrevues avec les spécialistes et dans les publications consultées. Les données concernant notre étude incluent : les ressources en terres, les données socio-économiques et l'utilisation des terres en agroforesterie. Ces données sont recueillies suivant plusieurs formes : spatialité, statistiques, enquête de terrain. Pour les affiner, nous avons recours à différents types de collecte de données : données existantes auprès des organisations et enquête de terrain. Les SIG sont considérés comme un outil efficace d'intégration de ces données dans le processus de l'évaluation. La production de documents cartographiques et statistiques est cruciale pour notre étude. L'organigramme méthodologique de notre étude est présenté dans la figure 3.

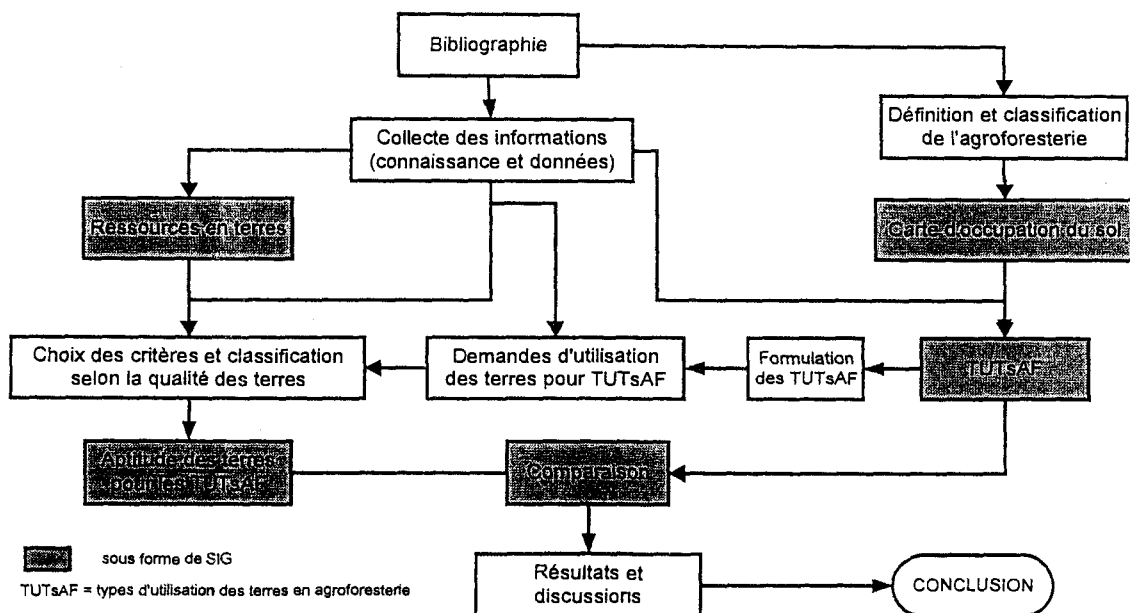


Figure 3. L'organigramme méthodologique

II.1. LE CHOIX D'UNE ZONE D'ÉTUDE

Le district de Ha Hoa, dans la province de Phu Tho (figure 9), est considéré comme un échantillon représentatif des régions montagneuses du Nord du Vietnam. Le choix de ce site est fondé sur plusieurs critères : mise à profit des données disponibles au sein d'un projet actuellement en cours¹ (phase I de 1994 à 1996, phase II de 1997 à 2000) et d'un projet SIE-Delta², existence de systèmes agroforestiers, nécessité d'une action rapide et efficace pour contrer les effets du déboisement, accessibilité et faisabilité.

Le district de Ha Hoa est situé à quelque trois heures de route au nord-ouest de Hanoi où se trouve le Centre de Télédétection et de Géomatiques (VTGEO) qui est l'un des partenaires du projet DFVN. Il s'agit de notre institution de rattachement au Vietnam.

II.2. LE CONCEPT DE L'AGROFORESTERIE

L'agroforesterie est le sujet de notre étude. Il est donc nécessaire de définir ce qu'est l'agroforesterie et d'en répertorier les divers types, d'autant plus qu'au Vietnam, une définition uniforme de l'agroforesterie n'a pas encore été adoptée. Ce sont là les connaissances nécessaires pour atteindre les autres objectifs de notre étude.

II.2.1. La définition

Dès la fin des années 1970 et le début des années 1980, sont apparues certaines définitions caractérisant l'agroforesterie. Dans la publication du discours d'inauguration de la revue *Agroforestry Systems* (Vol. 1, No. 1, pp. 7-12; 1982), plus d'une dizaine de définitions de l'agroforesterie ont été énumérées. Les idées de Lundgren ont été ensuite raffinées par une discussion "dans la maison" de l'ICRAF, et la définition suivante a été proposée : l'agroforesterie désigne l'ensemble des systèmes d'utilisation des terres où des plantes ligneuses vivaces sont délibérément associées aux cultures ou à la production animale sous forme d'un arrangement spatial ou d'une séquence temporelle prenant place sur une même

¹ DFVN (Le Défi Forestier au Vietnam), financé par le Centre de Recherche pour le Développement International du Canada.

² SIE-Delta (Système d'Information Environnementale du delta du Fleuve Rouge), financé par le Centre de Recherche pour le Développement International du Canada.

unité de gestion de la terre. Les systèmes agroforestiers sont caractérisés par des interactions écologiques et économiques significatives entre leurs diverses composantes (Lundgren et Raintree, 1982 tiré de Olivier, 1998, p. 6). Cette définition démontre clairement la nature complexe de l'agroforesterie (Mary et Besse, 1995b, p.12) et est de plus en plus utilisée par l'ICRAF. Quoique imparfaite, elle a été adoptée largement (Nair, 1993; Olivier, 1998). Elle implique :

- (-) que l'agroforesterie comprenne normalement deux ou plusieurs espèces de plantes (ou plantes et animaux), dont l'une est une plante ligneuse;
- (-) qu'un système agroforestier soit constitué d'au moins deux productions;
- (-) que le cycle du système agroforestier soit pluriannuel;
- (-) que même le système agroforestier le plus simple soit plus complexe qu'un système monocultural, d'un point de vue écologique (structure et fonction) et économique.

(Nair, 1989, pp. 17-18)

Dans des études initiales au Vietnam, les définitions sur l'agroforesterie ont été lancées par les scientifiques vietnamiens. Toutes ces définitions ressemblent à celle de l'ICRAF dans l'aspect des composantes sur la même unité de gestion de la terre. Certaines définitions ignorent les interactions écologiques et économiques significatives entre les diverses composantes, comme celles de Ton Gia Huyen (1987), Nguyen Van Chuong (1987), Le Trong Cuc (1987), Le Duy Thuoc (1995), etc.

Sur la base des cas pratiques étudiés au Vietnam, la définition de l'ICRAF est acceptée de plus en plus largement par les chercheurs vietnamiens (Vu Biet Linh et Nguyen Ngoc Binh, 1995). Pour notre étude, nous adopterons cette définition, devenue une référence dans le monde scientifique national et international.

II.2.2. La classification

Les types d'utilisation des terres en agroforesterie doivent faire l'objet d'une évaluation des conditions physiques et socio-économiques (FAO, 1976). Pour les comprendre, les évaluer et développer une action organisée, il est nécessaire de les classer d'après quelques critères

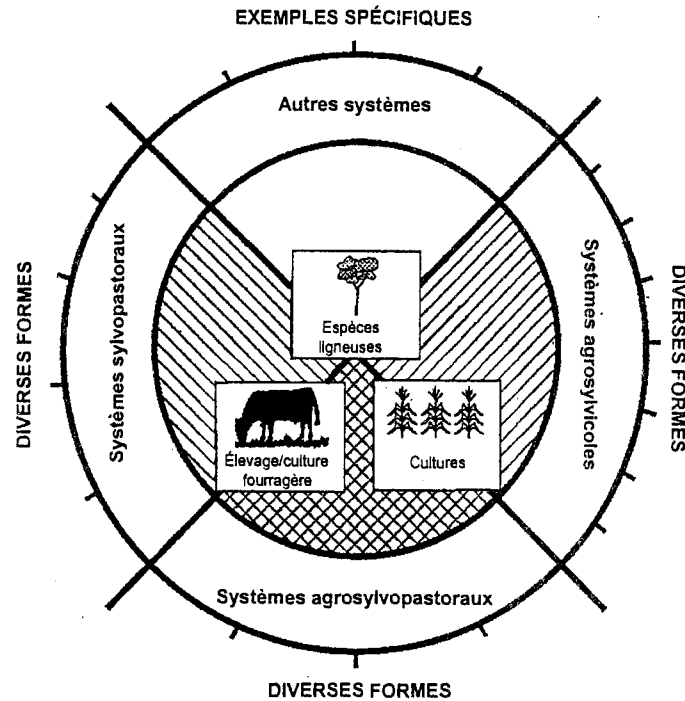
communs. Diverses tentatives de classification des systèmes agroforestiers ont été effectuées afin de regrouper de la façon la plus logique possible les informations recueillies sur différentes associations agroforestières (Olivier, 1998, p. 10). Le plus évident et le plus facile à utiliser pour classer les systèmes agroforestiers est le type d'arrangement spatial et temporel de leurs composantes, l'importance et le rôle de ces composantes, les productions visées ou sorties du système et les caractéristiques socio-économiques. Par conséquent, les systèmes agroforestiers peuvent être classés suivant les critères tels que la structure du système, sa fonction principale, sa zone agroécologique et son niveau de gestion (Nair, 1993). Entre ces critères, il y a une corrélation. Chacun de ces critères a des mérites et une applicabilité dans une situation spécifique, mais ils ont aussi des restrictions; en d'autres termes, aucun schéma de classification ne peut être accepté universellement (Nair, 1993).

Cependant, l'analyse de la structure des systèmes agroforestiers permet de proposer une classification simple, en se référant à la nature des composantes des systèmes, de même qu'à leur arrangement spatio-temporel (Torquebiau, 1990; Nair, 1993; Young, 1997; Olivier, 1998). Cela conduit à une classification, au niveau plus élevé, en trois groupes principaux de systèmes agroforestiers (figure 4) :

- les systèmes agrosylvicoles, où les espèces ligneuses sont associées aux cultures;
- les systèmes sylvopastoraux, où les espèces ligneuses sont associées à l'élevage ou à la culture fourragère;
- les systèmes agrosylvopastoraux, où les espèces ligneuses sont associées à la fois aux cultures et à l'élevage;
- et les autres systèmes.

Le système inclut l'arrangement de diverses composantes (plantes, cultures, élevage) sur un espace donné et selon une période définie. Le système associe essentiellement une des plantes avec des cultures sur la même unité de surface. L'arrangement spatial est divisé en trois grandes formes: mixte (par exemple les jardins de case), bande (par exemple la culture en couloirs) et zone (par exemple les haies brise-vent). L'arrangement temporel des composantes peut aussi emprunter plusieurs formes. Il permet pour sa part de distinguer les associations

séquentielles (telles les jachères améliorées) de différents types d'associations où les composantes sont présentes de façon simultanée sur une même parcelle (Olivier, 1998, p. 11). Ces arrangements temporels des composantes en agroforesterie ont été décrits par les termes tel que coïncidant, concomitant, intermittent, interpolé et séparé (Torquebiau, 1990) (figure 5).



Source : Nair, 1993

Figure 4. La classification des systèmes agroforestiers

Arrangement	Schéma expliqué	Exemples
Coïncidant	—————	Le thé sous l'ombrage des arbres
	-----	L'ananas sous l'ombrage du lim
Concomitant	—————	Taungya

Intermittent	—————	Cultures annuelles sous cocotier
	---- ---- ----	en saison pluviale
Interpolé	—————	Jardin de case
	--- --- --- ---	Jardin multiétagé

Séparé	————— -----	Culture itinérante

————— : composante ligneuse

----- : composante non-ligneuse

Source : adapté de Vu Biet Linh et Nguyen Ngoc Binh, 1995

Figure 5. L'arrangement temporel des composantes dans les systèmes agroforestiers

Les trois derniers critères (fonction, zone agroécologique et niveau de gestion) sont aussi utilisés comme critères additionnels de classification (Nair, 1993; Vu Biet Linh et Nguyen Ngoc Binh, 1995; Olivier, 1998).

Au Vietnam, pays de la zone tropicale humide, il existe une grande diversité de systèmes agroforestiers. La classification des systèmes agroforestiers a un intérêt important pour les scientifiques, les organisations vietnamiennes et internationales (Koppelman et al., 1996; Nguyen Ngoc Binh, 1995; Vu Biet Linh et Nguyen Ngoc Binh, 1995). Cette classification est fondée sur les principes présentés précédemment (tableau 4).

Cette approche de classification fondamentale constitue un élément essentiel pour identifier les systèmes agroforestiers existants dans notre étude.

Les systèmes agrosylvicoles

1. Les haies brise-vent consistent en plantations de rangées d'arbres, le plus souvent en bordure des parcelles agricoles, pour contrer les effets négatifs du vent.
2. La culture en couloirs est un type de culture intercalaire qui consiste à cultiver des plantes annuelles entre des haies d'arbustes dont les branches sont taillées périodiquement et appliquées au sol pour améliorer sa fertilité. Le cas le plus courant est celui de céréales associées à des légumineuses arbustives fixatrices d'azote.
3. La culture itinérante consiste à implanter des cultures agricoles pour une phase de quelques années (2-3 ans) sur les végétations naturelles d'abord brûlées, mais la phase régénérative est plus longue (10-20 ans traditionnellement).
4. Les cultures sous couvert arboré consistent à associer des cultures tolérant bien un certain ombrage, comme le café et le cacao, avec des arbres qui constituent un étage supérieur recouvrant les cultures de leur ombre.
5. Les jardins multiétagés consistent en des associations complexes de nombreuses plantes ligneuses et non-ligneuses aux usages multiples, qui occupent divers étages de l'espace aérien. Leur structure rappelle celle de la forêt tropicale.
6. Le *Taungya* consiste dans des plantations d'arbres où la culture de plantes annuelles est pratiquée entre les rangées d'arbres durant les premières années de leur croissance.
7. Les cultures intercalaires consistent à intercaler des plantes annuelles entre des rangées d'arbres ou d'arbustes.
8. Les jardins de case sont des associations denses qui regroupent, à proximité de la maison familiale, une grande variété de plantes ligneuses et non-ligneuses.

Les systèmes sylvopastoraux

9. Les systèmes sylvopastoraux sont constitués le plus souvent de pâturages ou d'une production fourragère ayant lieu sous le couvert plus ou moins dense d'arbres divers, qui peuvent aussi dans certains cas servir à l'alimentation animale.

Les systèmes agrosylvopastoraux

10. Les jardins de case, incluant des animaux, sont des associations denses qui regroupent, à proximité de la maison familiale, une grande variété de plantes, ligneuses et non-ligneuses, et d'animaux domestiques.
 11. Les sylvopêcheries consistent en des associations d'arbres avec des animaux aquatiques.
 12. Les agrosylvopêcheries consistent en des associations entre des arbres, des animaux aquatiques et des cultures annuelles.
-

Source : Nair, 1993; Nguyen Ngoc Binh, 1995; Olivier, 1998; Vu Biet Linh et Nguyen Ngoc Binh, 1995

Tableau 4. Les systèmes agroforestiers au Vietnam

II.3. L'ÉVALUATION DES TERRES DE LA FAO EN AGROFORESTERIE.

Le concept de *l'évaluation des terres* défini par la FAO en 1976 est central dans notre étude. Nous avons choisi ce concept pour plusieurs raisons : (1) il traite prioritairement des aspects environnementaux concernant notre objet d'étude (Duchhart et al., 1989; Nair, 1993; Young, 1984a; Young, 1984b; Young, 1985; Young, 1997); (2) il est accepté largement au Vietnam et dans le monde; (3) il partage les résultats avec les études précédentes. Tout cela permet une planification du territoire plus efficace.

L'évaluation des terres est le processus d'évaluation du comportement des terres utilisées à certaines fins, ledit processus comprenant l'exécution et l'interprétation de prospections et d'études sur la géomorphologie, les sols, les climats et autres aspects environnementaux, pour identifier et comparer les types intéressants d'utilisation du sol, compte tenu des objectifs de l'évaluation (FAO, 1976, p. 60). Plus précisément, l'évaluation des terres implique une comparaison entre les demandes environnementales des types d'utilisation des terres avec les propriétés des zones de terres (FAO, 1976, p. 3).

Le concept ci-dessus, d'un niveau très général, oriente l'évaluateur vers un cadre d'analyse (Rossiter, 1990). L'application simple de la méthode d'évaluation des terres de la FAO pour l'agroforesterie n'est pas suffisante. Donc l'ICRAF a proposé une méthodologie basée sur celle de la FAO pour évaluer les terres en agroforesterie (Young, 1984a; Young, 1984b). Cependant, le cas de chaque projet est finalement décidé par les chercheurs et dépend de l'objectif poursuivi, des sources d'information et des contraintes socio-économiques (Nair, 1993; Rossiter, 1990). Le concept de la FAO adapté à notre étude contient donc les trois éléments suivants :

- (1) la formulation des types d'utilisation des terres en agroforesterie (TUTsAF) comme un des fondements pour l'identification des demandes d'utilisation du sol;
- (2) la détermination des demandes d'utilisation du sol par les aptitudes des terres;
- (3) la compatibilité entre les demandes et les types existants d'utilisation des terres en agroforeste

II.3.1. La formulation des TUTsAF

L'identification des TUTsAF évalués est le premier travail et le point de départ de notre recherche. Cette identification se base sur les objectifs de l'étude.

La formulation des TUTs à envisager constitue une partie indispensable du processus d'évaluation (FAO, 1976, p. 29). L'état d'utilisation des terres représente les conséquences des activités humaines (Vu Cao Thai et al., 1996, p. 111). Il y a deux formes possibles d'utilisation du sol. La première devient durable, c'est-à-dire que les TUTs sont adaptés aux propriétés naturelles, ont une efficacité économique et sont acceptés par les communautés et autorités locales. La deuxième n'est pas durable. Plusieurs définitions sont proposées pour décrire des aspects du développement durable. Dans ce cas, la propriété durable d'un TUT implique qu'il soit intéressant pour les paysans et pour la société (au plan historique et politique) et qu'il limite l'érosion du sol.

Le contenu de cette étape est l'examen des TUTsAF dans une relation avec les conditions naturelle et socio-économique. Pour cela, nous établirons une carte d'utilisation des terres en agroforesterie, puis nous décrirons les TUTsAF.

II.3.1.2. La cartographie d'utilisation des terres en agroforesterie

La carte d'utilisation des terres en agroforesterie permet de reconnaître l'état des TUTsAF dans une région : les TUTsAF existants, leur distribution spatiale et leur superficie.

La carte provient du bureau du cadastre local. Hélas, la catégorie "agroforestière" n'est pas représentée dans la carte d'utilisation du sol, même si elle est présente dans tous les autres systèmes classifiés au Vietnam. À partir de l'approche de l'agroforesterie évoquée, les informations sur le terrain nous permettent d'identifier des relations entre les classes et les systèmes agroforestiers. Les fonctions des SIG, en particulier l'encodage, nous permettent de simuler ces relations pour cartographier les systèmes agroforestiers.

Cependant, la carte ne présente pas de caractéristiques naturelles et socio-économiques qui agissent sur ces TUTsAF. Pour cela, il faut les décrire. Ces informations sont très importantes afin de déterminer les demandes d'utilisation des terres.

II.3.1.3. Les descriptions

Tous les thèmes décrits sont suggérés dans les diverses publications (FAO, 1983, p. 30; Dao Chau Thu et Nguyen Khang, 1998, p. 43; MARD, 1999, p. 34; Young, 1984a, pp. 112-126). Leurs contenus sont assez semblables. Le niveau de détails de la description dépend de l'hypothèse et de l'objectif de chaque projet (FAO, 1976; Nguyen Van Khanh, 1991). Dans notre étude, les TUTsAF sont décrits selon les thèmes évoqués plus loin (tableau 8, pp. 62-64).

II.3.2. La détermination des demandes d'utilisation des terres par l'aptitude des terres

Après la description des TUTs, l'étape suivante est la détermination des demandes et des propriétés des terres pour leur mise en valeur optimale et efficace (Dent et Young, 1981, p. 57; FAO, 1983, p. 165).

II.3.2.1. La définition des critères et des classes concernant les qualités des terres

La qualité des terres est l'ensemble des propriétés d'une terre qui agissent différemment des autres qualités sur l'aptitude d'une terre à un certain mode d'utilisation (FAO, 1976, p. 60) (par exemple : résistance à l'érosion, risque d'inondation, accessibilité, pente, texture du sol, température, etc.). Dans le cadre de l'évaluation des terres en agroforesterie, il y a 31 critères différents concernant les qualités des terres (Young, 1984b, p. 37). Toutefois, pour un projet concret, le choix et les estimations des critères pour les qualités des terres se fondent sur un nombre plus réduit d'éléments :

- la source des données; c'est l'élément le plus important;
- les caractéristiques naturelles de la région étudiée (par exemple dans la région montagneuse, les critères nécessaires sont la pente du terrain, la profondeur du sol, etc. mais non le type de marée, l'infiltration de l'eau de mer, etc.);
- les connaissances des experts; ces connaissances proviennent des résidents locaux, des scientifiques et des publications qui concernent notre domaine d'étude; cette raison est la plus importante lorsqu'on estime les demandes d'utilisation du sol;

- les TUTs évalués et décrits ci-dessus (par exemple, le critère de la capacité irriguée est important pour le TUT en rizière mais non pour celui d'agroforesterie);
- la capacité repérée sur la carte (par exemple le critère de température est très important pour les TUTs mais il n'est pas utilisé à cause de son homogénéité dans une petite zone);

Au Vietnam, le nombre de critères dépend de chaque contexte. Dans chaque cas, les critères fluctuent entre six et huit, groupés à l'intérieur des quatre groupes suivants:

- le sol, incluant la pédologie, la texture, la profondeur, la roche apparente;
- la topographie, incluant la pente, l'altitude;
- l'hydrographie, incluant la profondeur inondée, le temps d'inondation, le degré d'acidité et de salinité, la capacité d'irrigation;
- et le climat, incluant la pluviosité, la température, la neige.

(voir : Dao Chau Thu et Nguyen Khang, 1998; Nguyen Hoang Dan et al., 1997; Nguyen Huy Phon, 1996; Nguyen Van Nhan et Vo Thi Be Nam, 1995; Tran An Phong et al., 1995; Vu Cao Thai et al., 1996; Vu Thi Binh, 1995, etc.)

II.3.2.2. La classification des aptitudes des terres pour les TUTs

La demande d'utilisation des terres comprend les demandes en qualité des terres nécessaires afin d'assurer que les TUTs proposés permettent un développement durable (Dao Chau Thu et Nguyen Khang, 1998, p. 52; Vu Cao Thai et al., 1996, p. 152). La demande d'utilisation des terres doit donc être évaluée à partir des qualités des terres disponibles (FAO, 1983, p. 57; Young, 1984b, p. 35). Il s'agit d'une classification des terres selon leur degré d'aptitude aux TUTs. Cette classification en fonction des besoins des TUTs doit permettre de définir leur degré d'efficacité. Suivant les propositions de la FAO (FAO, 1976; FAO, 1983; FAO, 1989), il existe deux ordres représentés sur les cartes, tableaux, etc. par les symboles S et N :

- ordre S = apte : terre sur laquelle le TUT continu envisagé assure des avantages justifiant les inputs nécessaires, sans danger de nuire de façon inacceptable aux ressources foncières;

- ordre N = inapte : terre dont les qualités semblent interdire le TUT continu envisagé;

A l'intérieur de chaque ordre, les classes sont ordonnées en fonction de leur degré d'aptitude (FAO, 1976, p. 16). Ce degré est déterminé par la comparaison entre la qualité des terres et les demandes d'utilisation des terres des TUTs. Pour chaque TUT, le degré d'aptitude décroît peu à peu au fur et à mesure que la qualité des terres diminue. Nous avons choisi quatre classes qui sont désignées S1, S2, S3, N pour indiquer le degré décroissant d'aptitude des terres (tableau 5).

Ces classes sont retenues parce qu'elles sont très populaires dans les études d'évaluation des terres en agriculture et en foresterie au Vietnam, telles que celles de Tran An Phong et al. (1995), Vu Cao Thai et al. (1996), Nguyen Huy Phon (1996), etc. Ces niveaux d'aptitude sont également utilisés par les instances administratives (MARD, 1999, p. 15).

Niveau d'aptitude	Symbole	Indication
Aptitude élevée	S1	Terres n'ayant pas de limitation sérieuse, ou seulement des limitations mineures qui ne peuvent réduire sensiblement la productivité ou les avantages et ne demandent pas un accroissement des inputs au-delà d'un niveau acceptable.
Aptitude moyenne	S2	Terres présentant un ensemble de limitations moyennement sérieuses à un certain mode d'utilisation; ces limitations réduiraient la productivité ou les profits et augmenteraient les inputs nécessaires, de sorte que les avantages globaux, bien qu'intéressants, seraient sensiblement inférieurs à ceux de la classe S1.
Aptitude marginale	S3	Terres présentant un ensemble de limitations sérieuses à un mode d'utilisation donné; ces limitations réduiraient la productivité ou les profits, de telle sorte que la dépense ne se justifierait plus que marginalement.
Inaptitude actuelle	N	Terres ayant des limitations qui sont surmontables avec le temps, mais qu'on ne peut pas corriger en l'état actuel des connaissances à un prix acceptable. Ces limitations sont sérieuses au point d'interdire la réussite de telle ou telle utilisation continue des terres.

Source: FAO, 1976

Tableau 5. Les indications des classes d'aptitude des terres pour les TUTs

II.3.2.3. La combinaison des classes

Après l'estimation des classes pour chaque critère, il faut ensuite les combiner, car chaque TUT est influencé par plusieurs critères en même temps. La FAO a proposé quatre méthodes de combinaison des classes (combinaison subjective, conditions limitées, procédures arithmétiques et modeling). Une association de ces méthodes est aussi possible. Elles ont des avantages et des inconvénients différents (FAO, 1983, p. 145-148). Les études au Vietnam ont utilisé fréquemment la méthode de conditions limitées, parce qu'elle est simple et logique (FAO, 1983) et qu'elle observe prudemment la loi minimale biologique (FAO, 1983, p. 145; Vu Cao Thai et al., 1996, p. 150). Cette méthode utilise le degré de limitation des classes le plus élevé pour conclure quant aux aptitudes. Par exemple, pour le *Taungya*, si le critère de limitation en pédologie est S1, et celui de la pente est N, alors on retient N comme critère final. Néanmoins, cette méthode ne peut pas expliquer les interactions entre les critères. Pour combiner les classes, nous utilisons cette méthode à l'aide des connaissances de spécialistes (scientifiques, résidents locaux).

II.3.2.4. La cartographie des aptitudes des terres en agroforesterie

Les relations entre les conditions de qualité des terres et les demandes des TUTsAF sont modélisées selon la formule suivante :

les aptitudes des terres = (résultats S1) si (conditions), ou (résultat S2) si (conditions), ou
(résultat S3) si (conditions), ou bien (résultat N)

Ceci est un modèle qu'il est possible de construire par la fonction d'analyse spatiale des SIG.

II.3.3. L'évaluation de l'adéquation entre les systèmes agroforestiers existants et les demandes d'utilisation des terres

Il s'agit d'une étape très importante dans notre étude. L'évaluation de cette adéquation se base sur l'analyse de la corrélation entre deux couches d'informations. La première est celle de l'aptitude des terres pour les TUTsAF. La deuxième correspond aux systèmes agroforestiers existants. Si la compatibilité est grande, ceci implique que l'utilisation des terres sera cohérente avec les conditions environnementales, et donc que cette utilisation sera durable (Dumanski et al., 1991).

La méthode d'analyse consiste dans la corrélation croisée entre les deux couches d'informations qui sont simulées par les cartes thématiques. Chaque classe de la première carte est comparée avec celle de la deuxième afin de déterminer la distribution spatiale et le pourcentage de superficie de l'une par rapport à l'autre.

La fonction de la superposition des couches de SIG (par exemple la fonction de *Crossing Table* du logiciel ILWIS) est appliquée à cette étape.

II. 4. LES SOURCES, LES MÉTHODES DE COLLECTE ET DE TRAITEMENT DES DONNÉES

Les sources des données nécessaires concernent les types d'utilisation des terres en agroforesterie et les qualités des terres. Elles proviennent des expériences, savoirs et savoir-faire des paysans et des organisations sociales et scientifiques. Elles sont représentées dans les SIG sous forme d'attributs et d'objets spatiaux.

Nous porterons une attention particulière au contexte de ces sources pour bien comprendre leurs caractéristiques et vérifier que celles-ci concordent avec l'objet du mémoire. Une diversité de méthodes de collecte et de traitement de données sera utilisée pour rassembler les données, notamment : les enquêtes de terrain, les données existantes et les SIG. Toutes les données spatiales indispensables sont ensuite intégrées sur une carte de référence (carte topographique) afin de les superposer ensemble dans un SIG³. Un cadre des méthodes est présenté dans la figure 6. Les enquêtes et entretiens, outre la collecte des données indispensables à notre travail, nous ont aidé à mieux comprendre les systèmes agroforestiers.

II.4.1. Les données existantes

Ces données ont été collectées à partir des résultats du projet DFVN, d'une enquête de terrain, du Service d'agriculture et de développement rural de Phu Tho, des organismes, par exemple le Centre Inter-ministériel des Applications Spatiales (CIAS), le *National Institute of Agricultural Projection and Planning* (NIAPP), etc., du Centre National de Météorologie et d'Hydrologie, des organisations internationales comme la FAO et le PNUD, des bibliothèques

³ L'équipe du VTGEO m'a aidé à réaliser ce travail, qui a nécessité beaucoup de temps.

et des spécialistes dans les domaines de l'agroforesterie et des terres tel que Nguyen Ngoc Binh, Le Trong Cuc, Ton That Chieu, Tran An Phong, Nguyen Van Tan, etc. Ces données sont issues des rapports, des ouvrages, des cartes, des communications personnelles, etc. sous les mots-clés : agroforesterie, agriculture, sylviculture, évaluation des terres et développement durable.

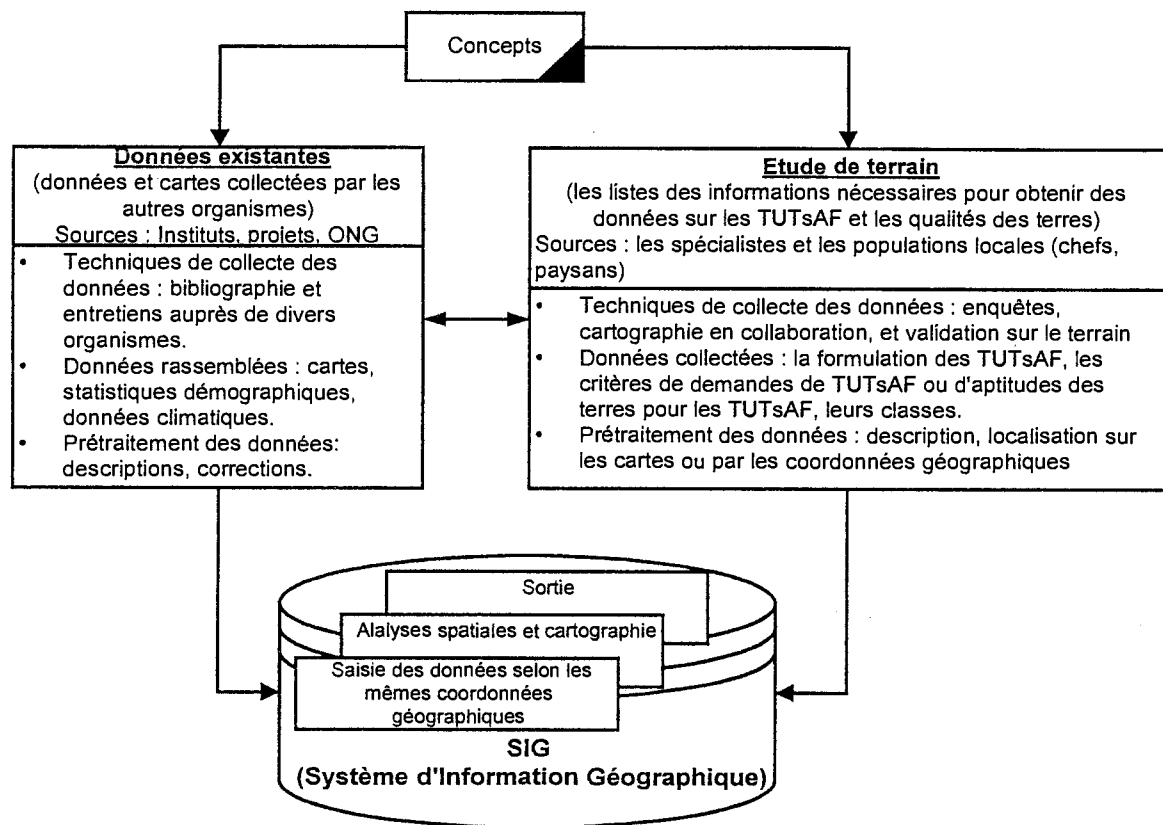


Figure 6. Le cadre des méthodes de collecte et de traitement des données

II.4.2. L'étude de terrain

II.4.2.1. L'entrevue avec des spécialistes locaux

Les spécialistes locaux sont des dirigeants, des scientifiques et des paysans. Le contenu de l'entrevue tourne autour de la situation du développement agroforestier dans la localité. On porte une attention spéciale aux critères et aux classes d'aptitudes des terres en agroforesterie.

II.4.2.2. La cartographie en collaboration avec les populations locales

Pour conduire les enquêtes de terrain, auprès des populations locales, les cartes de TUTsAF et des qualités des terres ont été utilisées pour les valider, les compléter et déterminer les relations entre elles selon les enquêtes définies. Cette technique permet de localiser les sites étudiés spatialement, sans se déplacer. Cela ne dérange pas les résidents locaux et économise notre temps.

Choix des échantillons : à l'aide des chefs du district, nous avons choisis les sites dirigés par les foyers paysans qui ont de grandes parcelles (plus de trois hectares) et beaucoup d'expériences de production. Ils utilisent souvent plusieurs TUTs différents, incluant l'agroforesterie, sur diverses qualités de terres.

Pour familiariser les résidents locaux, on a organisé un cours de base d'informatique et de SIG dans le district de Ha Hoa pendant quatre semaines. Le but du cours était le renforcement de la capacité d'utilisation des SIG dans la gestion des ressources naturelles et socio-économiques pour les cadres locaux provenant des bureaux de l'agriculture, du cadastre, de la planification, de l'administration et des services d'encadrement de l'agriculture. Pour notre part, nous créons une "sympathie" parmi la population locale et profitons tous des données disponibles dans le cadre du cours.

II.4.3. Les SIG

II.4.3.1. La définition et les fonctions

Il y a différentes approches pour définir les SIG. Ce sont les approches de processus à orientation comme chez Aronoff (1989), d'application comme chez Carter (1989), de base de données (Dueker, 1979) et de boîte à outils (Burrough, 1986). La dernière est un ensemble puissant d'outils pour saisir, conserver, extraire, transmettre et afficher les données spatiales décrivant le monde réel. C'est celle que nous utilisons parce que les SIG jouent un rôle important pour l'évaluation des terres en agroforesterie dans notre étude.

Selon cette approche, un SIG inclut quatre fonctions : saisie (stockage et administration), analyse, cartographie et sortie. Pour bien apprécier les fonctions des SIG, il est nécessaire de comprendre les principes fondamentaux de la conception de la base de données et des modèles de données géographiques pour simuler le monde réel (Maguire et Dangemond,

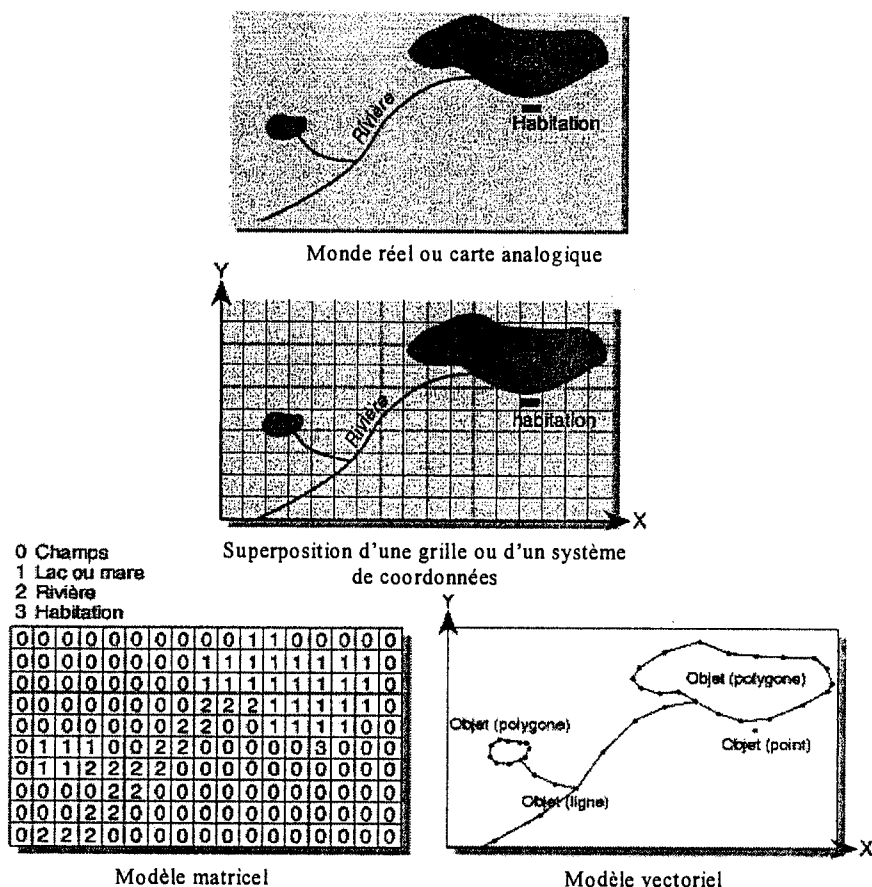
1991). Il y a deux modèles de données géographiques principaux qui sont utilisés pour concevoir une base de données géographiques référant à deux modèles : vecteur et matrice (figure 7). Ces deux modèles représentent une série d'entités géographiques du monde réel qui sont toujours définies par deux éléments de donnée : **géographie et attribut**, la géographie (aussi nommée la localisation) répondant à la question "OÙ ?", l'attribut (aussi nommé la statistique ou bien la non-localisation) répondant à la question "QUOI ?". L'élément géographique fournit une référence pour celle de l'attribut (Maguire, 1991). Les éléments de données sont gardés dans des fichiers séparés. Mais entre les fichiers, un lien est établi par un champ spécial (ID unique) (figure 8). D'une façon générale, la structure vectorielle est plus avantageuse dans les situations où les entités à traiter sont de type linéaire et la précision requise est grande. La structure matricielle, quant à elle, se prête bien au traitement et à la comparaison d'entités de surface (Raveneau, 1998, p. 75). En outre, dans les SIG, les ressources naturelles sont traditionnellement traitées en mode matriciel (Michael et al., 1996, p. 71). Dans ce cas, il s'agit des types d'utilisation des terres en agroforesterie et de qualité des terres. C'est pourquoi nous l'utilisons principalement pour élaborer la carte d'aptitude et la comparer avec celle d'utilisation des terres en agroforesterie. Le modèle vecteur est utilisé dans l'acquisition de données existantes en forme linéaire. Les SIG permettent des transferts du vecteur à la matrice et vice versa. Cependant, on doit accepter des erreurs et/ou des pertes de données originales.

II.4.3.2. L'utilité des SIG dans l'évaluation des terres en agroforesterie

(1) Saisie des données

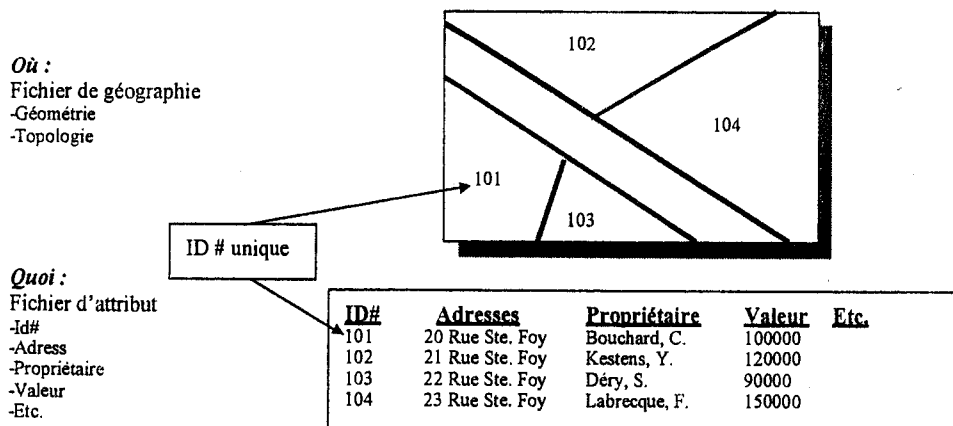
Les données nécessaires pour l'évaluation peuvent être stockées dans un SIG par sa composante technique sous la forme de fichiers. Les données géographiques concernant l'agroforesterie peuvent être presque toutes cartographiées et/ou mises à jour dans une base de données. Ces données sont obtenues par les fonctions de numériseurs, de scanners et de conversion à partir d'autres sources numériques. Cependant, dans quelques cas, cette conversion n'est pas facile et cela cause des erreurs et/ou des pertes de données originales : par exemple, dans le cas de la conversion des données en format d'un SIG MAPINFO à ILWIS et vice versa. Heureusement, un bon SIG permet de valider et de préparer les entités géographiques (Maguire et Dangemond, 1991).

Ce travail de numérisation, d'édition et de création topologique nécessite toujours beaucoup de temps et de ressources. Dans un projet appliqué de SIG, les données sont très chères à rassembler et à traiter et contribuent pour 70 p. 100 du coût total (Rowley et Gilbert, 1989).



Source : Goodchild et al., 1996

Figure 7. Les modèles de données vectorielles et matricielles



Source : Korte et P.E., 1997

Figure 8. Le lien entre le fichier de données géographiques et celui d'attributs

(2) Analyse spatiale et cartographie

Le rôle des SIG dans l'évaluation touche principalement à cette fonction d'analyse pour intégrer diverses informations (Huizing et Bronsveld, 1991, p. 545).

Une variété d'outils d'analyse nous permet de développer des analyses spatiales par les opérations locales (l'encodage, la superposition des couches), par les opérations sur les éléments voisins (le filtrage, le calcul du modèle numérique de terrain, des pentes, des orientations), par les opérations sur les éléments éloignés (la distance, les zones tampons, les secteurs visibles) et par les opérations sur les zones (l'identification de zones, la superficie de zones, le périmètre de zones, la distance d'une limite de zone, la forme d'une zone) (Michael et al., 1996, pp. 94-103).

La cartographie doit être envisagée comme un élément clé d'un SIG (Raveneau, 1998). Elle permet l'établissement de liens entre les entités géographiques (localisation) (par exemple : les contours de l'utilisation des terres, du sol, de la pente, de la capacité d'érosion, de la pluviosité, de l'aptitude des terres, etc.) qui sont stockées dans une base de données géographiques et qui possèdent un certain nombre de variables attributs (non-localisation).

Dans un SIG, les modèles du seuil sont souvent utilisés. Ils utilisent les valeurs limitées entrées (conditions) qui constituent les classes permettant de cartographier les valeurs sorties (résultats) qui sont exprimées habituellement comme des codes simples (par exemple 1 est égal à l'aptitude élevée, 2 est égal à l'aptitude moyenne, etc.) (Burrough, 1989, p. 5) :

SI (conditions) DONC (résultats) OU BIEN (résultats),

Une algèbre booléenne simple (et, ou, plus, moins, etc.) est souvent appliquée dans ces modèles.

(3) Sortie

Par le matériel informatique, les données peuvent être sorties de façon analogue ou digitale sous forme de cartes, graphiques, tables, rapports statistiques, CD-ROM, disque, WEB, etc. que l'homme et l'ordinateur peuvent lire (Martin, 1996).

Par suite des différentes fonctions des SIG, dans notre étude, nous utilisons trois logiciels de SIG qui sont ILWIS⁴ version 2.2, PCI⁵ version 6.3 et MAPINFO⁶ version 5.0 (tableau 6). Ils sont installés sur les ordinateurs configurés : Pentium II 400 Mhz-450 Mhz, 128 MB RAM, 5 GB disque dur, système d'opération Windows 98.

Fonctions des SIG	PCI	ILWIS	MAPINFO
Saisie			
Conversation à partir des autres sources			
Vecteur			*
Matrice	*		
Numérisation en mode vectoriel		*	
Analyse spatiale et cartographie		*	
Sortie			*

Tableau 6. Les fonctions des SIG utilisées

La méthode de l'évaluation des terres peut être facilement adoptée par les SIG, lesquels sont munis d'une technologie variée (matériel et logiciel) et sont disponibles pour stocker, administrer, spatialiser, cartographier et sortir les données efficacement.

⁴ ILWIS (*Integrated Land and Water Information System*) est un SIG avec des capacités de traitement d'images, développé par le ITC (*Institute for Aerospace Survey and Earth Science*), Pays-Bas.

⁵ PCI est un logiciel de traitement des images et de SIG, développé par PCI Enterprises Inc., Canada.

⁶ MapInfo est un SIG, développé par MapInfo Corporation, États-Unis.

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Le présent chapitre, consacré à la description du modèle de la relation entre les ressources des terres et l'agroforesterie, s'articule autour de quatre parties :

- présentation de la zone d'étude;
- description des TUTsAF existants;
- aptitude des terres pour l'agroforesterie;
- adéquation entre l'aptitude des terres et les TUTsAF existants.

III.1. LA PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

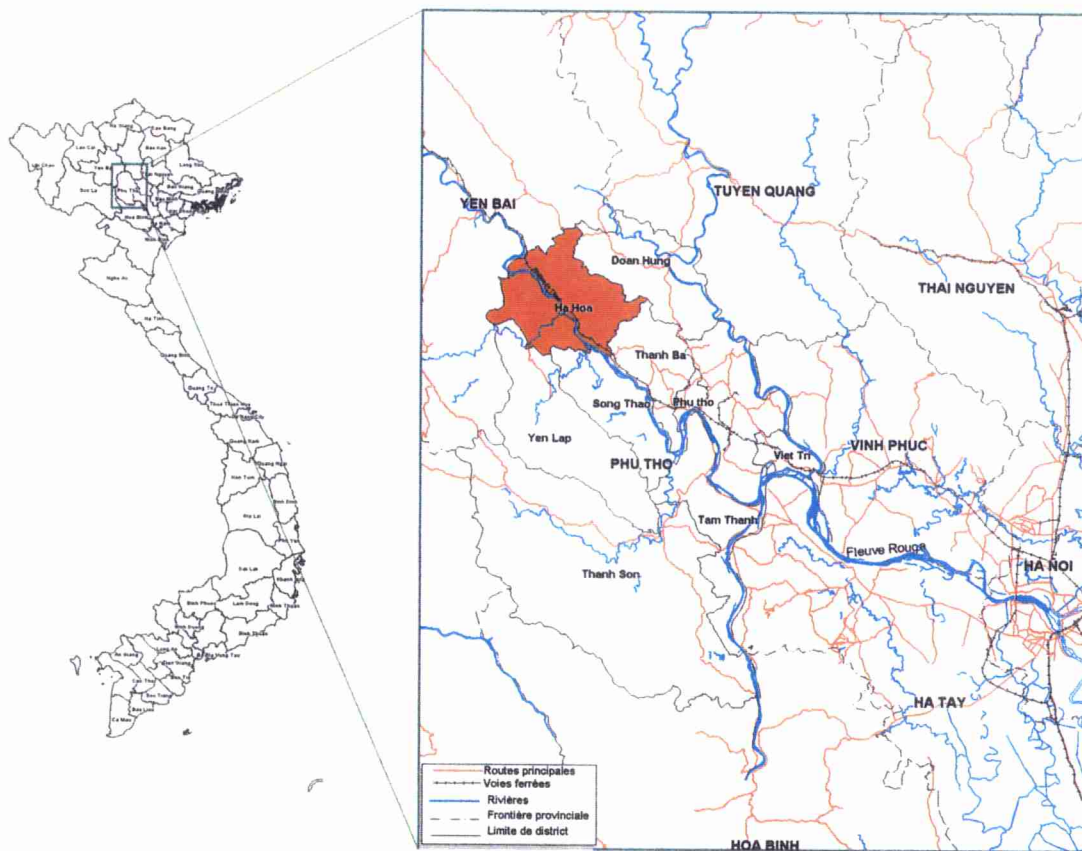
Tout d'abord, la présentation de la zone de Ha Hoa nous permet de définir la zone d'étude et de faire l'inventaire des ressources des terres qui influencent la production agroforestière.

III.1.1. Les caractéristiques naturelles

III.1.1.1. La localisation

Le district de Ha Hoa se trouve au Nord-Ouest de la province de Phu Tho dans le Nord du pays, dans une zone transitionnelle entre les massifs montagneux et le delta du Fleuve Rouge. Il est bordé par quatre autres districts de la province de Phu Tho et deux districts de celle de Yen Bai. Sa superficie est de $341,03 \text{ km}^2$; la distance entre le centre du district (noyau urbain de Ha Hoa) et la ville de Viet Tri est de 70 km, soit deux heures en voiture (figure 9). Les coordonnées géographiques (UTM WGS 84) sont :

$$X_{\min}, Y_{\min} = 486210 \text{ E}, 2376610 \text{ N et } X_{\max}, Y_{\max} = 515190 \text{ E}, 2399630 \text{ N}$$

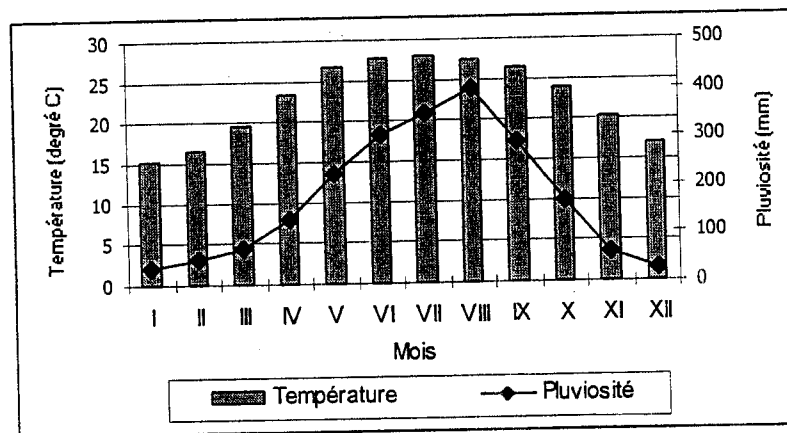


Source : VTGEO, 1999

Figure 9. Le district de Ha Hoa et ses voisins

III.1.1.2. La climatologie et l'hydrologie

Ha Hoa possède un climat tropical de mousson caractérisé par des étés chauds et humides et des hivers secs et froids. La température moyenne annuelle oscille entre 22 °C et 24 °C; les maximas se situent en juin et août et les minimas en janvier (15,3 °C). La pluviosité annuelle moyenne est de 2 107 mm, dont 70 à 80 p. 100 se concentrent de mai à octobre (sommets en juin, juillet et août). En général, les caractéristiques climatologiques sont convenables pour le développement et la compétition de plusieurs types d'utilisation des terres (Trinh Muu et al., 1999). Les caractéristiques climatologiques principales sont présentées dans la figure 10. Récemment, on a observé des tempêtes locales accompagnées de grêle en avril, mai et juin, peut-être dues à la localisation de Ha Hoa entre les deux grands lacs de Thac Ba et Hoa Binh.



Source : Comité populaire du district de Ha Hoa, 1999

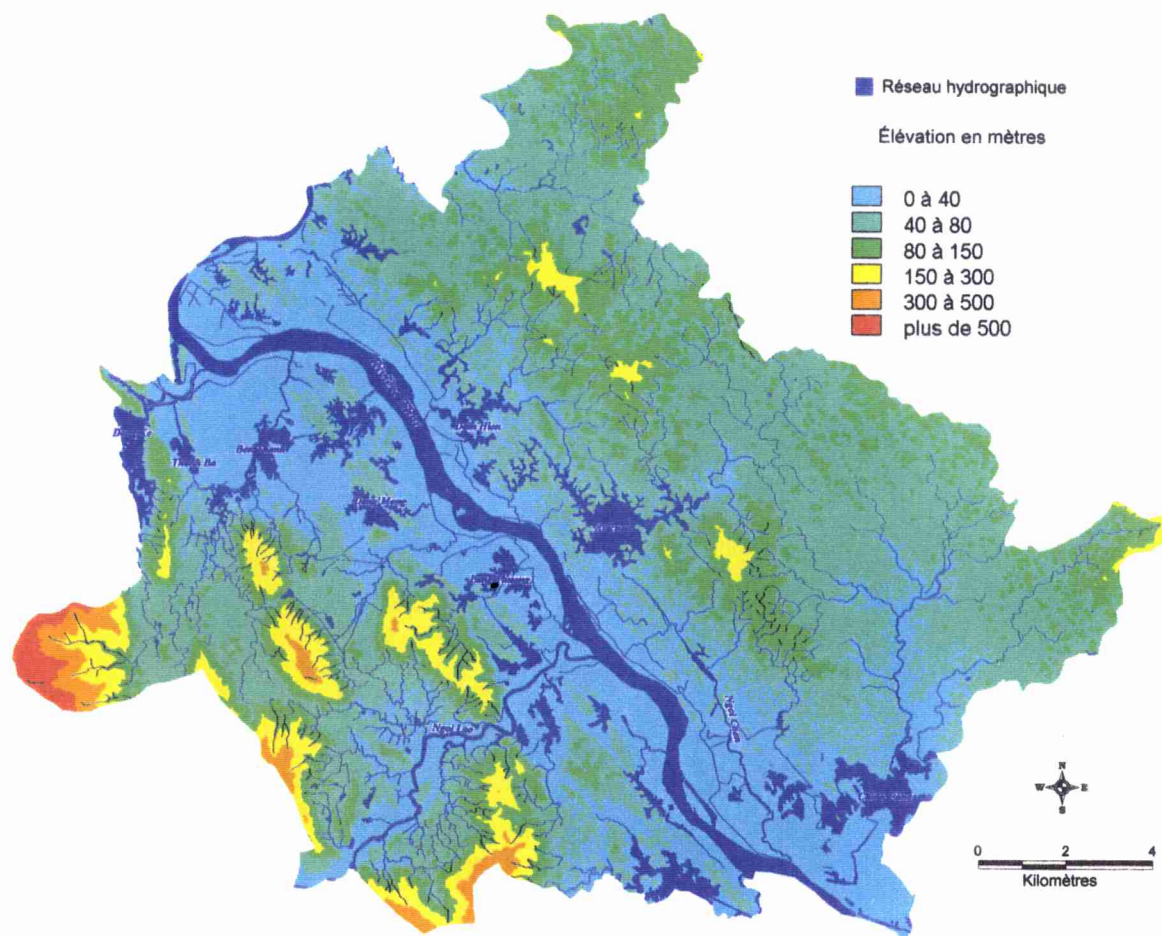
Figure 10. La température et la pluviosité annuelles

Le district de Ha Hoa a un réseau hydrographique assez abondant (figure 11). La rivière Thao⁷ divise ce district en deux parties. Le bassin de la rivière Thao couvre tout le district. Ici, s'élèvent les premiers éléments des digues du fleuve Rouge.

III.1.1.3. La topographie

La zone d'étude est une zone de collines (Nguyen Thanh Tra, 1995). Les flancs des montagnes dévalent en pentes douces vers la rivière Thao, ce qui explique que la topographie de Ha Hoa est en forme d'auge, en pente douce (20-30 °C) vers le sud-est (figure 11). Cette topographie donne naissance à des zones écologiques différentes (terres d'alluvion, collines basses, collines hautes et montagnes) qui influencent les différents types d'utilisation des terres.

⁷ Il s'agit en fait du fleuve Rouge auquel on donne ce nom de Thao dans sa portion entre la frontière chinoise et la ville de Viet Tri.



Source : CIAS, 1999

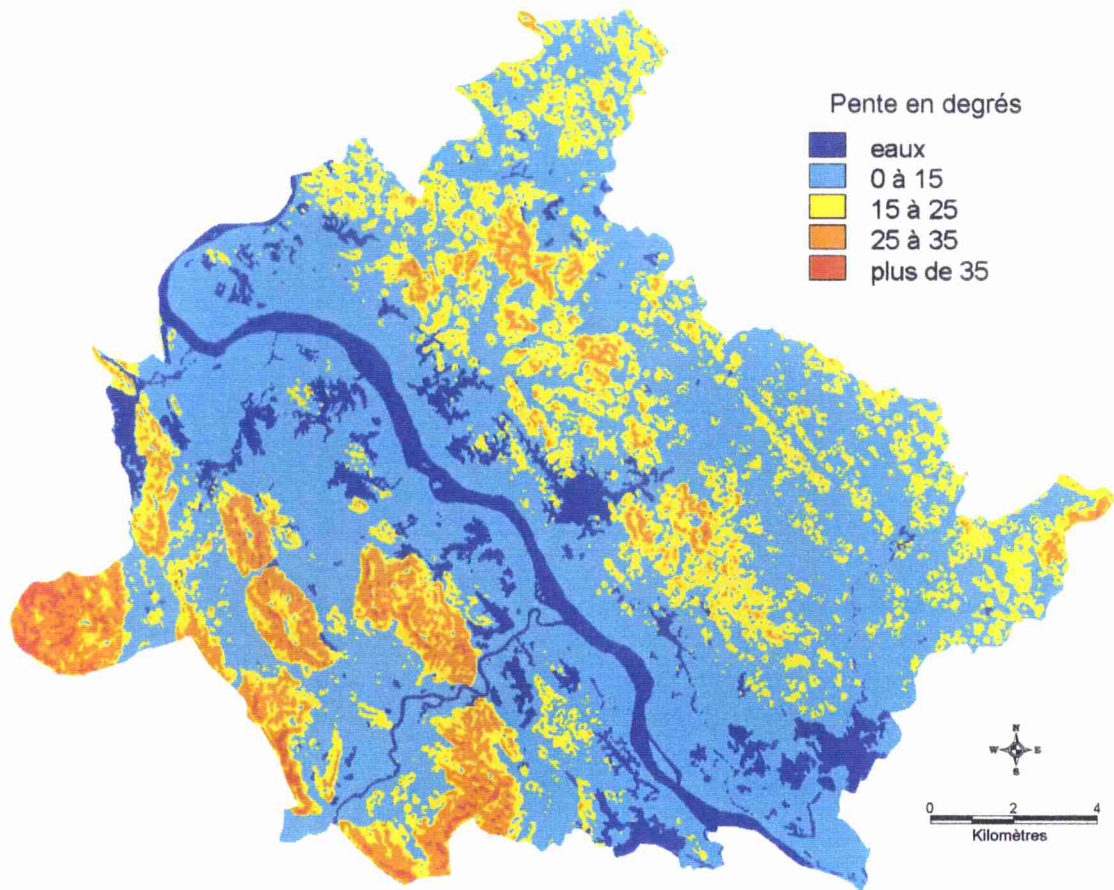
Figure 11. Le système hydrologique et l'altitude

III.1.1.4. Le sol

Selon la carte du sol du district de Ha Hoa, créée par le NIAPP, le sol est caractérisé par quatre facteurs : la pente, la pédologie, la texture et la profondeur.

- La pente : la pente a été divisée en six classes : moins de 3 °; de 3 ° à 8 °; de 8 ° à 15 °; de 15 ° à 20 °; de 20 ° à 25 °; et plus de 25 °. Ces classes sont fréquemment répertoriées pour le secteur agricole. Celui de la foresterie choisit habituellement moins de 3 °; de 3 ° à 15 °; de 15 ° à 25 °; de 25 ° à 35 °; de 35 ° à 45 ° et plus de 45 ° (FIPI, 1995, p. 56), les deux dernières étant considérées comme la base de limitation cruciale pour la forêt protégée. Par la fonction des SIG, la pente a été établie à partir de l'altitude précédente (figure 11). Pour la Zone Centrale incluant le district de Ha Hoa, on groupe souvent la pente en quatre

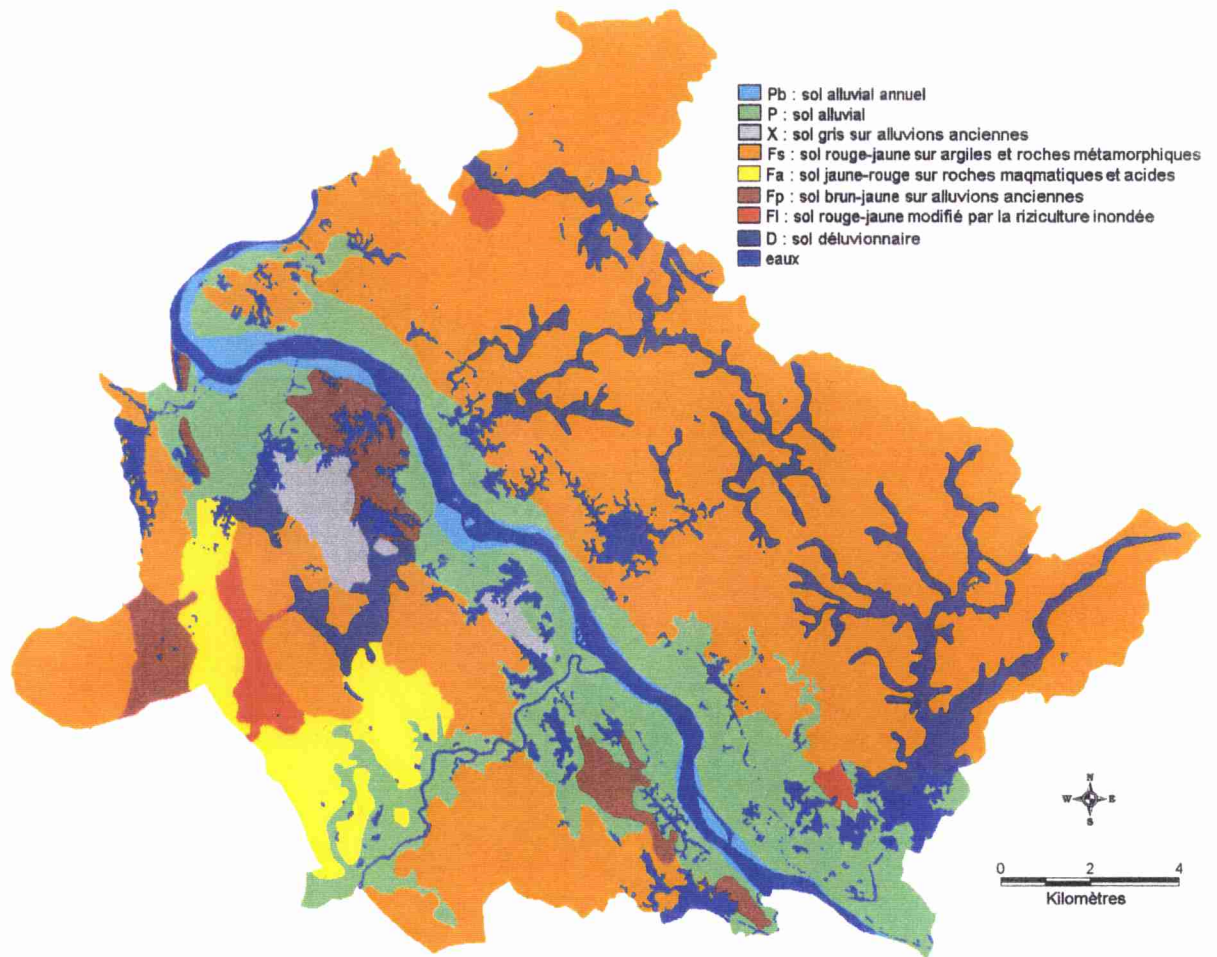
classes : moins de 15 °; 15 ° à 25 °; de 25 ° à 35 °; et plus de 35 ° (Nguyen Huy Phon, 1996, p. 46) (figure 12).



Source : figure 11

Figure 12. La pente

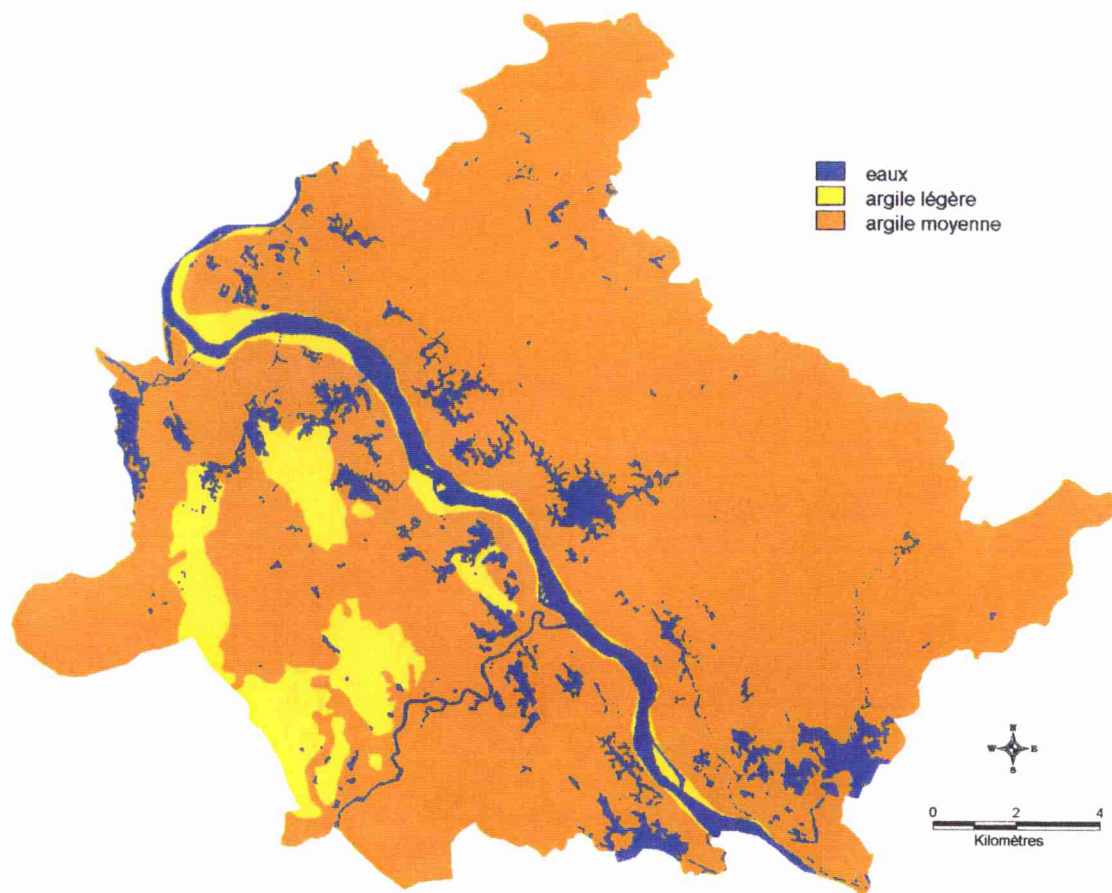
- La pédologie : il y a 8 catégories pédologiques, où le sol rouge-jaune sur argiles et roches métamorphiques est le plus largement distribué dans les zones élevées (figure 13).



Source : NIAPP, 1999

Figure 13. La pédologie

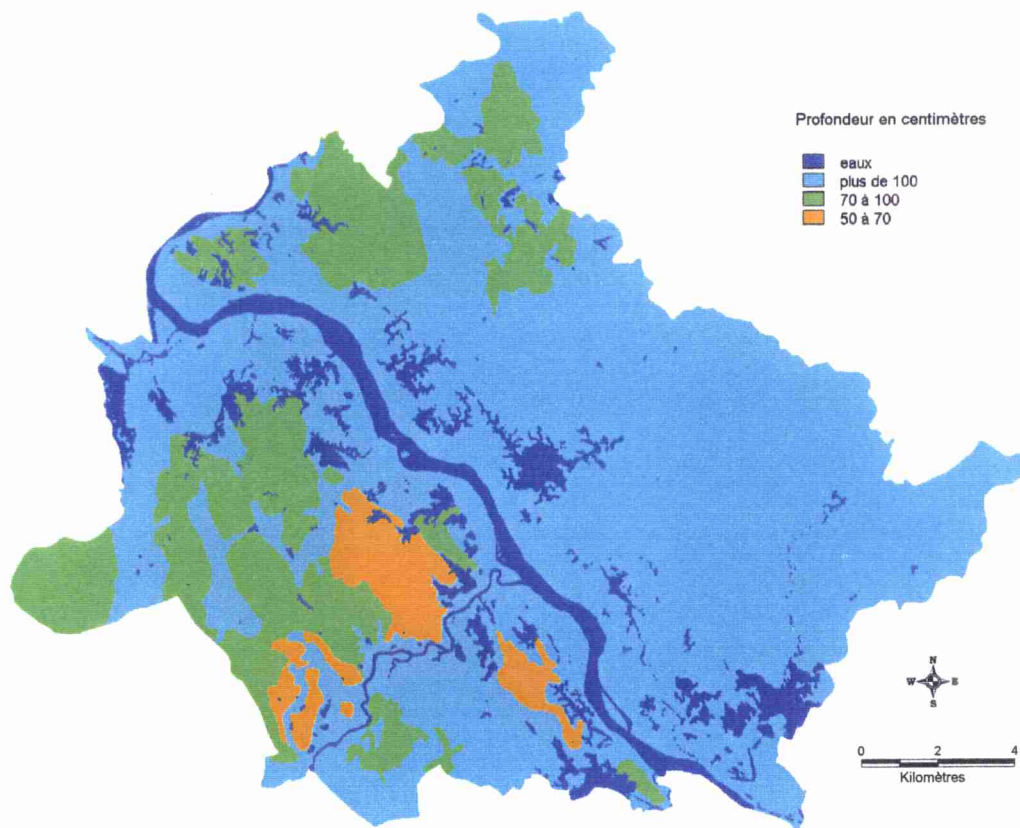
- La texture : la zone d'étude ne comprend que deux catégories de texture : argile moyenne et argile légère (figure 14).



Source : NIAPP, 1999

Figure 14. La texture du sol

- La profondeur : le sol a ici une bonne profondeur (plus de 50 cm) par rapport aux autres districts de la province de Phu Tho. Il est groupé en trois classes : de 50 cm à 70 cm, de 70 cm à 100 cm et plus de 100 cm (figure 15).



Source : NIAPP, 1999

Figure 15. La profondeur du sol

III.1.1.5. La forêt

Autrefois, le district de Ha Hoa était largement couvert de forêts. Cela est confirmé par les résidents locaux âgés de plus de 50 ans. En effet nous avons observé les poutres de maisons ou les planches de lits faites en bois précieux. A cette époque, les animaux sauvages attaquaient les animaux domestiques et détruisaient les cultures.

Maintenant la superficie de la forêt (plantée et naturelle) est de 12 458 ha (figure 16), mais sa qualité diminue (Ha Hoa, 1999, p. 11). Les espèces précieuses restent très rares comme le chêne (*soi*), le châtaigner (*de*), le manglietia à bois jaune (*vang tam*), le lim (*lim*) qui se situent dans les montagnes élevées dans les communes de Quan Khe, Xuan Ang et Vo Trinh.

Aujourd'hui, les paysans reconnaissent eux-mêmes que la forêt est très importante pour fournir l'eau nécessaire à la production du riz et à la vie quotidienne. Par exemple, dans la commune de Xuan Ang, les résidants utilisent des tubes de plastique pour amener l'eau chez eux. Pour encourager la protection de la forêt naturelle, l'État dépense 50 000 *dong*⁸ par ha par an.

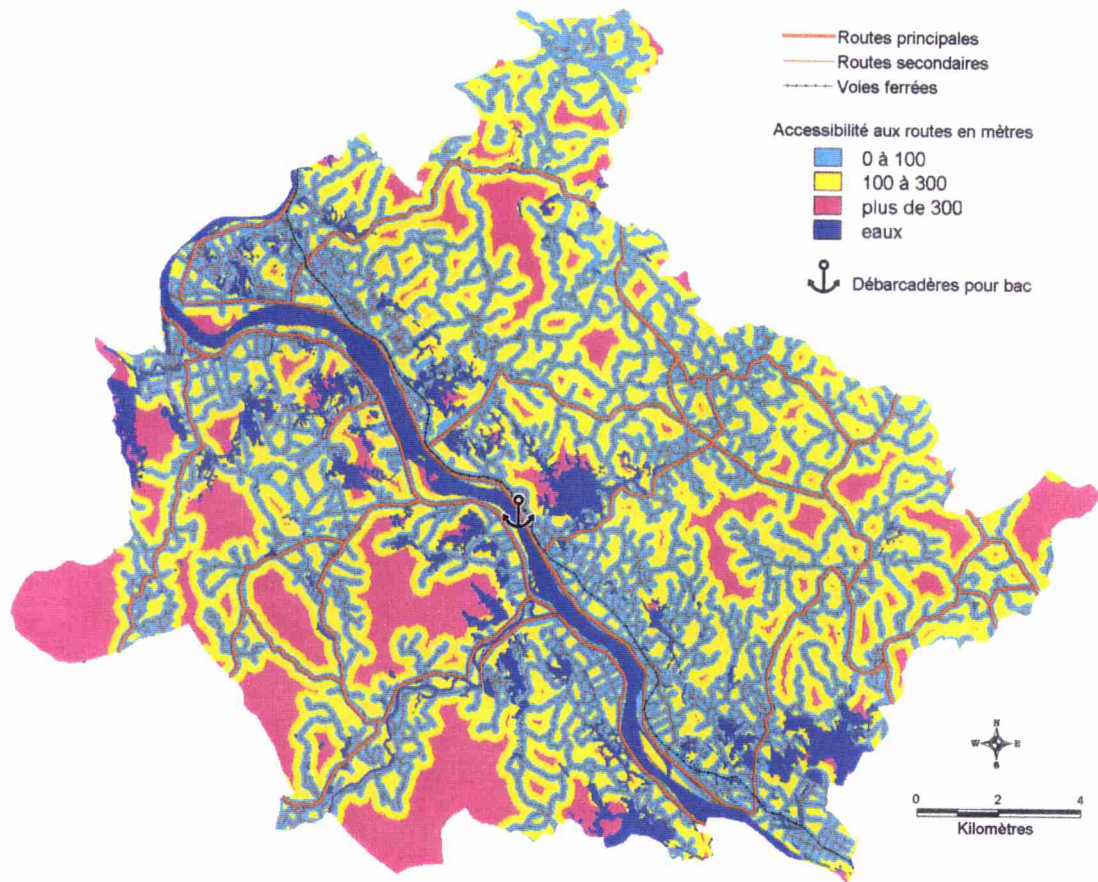
III.1.2. Les caractéristiques socio-économiques

III.1.2.1. Les infrastructures routières

Les infrastructures routières sont très importantes pour les activités locales (figure 16). Elles occupent 2,7 p. 100 de la superficie totale. Le réseau des voies terrestres est assez dense mais sa qualité n'est pas bonne et il reste insuffisant (Nguyen Hoang Hien et al., 1999, p. 14). En effet, les grands chemins ne permettent la circulation qu'à une vitesse moyenne d'environ 30 km à l'heure.

A gauche de la rivière Thao, la zone est traversée par une voie ferrée de 25 km. Maintenant, dans ce district il n'y a aucun pont. Il y a seulement un bac à Ha Hoa qui joue un rôle très important pour transporter des marchandises et des gens entre les deux parties de la zone (figure 16).

⁸ 1\$US équivaut à environ de 14 000 *dong*



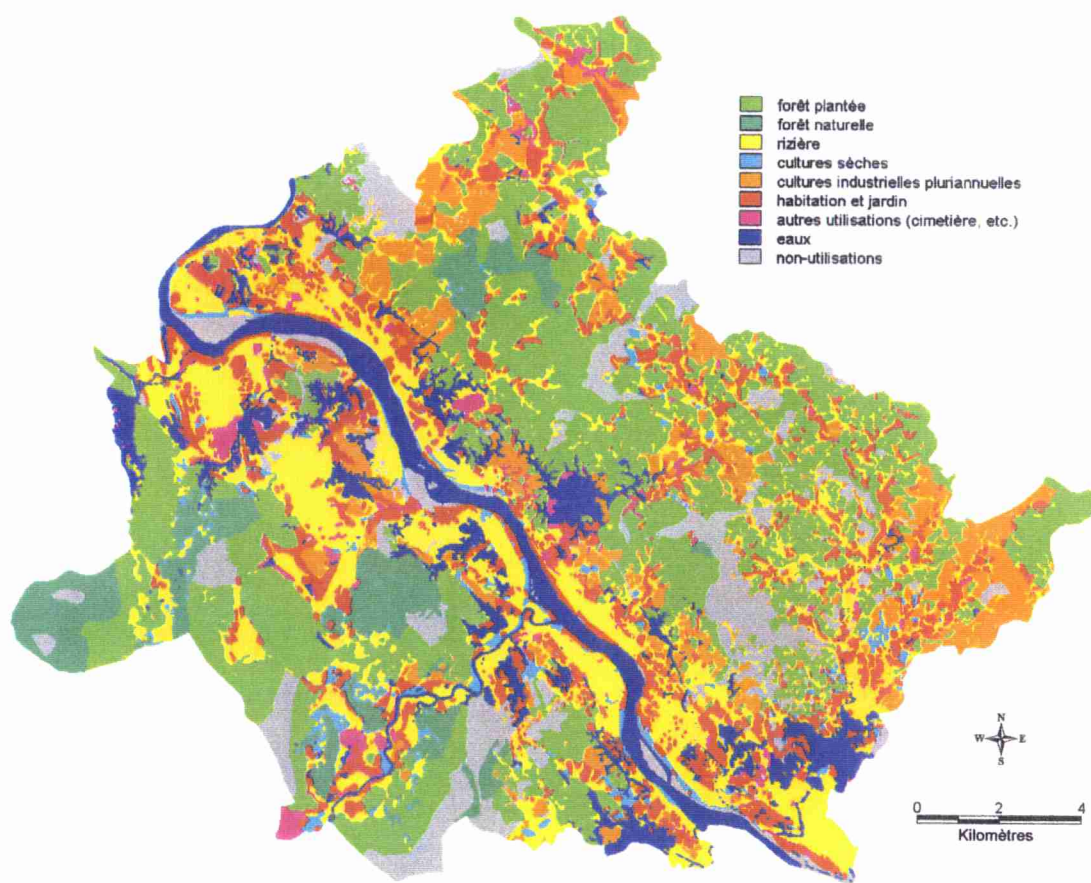
Source : CIAS, 1999; Bureau du cadastre de Ha Hoa, 1999

Figure 16. Les infrastructures routières

De 1990 à 1997, la superficie de la forêt a augmenté de près de 6 000 ha, grâce aux programmes 120 et 327, en particulier avec l'arrêté 02/CP du gouvernement concernant la transmission du droit d'utilisation des terres et de la forêt pour les paysans (Nguyen Hoang Hien et al., 1999, p. 27).

III.1.2.2. L'utilisation des terres

A cause de caractéristiques naturelles favorables, l'utilisation des terres est variée dans le domaine de l'agriculture, de la sylviculture et de l'aquaculture (figure 17). Classées en 5 grandes catégories par le Département Général du Cadastre (DGC), les données statistiques de l'utilisation des terres (annexe 1) montrent que la superficie des terres en foresterie est la plus grande (36,6 p. 100). Celle de non-utilisation occupe un taux considérable (9,4 p. 100) pour le développement des TUTs efficaces comprenant peut-être les systèmes agroforestiers.

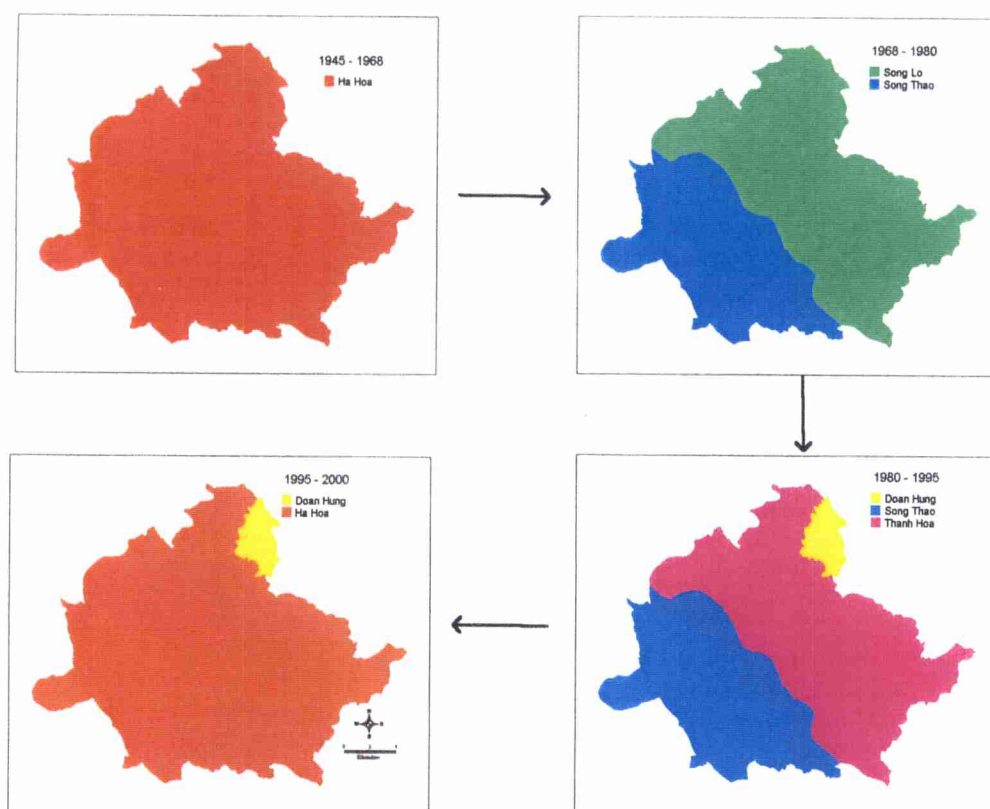


Source : Département du cadastre de la province de Phu Tho, 1999

Figure 17. L'utilisation des terres

III.1.2.3. L'administration

Par les décisions de l'Assemblée Nationale et du Gouvernement codées 504-NG/TVQH en janvier 1968, 178-CP en juillet 1977, 377/CP en décembre 1980, et 63/CP en octobre 1995, le district de Ha Hoa (couleur rouge dans la figure 18) a changé plusieurs fois de limites et de noms administratifs. A partir du 1^{er} janvier 1996, le district de Ha Hoa a été rétabli, incluant 33 communes dont celle de Ha Hoa, chef-lieu du district. Outre le gaspillage de temps et d'argent, ce changement influence la gestion et la planification d'utilisation des terres. Pour les chercheurs, cela crée des difficultés pour la collecte des données historiques.

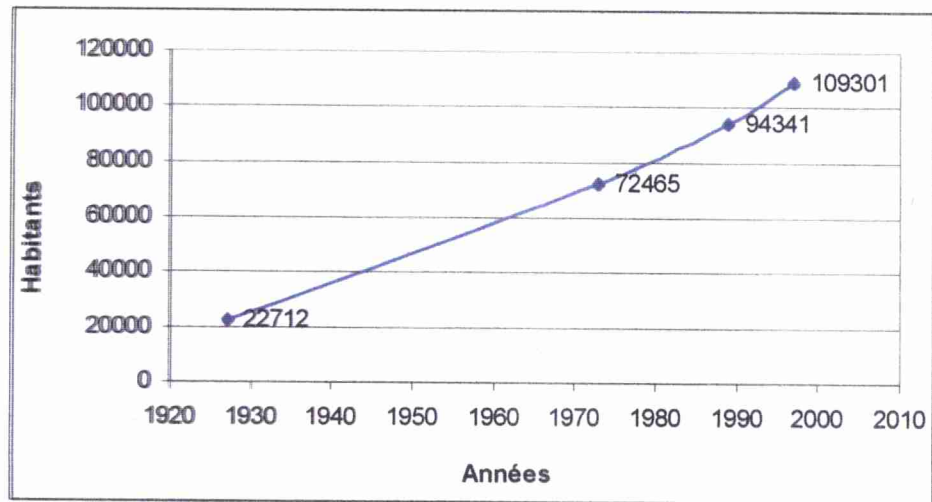


Source : Département du cadastre de la province de Phu Tho, 1999

Figure 18. L'évolution de limites du district de Ha Hoa

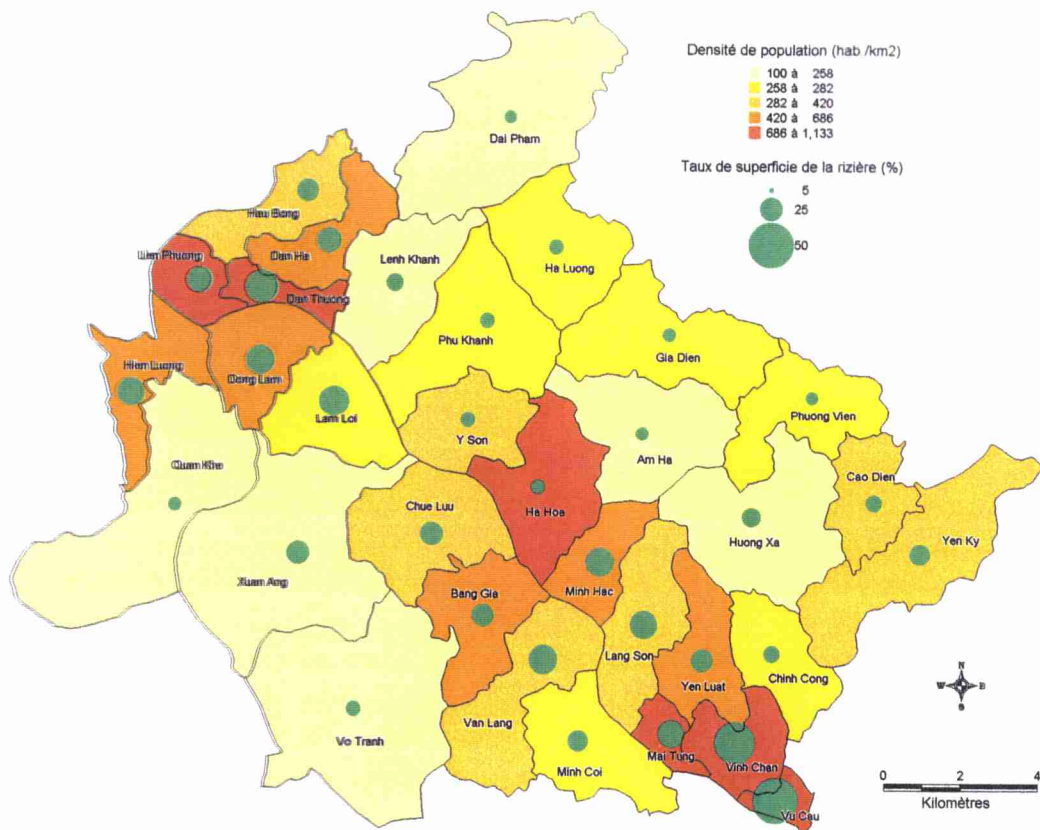
III.1.2.4. La population

L'immigration des Kinh, en particulier après les années 1950 (Le Trong Cuc et al., 1990, p. 42), et la croissance de population locale ont entraîné une augmentation de la population d'environ 500 p. 100 en 70 ans (1927-1997) (figure 19). En 1997, la population était de 109 301 habitants, dont plus de 90 p. 100 était rurale. La densité moyenne de la population est de 322 habitants au km² mais sa répartition n'est pas uniforme. Elle se concentre dans les communes situées la long de la rivière Thao, dans la come de Vu Cau (1133 hab. au km²), la densité la plus faible se trouvant dans celle de Quan Khe (101 hab. au km²). Au total, la densité est plus élevée dans les communes où la superficie rizicole est considérable (figure 20).



Source : Bureau statistique du district de Ha Hoa, 1999

Figure 19. L'évolution de la population entre 1927 et 1997



Source : Bureau statistique du district de Ha Hoa, 1999

Figure 20. Les communes, la densité de population et le taux de superficie de rizière par commune en

1997

III.2. LES TYPES D'UTILISATION DES TERRES EN AGROFORESTERIE

Selon les sources officielles, le district de Ha Hoa comprend 32 différents types d'utilisation des terres. Ils sont groupés en cinq catégories principales : agriculture, sylviculture, habitation, autres terres, terres non-utilisées, mais il n'y a aucun type pour l'agroforesterie. Il en est de même dans tous les systèmes de la classification d'utilisation des terres au Vietnam. Fondées sur l'approche présentée au paragraphe II.2.2., les missions sur le terrain nous ont permis de confirmer qu'il y a trois systèmes agroforestiers existant dans la zone étudiée : (1) les cultures sous couvert arboré (figure 21); le jardin de case incluant les animaux (figure 22); ou (3) le *Taungya* (figure 23). A même la carte d'utilisation des terres (figure 17), la plantation industrielle pluriannuelle évoque la culture du thé sous couvert arboré (cassie), l'habitat rural évoque le jardin de case, et la forêt plantée représente le *Taungya*.



Figure 21. La culture (thé) sous couvert arboré (cassie)
(cliché Pham Thanh Hai, 1999)



Figure 22. Le jardin de case
(cliché Pham Thanh Hai, 1999)



Figure 23. Le *Taungya* (manioc et eucalyptus)
(cliché Pham Thanh Hai, 1999)

III.2.1. Les cultures sous couvert arboré

L'utilisation de l'ombre des arbres avec les cultures pluriannuelles est ancienne et existe depuis que le café Arabica a été planté sous forêt naturelle en Éthiopie (MacDicken, 1990, p. 120). L'ombrage des arbres a des influences positives et négatives en même temps. Dans les systèmes de monoculture et de gestion intensive, l'ombre est négative. Par contre, elle est positive dans les petites parcelles ou quand la terre est de mauvaise qualité (FAO, 1994b, p. 18).

Au Vietnam, ces systèmes consistent à associer des arbres avec la culture du café ou du thé, qui préfèrent un certain ombrage. Le café est planté sur les plateaux de Dac Lac, de Di Linh, de Pleiku et est associé avec les arbres fournissant de l'ombre comme la cassie et le leucaena. Le thé est planté dans plusieurs régions montagneuses mais la concentration principale se trouve dans les provinces de Phu Tho et de Thai Nguyen au Nord. Le thé est associé ici avec des arbres à ombrage comme l'aprasin, la cassie et la téphrosie.

Dans le district de Ha Hoa, ce type se trouve sur les collines à pentes douces (de 10° à 20°) dans toutes les communes. En cultures mixtes, le théier fournit de meilleurs rendements (environ 20 p. 100), alors que ses feuilles prennent une couleur plus foncée. Dans le district voisin de Doan Hung, les paysans reconnaissent les avantages des cultures mixtes ou en association. Mais ils les pratiquent peu, affirmant que le thé cultivé ainsi a moins bon goût et nécessite trop de main-d'œuvre (Donovan, 1997, p. 14). Cette association est pratiquée principalement par les foyers qui ont un contrat avec l'usine du thé Ha Hoa située dans la commune de Yen Ky.

Au début des années 1990, le prix du thé était bas en comparaison avec ceux des autres plantes, par exemple le riz (tableau 7). Les paysans ont remplacé le thé par les autres plantes. De plus, la réalisation du programme de reboisement 327 étant intéressante pour les paysans, ils ont aussi converti le thé en forêt plantée, y compris les *Taungya*. Maintenant, le prix du thé ayant augmenté, les paysans replantent le thé.

Années	Prix (dong par kg)	
	Thé	Riz
1991-1992	700	2500
1994	1200	2500
1999	1700	2700

Source : enquêtes, 1999

Tableau 7. L'évolution du prix du thé et du riz de 1991 à 1999

III.2.2. Le jardin de case incluant les animaux

Il s'agit d'un système agroforestier traditionnel qui peut se trouver dans toutes les régions de l'Asie Sud-Est, même dans les zones urbaines (Manap, 1989). La structure des jardins est très diversifiée. C'est la reproduction d'une forêt naturelle tropicale qui produit plusieurs couches en baldaquins consistant à fournir des espèces utiles pour se nourrir, pour la médecine, les fibres, le bois de feu et d'autres besoins humains (Tran Van Nao, 1987). Au Vietnam, la superficie relativement petite autour de la maison est utilisée de manière la plus efficace possible afin d'obtenir une très large variété de produits. On peut retrouver de tout dans ce jardin de case: fruits, légumes, épices, tubercules, poissons, volailles, bétail, plantes à fibres, bois de feu, plantes médicinales. Ce système est connu au Vietnam sous le nom VAC, c'est-à-dire *Vuon* (jardin), *Ao* (étang), *Chuong* (étable). L'échelle du système est variable, elle dépend de la superficie du terrain d'habitation, des habitudes culturelles et sociales de la population, ainsi que de la densité de la population. En effet, à cause de la densité de population élevée dans le district de Ha Hoa, la superficie moyenne du jardin de case y est petite, près de 0.2 ha, par rapport à la moyenne du pays, 0.5 ha (Koppelman et al., 1996). Ce système concentre les domaines, les efforts, et contribue pour une partie très importante au revenu des paysans. Le jardin de case se trouve généralement à côté des routes et/ou des ressources en eau.

Bien qu'il y ait trois systèmes agroforestiers dans le district de Ha Hoa, nous n'évaluons, dans notre étude, que l'adéquation entre les qualités des terres et le *Taungya*, parce qu'il occupe la plus grande proportion de la superficie totale (près de 30 p. 100) ou qu'il représente une nouvelle direction efficace de l'utilisation du sol qui vise à recouvrir en vert tous les terrains en friche (Vu Biet Linh et Nguyen Ngoc Binh, 1995) et qu'il relève d'un grand projet national de reboisement de cinq millions d'hectares du gouvernement (Nguyen Cong Tan, 1999).

III.3. LE *TAUNGYA*

III.3.1. La description

Quand les plantes de la forêt plantée ne sont pas encore à feuillage fermé pendant la première année ou même la deuxième année, les paysans plantent souvent du manioc. Dans les autres régions du Nord, le manioc peut être remplacé par le riz, l'arachide, les haricots, le maïs. On ignore fréquemment le rôle du manioc dans le système classifié, parce que le but principal de la production est représenté par les arbres. C'est pourquoi on conclut que la forêt plantée est synonyme de *Taungya*. Cependant, en réalité, pour cause de main-d'œuvre insuffisante ou d'une situation de production défavorable, environ 10 p. 100 des paysans ne plantent pas de manioc.

Les arbres choisis pour ce type sont souvent l'acacia (*keo*), le styrax (*bo de*), et l'eucalyptus (*bach dan*) qui sont associés avec le manioc (*san*) (tableau 8). L'acacia est préféré à cause de sa capacité à fixer l'azote, et sa plantation est encouragée par l'État.

Thèmes	Acacia	Styrax	Eucalyptus	Manioc
Identification	Plante ligneuse. Forme de feuille ovale et longue. Bois brunâtre rouge, solide mais non stable.	Plante ligneuse. Forme de feuille ovale et ronde. Bois blanc, doux, léger.	Plante ligneuse. Forme de la feuille en fer de lance. Bois brunâtre-rose, dur, lourd.	Culture annuelle (figure 23). Écorce du tubercule brun foncé. Tubercule blanc.
Caractéristiques biophysiques	Croissance rapide. Après 10 ans, 15-18 mètres de long et 15-20 cm de diamètre. Aime la lumière. Demande une température et une pluviosité moyennes annuelles : 26-30 degrés C. et 1 000-1 750 mm. S'adapte à plusieurs types de sol. Préfère les alluvions.	Croissance rapide. Après 7 ans, 15-20 mètres de long, 20-25 cm de diamètre. Aime la lumière. Demande une température et une pluviosité moyennes annuelles : 19-23 degrés C. et 1 500-2 200 mm. Supporte plusieurs types du sol, préfère le sol ferallitique rouge-jeune développé sur les roches-mère de schiste-mica et de schiste-argile. Préfère une texture moyenne et une profondeur supérieure à 40 cm.	Croissance rapide. Après 5 ans, 15 mètres de haut et 11 cm de diamètre. Aime la lumière. Demande une température et pluviosité moyennes annuelles : 20-14 degrés C. et 1 000-1 400 mm. Supporte divers types de sol, préfère les alluvions.	Croissance rapide. Après 8 mois, plus de 15 tonnes par ha. Supporte les diverses conditions naturelles du Nord du Vietnam.

(suite)

Cont.

Thèmes	Acacia	Styrax	Eucalyptus	Manioc
Valeurs utilisées ou fonctions	Les bois de chauffage et matières premières de papier. Contre l'érosion, diminue la croissance de l'herbe à paille. Nourriture d'abeille.	Les matières premières de papier, des allumettes. Aromates pour le secteur industriel. Nourriture d'abeille.	Bois d'œuvre, bois de chauffage, matières premières de papier. Nourriture d'abeille.	Les vivres pour les hommes et la nourriture pour l'élevage.
Arrangement	- espace : plante par plante, espacées de 1,5 à 2,5 mètres. Le manioc est cultivé au centre des plantes. - temps : le manioc est cultivé dans la 1^{ère} ou la 2^{ème} années.			
Taille de la parcelle	Moyen : 0,2 hectares par foyer, particulier 10 hectares par foyer			
Distribution	Ce système existe partout sauf dans les communes de Mai Tung, Dan Thuong, Vinh Chan, Vu Cau et Ha Luong. Ces communes ont des conditions de production favorables (topographie plane, irrigation active) pour le riz qui représente la culture la plus importante du district. La superficie du <i>Taungya</i> est de 10 488 ha, soit plus de 30 p. 100 du total (annexe 1), concentrée dans les communes où la topographie est plus élevée (tels que Dai Pham, Xuan Ang, Phu Khanh, Vo Tranh, Quan Khe, Am Ha et Phuong Vien).			
Calendrier des saisons	Plantés de janvier à avril			De janvier, février et mars aux mois de septembre, octobre et novembre
Investissement matériel	Les engrais sont utilisés pour les autres types d'utilisation des terres comme la rizière, le thé et les fruits.			
	Principal pour les semences.			Quasi-Zéro
	500 000-700 000 <i>dong</i> par hectare	120 000-140 000 <i>dong</i> par hectare	500 000-700 000 <i>dong</i> par hectare	
Main d'œuvre (préparation du sol, entretien) pendant tout le cycle	50-60 <i>cong</i> ⁹ par hectare, dont 80 p. 100 dans la première année	30-40 <i>cong</i> par hectare, dont 60 p. 100 dans la première année	50-60 <i>cong</i> par hectare, dont 80 p. 100 dans la première année	50-80 <i>cong</i> par hectare, incluant la récolte
	L'association diminue le temps de travail requis d'au moins 30 <i>cong</i> par cycle.			
Rendement en bois	20-30 m ³ par hectare	15-25 m ³ par hectare	20-30 m ³ par hectare	10 tonnes par hectare dans la première année, diminuant de moitié à la deuxième année
Temps de plantation	5 à 8 ans	5 à 8 ans	5 à 8 ans	1 à 2 ans

(suite)

⁹ 1 "*cong*" équivaut à 8 heures de travail et à 12 000 *dong*

Cont.

Thèmes	Acacia	Styrax	Eucalyptus	Manioc
Produit principal et marché	Comme tous les autres de la Zone Centrale, les bois sont vendus surtout pour l'usine papetière de Bai Bang (Donovan, 1997, p. 18), construite par la Suède dans le district de Phong Chau, à côté de la ville de Viet Tri. Le bois de l'eucalyptus est même vendu pour la zone minière de Quang Ninh.			Le tubercule est utilisé pour le secteur de l'élevage.
Méthode de récolte	Travail manuel pour la pratique; buffle et camion pour le transport			
Unité de prix	Dépend de la position et de la qualité des produits			
	150 000-240 000 dong par m ³	140 000-220 000 dong par m ³	160 000-240 000 dong par m ³	80-150 dong par kg
	À cause de coût du bac, avec la même de la catégorie de bois, le prix est augmenté de 30 000 dong à 50 000 dong par m ³ sur la rive droite de la rivière Thao.			
Sous-produit	A compter des 2 ^{ème} , 3 ^{ème} et 4 ^{ème} années, on peut récolter le bois de chauffage. Si on le vend, on gagne environ 600 000 dong par hectare sur 3 ans. Leurs fleurs sont la source qui fournit le miel pour l'apiculture. Le prix du miel provenant de la fleur d'eucalyptus est de 70 000 dong par litre, soit 1,75 fois plus élevé que celui provenant des fleurs d'acacia ou de styrax.			La feuille est utilisée pour les légumes. Le tubercule est utilisé comme aliment et pour faire l'alcool
Capacité de la concurrence avec les autres TUTs	Le Taungya peut concurrencer avec tous les autres TUTs existants dans le district. En réalité, il ne peut pas concurrencer avec ceux de rizières, de forêt naturelle, de jardin et habitation, de terre spéciale et de l'eau pour des raisons socio-économiques.			

Source : Le Mong Chan et Vu Van Dung, 1992; Ngo Quang De et Nguyen Huu Vinh, 1997; enquêtes, 1999

Tableau 8. La description du *Taungya*

III.3.2. Les demandes d'utilisation des terres en *Taungya*

Selon la description que nous venons de faire du type d'utilisation des terres en *Taungya*, ce type d'utilisation des terres dépend fortement des conditions naturelles et socio-économiques. Basés sur les raisons présentées dans le paragraphe II.3.2.1., les critères des qualités des terres concernant les demandes d'utilisation des terres en agroforesterie sont présentés ici.

- La climatologie : ceci est un critère très important pour une des demandes de l'agroforesterie du point de vue de l'écologie des cultures. Dans ce cas, elle est favorable non seulement pour l'agroforesterie mais aussi pour les autres plantes. Cependant, la zone d'étude est petite (environ 25 km par 25 km); ce critère est donc considéré homogène et ne participe pas dans le modèle évalué.
- La texture du sol influence la croissance des cultures par la capacité de teneur en eau, en matières nutritives et le degré d'aération du sol. Chaque culture a ses exigences en matière

de texture. Par exemple, le riz préfère la texture forte. Dans ce district, il y a seulement deux catégories de texture qui sont également adaptées pour les *Taungya*. C'est pourquoi ce critère n'est pas considéré dans le modèle évalué.

- La pente est très importante, car elle conditionne la production et le risque d'érosion du sol.
- La pédologie : les indices agrochimiques du sol tels que les taux d'humus, d'azote, de potassium, de phosphore et le pH ont des caractéristiques qui sont assez identiques (Vu Cao Thai et al., 1996, p. 152). La pédologie est donc un indice synthétique et peut représenter plusieurs propriétés chimiques du sol. Elle nous permet d'avoir des indications initiales sur les capacités d'utilisation des terres.
- La profondeur du sol : elle présente non seulement des conditions favorables pour le développement en profondeur des racines, mais elle favorise aussi la stabilité des arbres.
- L'accessibilité aux routes : elle concerne les frais de transport des semences, des engrais et des produits.
- L'accessibilité aux lieux de consommation : elle concerne les frais de transport des bois qui doivent traverser la rivière Thao vers les lieux de consommation.
- L'utilisation des terres : elle concerne la capacité de compétition avec les autres types d'utilisation des terres. Dans ce cas, nous n'évaluons pas les terres pour les *Taungya* dans les parcelles utilisées pour la rizière, la forêt naturelle, l'eau, l'habitat-jardin et les autres utilisations (cimetières, etc.).

Tous les critères sont cartographiés dans les figures 12,13,14,15,16, et 17.

Selon les indications des classes d'aptitude des terres pour les TUTs présentées au tableau 5, nous estimons les seuils des demandes d'utilisation des terres pour les *Taungya* dans le tableau 9.

Critères		Seuils des demandes d'utilisation des terres			
Qualités des terres	Unité	S1	S2	S3	N
Pente	Degrés	0-15	15-25	25-35	>35
Pédologie	Classes	P ou Fs ou Fp	X ou Fa ou Fl	D	Pb
Profondeur	Centimètres	>100	70-100	<70	
Accessibilité aux routes	Mètres	0-100	100-300	> 300	
Accessibilité aux lieux de consommation	Position sur les rives de la rivière Thao	Droite	Gauche		
État d'utilisation des terres	Types				Rizière, forêt naturelle, spécialité, eau, habitat-jardin, autres utilisations

Où :

P : sol alluvial; Fs : sol rouge-jaune sur argiles et roches métamorphiques; Fp : sol brun-jaune sur alluvions anciennes; X : sol gris sur alluvions anciennes; Fa : sol jaune-rouge sur roches magmatiques et acides; Fl : sol rouge-jaune modifié par la riziculture inondée; D : sol déluvionnaire; Pb : sol alluvial annuel

Source : Nguyen Huy Phon, 1996; Tran An Phong et al., 1995; étude de terrain, 1999

Tableau 9. Les demandes d'utilisation des terres pour le *Taungya*

III.3.3. L'aptitudes des terres pour le *Taungya*

A partir des informations concernant les qualités des terres et le *Taungya* (figures 12, 13, 15, 16, 17 et le tableau 9), nous utilisons le modèle de seuil des SIG présenté dans le paragraphe II.4.3.2. pour déterminer la distribution et la superficie d'aptitude des terres pour le *Taungya* (figure 24 et tableau 10). Les autres types d'utilisation des terres que sont la forêt naturelle, les autres terres, la rizière et l'eau sont exclus. Le temps d'exécution de ce modèle est assez rapide (environ 5 minutes). Ceci est donc considéré si on doit changer les paramètres du modèle (les TUTs, les critères, ou les seuils) dans les autres cas.

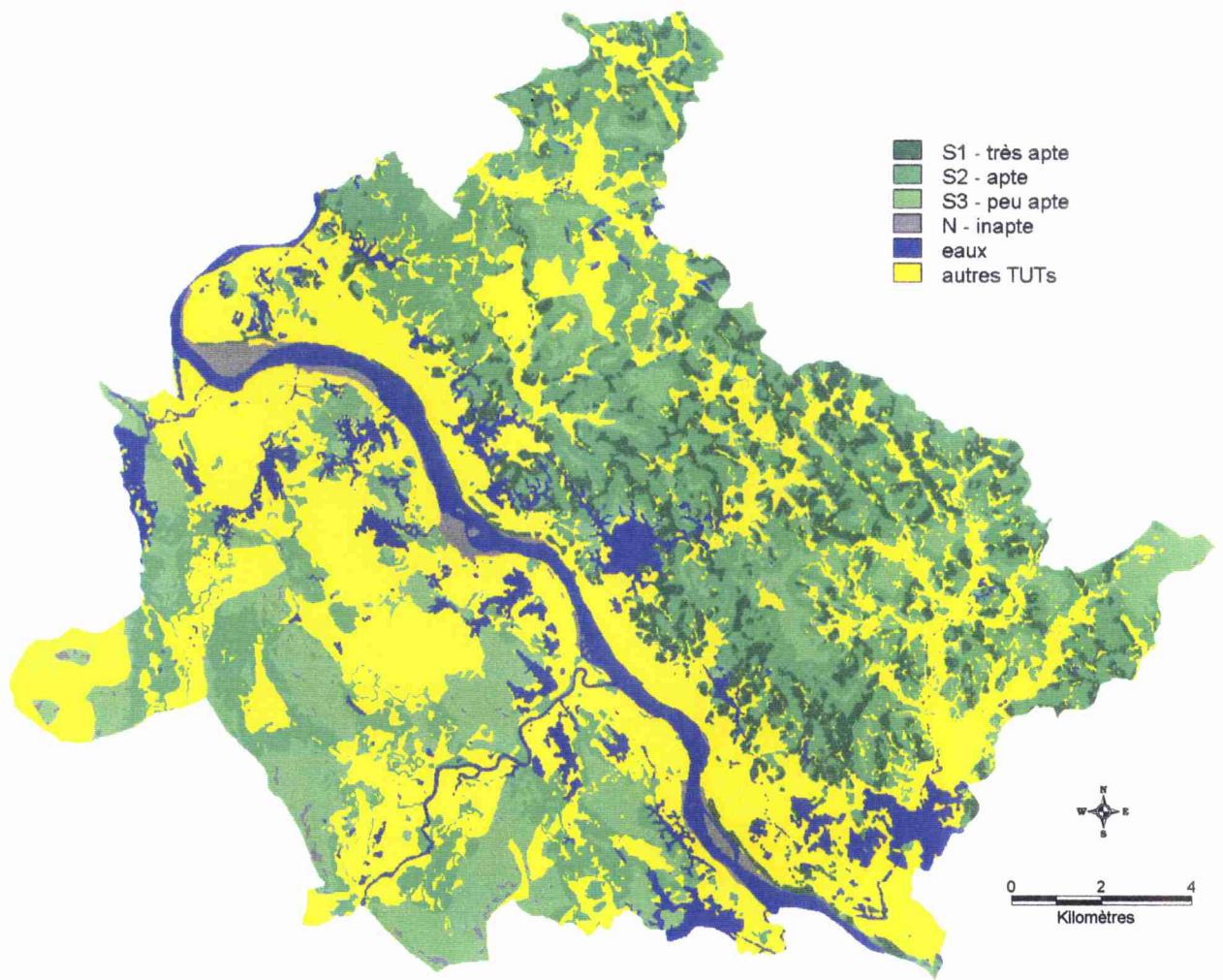


Figure 24. L'aptitude des terres pour le *Taungya*

Communes	Ordre apte					Ordre inapte		Total
	ha			Total		ha	%	
	S1	S2	S3	ha	%	ha	%	
Hau Bong	38	246	13	297	99	4	1	301
Lien Phuong	6	10	0	16	13	109	87	125
Dan Ha	22	284	42	348	100	0	0	348
Dan Thuong	6	7	0	13	43	17	57	30
Lenh Khanh	56	375	75	506	99	4	1	510
Phu Khanh	148	427	231	806	99	9	1	815
Y Son	130	206	42	378	95	21	5	399
Minh Hac	84	121	15	220	100	1	0	221
Lang Son	149	214	28	392	91	41	9	432
Mai Tung	16	1	0	17	41	24	59	41
Vinh Chan	32	11	1	44	89	5	11	49
Vu Cau	13	17	6	36	88	5	12	40
Yen Luat	156	178	10	344	100	0	0	344
Chinh Cong	94	183	42	319	100	0	0	319
Yen Ky	151	467	319	937	100	1	0	938
Cao Dien	88	225	114	426	100	0	0	426
Huong Xa	199	472	387	1058	100	1	0	1059
Phuong Vien	224	431	83	739	100	0	0	739
Am Ha	250	519	164	933	100	0	0	933
Gia Dien	335	489	129	954	100	0	0	954
Ha Luong	70	378	210	657	100	2	0	659
Dai Pham	223	974	314	1511	100	0	0	1511
Minh Coi	0	164	177	342	95	17	5	358
Van Lang	0	243	284	527	98	11	2	538
Bang Gia	0	173	184	357	99	5	1	362
Vo Tranh	0	400	934	1334	95	65	5	1399
Chue Luu	0	58	230	288	91	30	9	318
Xuan Ang	0	645	628	1273	97	34	3	1306
Lam Loi	0	134	56	190	80	47	20	237
Dong Lam	0	129	17	146	77	43	23	190
Hien Luong	0	90	126	216	99	1	1	217
Quan Khe	0	451	350	801	97	22	3	822
TT. Ha Hoa	160	230	45	436	99	3	1	439
District	2651	8951	5257	16859	97	520	3	17379

Source : figure 20 et 24

Tableau 10. La superficie des classes d'aptitude des terres pour le *Taungya* par commune

L'aptitude des terres pour le *Taungya* évalué occupe 17 379 ha, soit 51 p. 100 de la superficie du district. Pour la zone évaluée, le résultat montre que la catégorie "apte" occupe 16 859 ha, soit 97 p. 100 du total, dont :

la classe S1 égale 2 651 ha, soit 15 p. 100,

la classe S2 égale 8 951 ha, soit 52 p. 100,

et la classe S3 égale 5 257 ha, soit 30 p. 100.

Les communes de Xuan Ang, Vo Tranh et Dai Pham ont les plus importantes superficies de la catégorie apte (plus de 1 200 ha). Ces communes ont aussi la plus importante proportion d'utilisation des terres en *Taungya*.

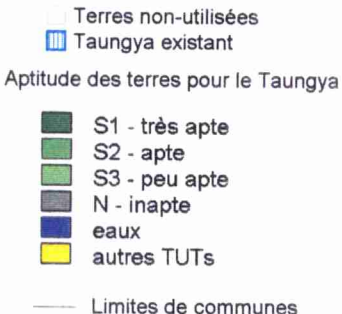
Du fait d'infrastructures routières peu développées qui limitent le transport du bois (tableau 9), il n'y a de classe S1 dans aucune des communes de la rive droite de la rivière Thao.

L'ordre inapte N occupe 520 ha, un taux très peu élevé (3 p. 100). En période de crue, la commune de Lien Phuong reçoit une large part des dépôts alluvionnaires (figures 13 et 20), ce qui explique que cette commune a la plus grande superficie de l'ordre N (109 ha).

III.4. L'ADÉQUATION ENTRE LES APTITUDES DES TERRES POUR LE *TAUNGYA* ET LE *TAUNGYA* EXISTANT.

Par les présentations cartographiques (figure 25), statistiques (tableau 11) et graphiques (figures 26 et 27), nous évaluons l'adéquation entre le milieu et le *Taungya*. Cette évaluation est comprise dans deux aspects. Le premier, c'est la concordance entre le *Taungya* existant et l'aptitude des terres pour lui. La deuxième, c'est la capacité d'application du *Taungya* pour les terres qui ne sont pas utilisées. Pour y parvenir, nous croisons quatre couches : l'aptitude des terres pour le *Taungya*, les limites des communes, le *Taungya* existant et la terre non-utilisée.

Suivant les figures 25, 26 et le tableau 10, parmi les 10 488 ha du *Taungya* existant, il y a 47 ha, soit 0,4 p. 100 du total, répartis sur les terres inaptes. Ils se concentrent dans les trois communes dans le sud-ouest du district, nommées Vo Tranh, Xuan Ang et Quan Khe. Leurs caractéristiques sont une densité de population basse et une pente forte. Ici, le *Taungya* est planté dans les zones où la pente est de plus de 35 degrés. Selon le secteur forestier, ces zones doivent être protégées.



Taungya

Auprès des terres aptes pour le *Taungya*, le *Taungya* existant contribue à 14,9 p. 100, 51,7 p. 100 et 33 p. 100 sur les classes S1, S2 et S3 respectivement. Les classes S1 et S2 sont concentrées dans les communes de Xuan Ang, Dai Pham, Gia Dien, Am Ha, Phuong Vien et Phu Khanh dont les cinq dernières ont la superficie S1 plus élevée; c'est-à-dire que le type d'utilisation des terres en *Taungya* dans ces communes est le plus durable.

Communes	Le Taungya existant sur l'aptitude des terres								La terre non-utilisée sur l'aptitude des terres							
	Ordre apte				Ordre inapte				Ordre apte				Ordre inapte N			
	ha			Total	Total			(ha)	ha			Total	Total			(ha)
	S1	S2	S3		ha	%	ha		S1	S2	S3	ha	%	ha	%	
Hau Bong	23	173	11	207	100.0	0.0	0.0	207	12	65	1	79	98.4	1	1.6	80
Lien Phuong	2	9		10	100.0	0.0	0.0	10		1		1	1.5	81	98.5	82
Dan Ha	9	84	1	95	100.0	0.0	0.0	95	12	155	36	203	100.0		0.0	203
Dan Thuong										0		0	0.6	7	99.4	7
Lenh Khanh	12	170	49	230	99.8	0.44	0.2	231	1	2	20	22	100.0		0.0	22
Phu Khanh	130	411	229	769	99.9	1	0.1	770	9	9	1	19	87.3	3	12.7	22
Y Son	77	133	24	234	100.0	0.0	0.0	234	11	9		20	59.2	14	40.8	34
Minh Hac	62	90	15	167	100.0	0.0	0.0	167	5	4	0	9	91.0	1	9.0	10
Lang Son	76	136	18	230	100.0	0.0	0.0	230	6	18	10	35	54.0	30	46.0	64
Mai Tung	1			1	100.0	0.0	0.0	1	5	0		5	25.3	16	74.7	22
Vinh Chan									11	5		16	75.1	5	24.9	21
Vu Cau									13	17	6	36	88.3	5	11.7	40
Yen Luat	23	13	0	37	100.0	0.0	0.0	37	101	137	10	248	100.0		0.0	248
Chinh Cong	47	101	23	171	100.0	0.0	0.0	171	33	57	13	102	100.0		0.0	102
Yen Ky	19	102	223	343	99.7	1.2	0.3	344	8	15	1	25	100.0		0.0	25
Cao Dien	38	111	57	206	100.0	0.0	0.0	206	1	10	9	20	100.0		0.0	20
Huong Xa	134	259	191	583	100.0	0.0	0.0	583	60	178	185	422	99.8	1	0.2	423
Phuong Vien	208	364	68	640	100.0	0.0	0.0	640	5	27	13	45	100.0		0.0	45
Am Ha	160	390	113	663	100.0	0.08	0.0	663	12	46	19	77	100.0		0.0	77
Gia Dien	231	266	54	550	100.0	0.0	0.0	550	60	129	65	254	99.9	0	0.1	255
Ha Luong	48	288	144	481	99.7	1.68	0.3	482	1	32	18	52	100.0		0.0	52
Dai Pham	165	678	222	1065	100.0	0.0	0.0	1065	11	27	11	49	100.0		0.0	49
Minh Coi		107	121	228	100.0	0.0	0.0	228								
Van Lang	123	123	246	99.5	1.16	0.5	247		69	151	220	97.8	5	2.2	225	
Bang Gia	7	121	128	96.9	4.08	3.1	132		92	58	150	99.7	1	0.3	150	
Vo Tranh		210	517	727	98.7	9.36	1.3	736		9	348	358	86.5	56	13.5	413
Chue Luu		7	95	102	99.7	0.28	0.3	102		5	96	101	85.0	18	15.0	118
Xuan Ang		493	565	1058	98.0	21.2	2.0	1079		85	22	107	89.7	12	10.3	120
Lam Loi		14	20	35	100.0	0.0	0.0	35		54	4	58	64.7	31	35.3	89
Dong Lam		47	14	61	100.0	0.0	0.0	61		41	1	42	50.4	41	49.6	84
Hien Luong		74	124	198	100.0	0.0	0.0	198		11	2	12	90.1	1	9.9	13
Quan Khe		375	278	653	99.0	6.56	1.0	660		8	44	52	77.8	15	22.2	67
TT. Ha Hoa	102	184	38	324	100.0	0.0	0.0	324	5	8	7	20	94.9	1	5.1	21
District	1565	5420	3456	10441	99.6	47.04	0.4	10488	383	1327	1149	2859	89.2	345	10.8	3204

Source : figure 25

Tableau 11. La superficie et le pourcentage du *Taungya* et la terre non-utilisée sur l'aptitude des terres pour le *Taungya*

Au Vietnam, dans un projet de planification d'utilisation des terres, pour chaque TUT, les classes S1 et S2 sont fréquemment considérées durables, celles de S3 et N ne sont pas durables. Cependant, on doit toujours évaluer l'aptitude des terres pour tous les TUTs dans la zone du projet. Ainsi, dans le cas de notre zone d'étude, un tiers des superficies actuellement consacrées au *Taungya* sont en réalité plus propices à d'autres cultures. Pour le *Taungya*, elles ne se situent que dans les classes S3 (peu apte) et N (inapte) alors que pour d'autres usages, elles peuvent être classées S1 (très apte) ou S2 (apte).



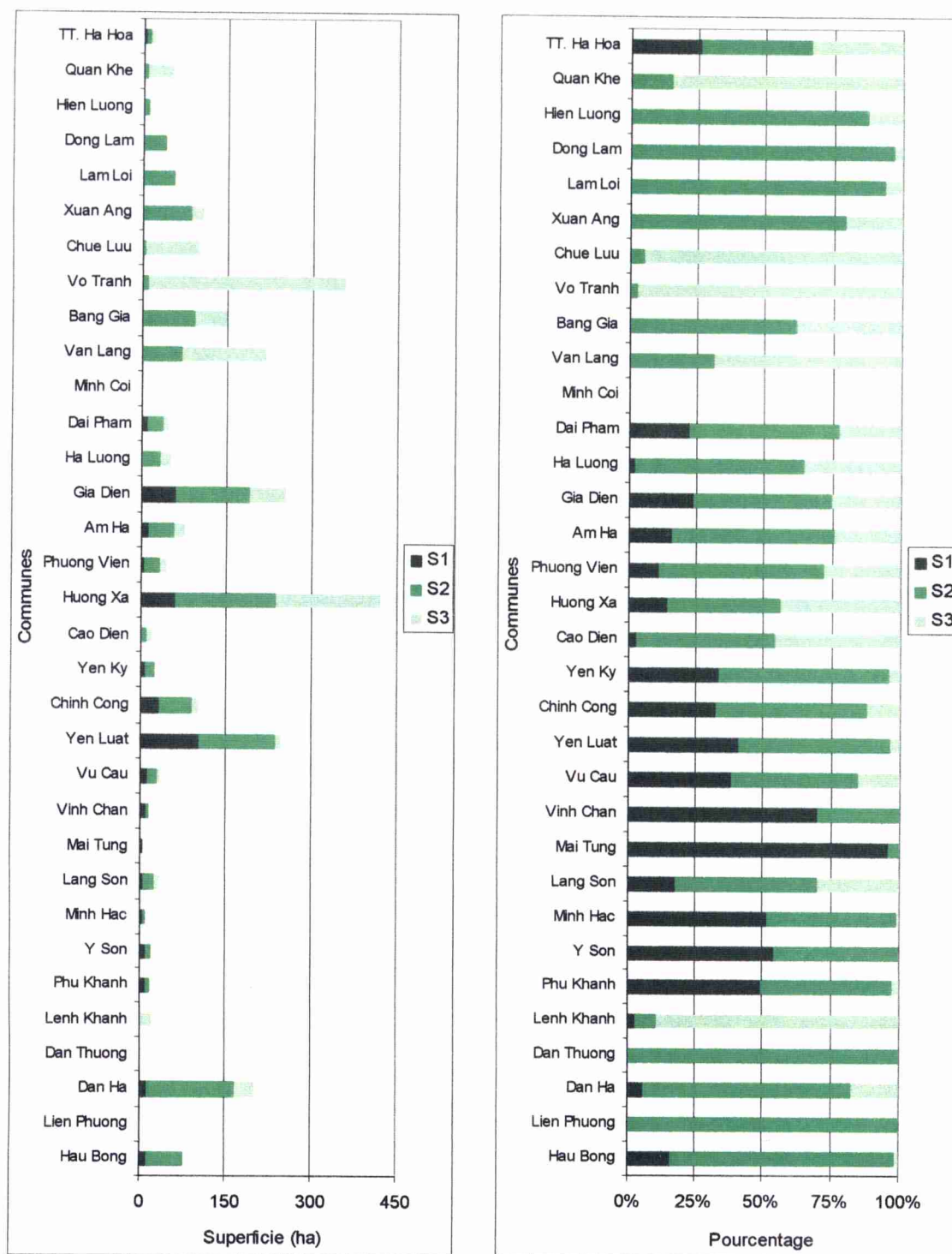
Source : tableau 11

Figure 26. Le *Taungya* existant sur l'aptitude des terres pour lui

La part de la terre non-utilisée reste de 3 204 ha, soit 9.4 p. 100 du total (annexe 1) tandis que l'aptitude des terres pour le *Taungya* aux classes S1 et S2 y est de 1 710 ha, soit 53,4 p. 100 du total des terres non-utilisées (tableau 11). Cette "irrationalité" se trouve principalement dans

les communes de Gia Dien, Huong Xa, Yen Luat et Dan Ha (figures 25 et 27). Il faut donc en tenir compte pour la planification des usages futurs. Si l'on continue à évaluer les autres TUTs, la perspective de la diminution de la superficie des terres non-utilisées est encore plus large, d'autant plus que la superficie des terres non-utilisées, tant dans la Zone Centrale du Nord du pays¹⁰ que dans l'ensemble de celui-ci, est considérable, y atteignant 1,65 millions ha et 13,13 millions ha respectivement (Tran An Phong et al., 1995). Il s'agit en fait des régimes pouvant faire l'objet de cette reforestation de cinq millions d'hectare prévue par le gouvernement vietnamien, lequel cherche à faire remonter le taux de la couverture forestière nationale à 43 p. 100 (Nguyen Cong Tan, 1999).

¹⁰ La Zone Centrale comprend cinq provinces du Nord du pays : Phu Tho, Yen Bai, Tuyen Quang, Ha Giang et Lao Cai.



Source : tableau 11

Figure 27. L'aptitude des terres pour le *Taungya* sur la terre non-utilisée

CHAPITRE 4 : CONCLUSION

Parmi les divers types agroforestiers au Vietnam, on compte douze systèmes classifiés selon l'approche de l'ICRAF, dont trois représentés dans le district de Ha Hoa : le *Taungya*, le jardin de case, et la culture (thé) sous couvert arboré. Notre étude a été concentrée sur le premier type, le *Taungya*.

Celui-ci n'est pas qu'une forêt plantée, mais bien une forme spécifique d'association de cultures arboricoles et annuelles, ces dernières étant réalisées au cours des premières années de l'association. Cela permet de mieux utiliser la main-d'œuvre disponible tout en augmentant les productions sur une même unité du sol.

Grâce à une large documentation et à une bonne représentation cartographique, nous pouvons déterminer très clairement que l'application de l'agroforesterie n'est pas toujours concordante avec l'aptitude des terres, notamment pour le *Taungya*. À cela, il y a plusieurs raisons. :

- La passation des droits de la propriété de la terre aux paysans n'est pas achevée, en particulier dans les zones montagneuses. On trouve donc encore des terres sans propriétaire. Dans ces cas, deux possibilités subsistent. Dans le premier, si les conditions de production sont favorables, les paysans en profitent pour mettre en place le *Taungya* ou d'autres cultures. Dans le second, les terres demeurent non-utilisées.
- La gestion du fonds des programmes de reboisement 120 et 327 n'est pas efficace. Plusieurs personnes en profitent pour planter des arbres, y compris dans le cadre du système dit *Taungya*, mais sur des sols inaptes.
- Parfois, le choix dans l'affectation des terres à telle ou telle culture n'est motivé que par les conditions du marché, sans égard pour l'aptitude réelle du sol. Ainsi, au gré des fluctuations des prix pour les produits agricoles, y compris agroforestiers, les paysans modifient l'utilisation des terres.
- Dans chaque foyer paysan, la quantité de main-d'œuvre disponible variant beaucoup, l'utilisation du sol agricole en est très affectée.

- Les compétences des dirigeants locaux pour la gestion et l'aménagement du territoire sont insuffisantes.

En plus de l'eucalyptus, du styrax et de l'acacia parmi les arbres du *Taungya*, les bambous sont de plus en plus répandus dans le système des arbres de la Zone Centrale, y compris dans le district de Ha Hoa. Dès lors, l'éventail des aptitudes des terres pour le *Taungya*, en intégrant la composante des bambous, deviendra plus large.

Cette étude peut contribuer en partie à la planification plus efficace de l'utilisation des terres. Cependant, l'utilisation des terres d'une région ne peut se limiter au seul *Taungya* ou à quelque autre type unique. Cette étude n'est donc pas suffisante. Il est devenu nécessaire d'évaluer des terres pour les autres TUTs potentiels dans cette zone.

L'étude des relations entre la terre et les types d'utilisation du sol est importante afin d'évaluer l'adéquation entre eux. Elle permet de choisir et de classifier les critères et d'orienter la collecte des données concernant les demandes d'utilisation des terres. Cela nécessite des connaissances multidisciplinaires.

Les SIG sont très puissants pour établir des modèles de connaissances. Les informations concernant les types d'utilisation des terres, les données naturelles et socio-économiques sont les sources des composantes des SIG. Les différents types de sortie des SIG, un des résultats de l'évaluation des terres, sont les cartes, les données statistiques et les graphiques. Cependant, comme le rappelle De Koninck (1997, p.15), au Vietnam, il y a beaucoup de problèmes concernant les données qui sont fragmentaires, incomplètes, contradictoires et souvent difficiles à reporter sur une base spatiale. Il en est de même dans notre étude, plus précisément pour les cartes tant pédologiques que d'utilisation des terres.

Les données de télédétection peuvent résoudre en partie ces problèmes. En effet, l'image aérienne permet d'analyser la physionomie, la structure des groupements végétaux, et les relations entre les systèmes agroforestiers et les milieux naturel et humain. L'image satellitaire, quant à elle, permet de caractériser certains éléments de la structure des paysages végétaux, leur organisation spatiale et leur évolution, par un suivi régulier à l'aide d'images (Mary et Besse, 1995a).

Quoique la méthode de la FAO soit très utile pour l'évaluation des terres, elle est encore faible dans le domaine social, qui est un important facteur, en réalité, lors de la décision d'un type d'utilisation des terres. La méthode de la FAO doit donc être associée à celle de *Design & Diagnosis* de l'ICRAF, laquelle accorde plus d'importance aux aspects sociaux (Nair, 1993).

BIBLIOGRAPHIE

- Aronoff, S., 1989. *Geographic information system: a management perspective*. WDL Publication, Ottawa.
- Beek, K.J., 1978. *Land evaluation for agriculture development*, 23. ILRI, Wageningen.
- Bui Quang Toan, 1968. *Ket qua nghien cuu buoc dau chong xoi mon bao ve dat bang cac bien phap ky thuat nong nghiep o vung nui Tay bac* (L'étude débutante de l'érosion et les méthodes de la protection du sol dans les montagnes du Nord-Ouest). Maison d'Édition Scientifique, Hanoi.
- Bui Quang Toan, 1986. « Mot so ket qua nghien cuu phan hang dang gia dat » (Les résultats d'étude pour l'évaluation et la classification des terres). Dans : NIAPP (Editor), *Ket qua nghien cuu khoa hoc 1981-1985* (Les résultats d'étude scientifique dans la période 1981-1985). NIAPP, Hanoi, pp. 46-59.
- Bureau du Gouvernement, 1993. *Quy dinh chi tiet viec phan hang dat tinh thue su dung dat nong nghiep* (La réglementation détaillée pour la classification des terres au service du calcul de l'impôt pour l'utilisation des terres agricoles). Hanoi.
- Burrough, P.A., 1986. *Principles of geographic information systems for land resources assessment*. Clarendon, Oxford.
- Burrough, P.A., 1989. « Matching spatial databases and quantitative models in land resource assessment », *Soil use and management*, 5(1): 3-8.
- Carter, J.R., 1989. « On defining the geographic information system ». Dans : W.J. Ripple (Editor), *Fundamentals of geographic information systems: a compendium*. ASPRS/ACSM, Virginia, pp. 3-7.
- Chu Van Lam et al., 1991. *Anh huong cua cac yeu to truyen thong doi voi to chuc san xuat nong nghiep : kinh nghiem lich su o nong thon dong bang Bac bo tu giua the ky XIX* (L'impact des facteurs traditionnels sur l'organisation de la production agricole : l'expérience historique aux zones rurales du delta du Nord depuis le milieu du XIXe siècle). Maison des Sciences Sociales, Hanoi.
- Coppock, J.T. et Rhind, D.W., « The history of GIS ». Dans : D.J. Maguire, M.F. Goodchild et D.W. Rhind (Editors), *Geographical information systems*. Longman Scientific & Technical, Harlow, pp. 21-43.
- Dang Huy Huynh, Hoang Minh Khien, Le Xuan Canh et Tran Van Thang, 1996. *Danh gia hien trang va bien dong tai nguyen sinh vat o Tuyen Quang* (Évaluation de l'état et du changement des ressources biologiques dans la province de Tuyen Quang), Institut de l'Écologie et des Ressources Biologiques, Hanoi.

- Dao Chau Thu et Nguyen Khang, 1998. *Danh gia dat* (Évaluation des terres). Maison d'Édition d'Agriculture, Hanoi, Vietnam.
- Davidson, D.A., 1980. *Soils and land use planning*. Longman, London.
- Davidson, D.A., 1992. *The evaluation of land resources*. Longman Scientific & Technical, Harlow, England.
- De Koninck, R., 1994. *L'Asie du Sud-Est*. Masson, Paris.
- De Koninck, R., 1997. *Le recul de la forêt au Vietnam*. CRDI, Ottawa, Canada.
- Dent, D. et Young, A., 1981. *Soil survey and land evaluation*. George Allen & Unwin.
- Déry, S., 1999. *La colonisation agricole au Vietnam*, thèse de doctorat non publiée, Université Laval, Québec.
- Donovan, D., 1997. « Phat trien trong hoan canh dia phuong : nghien cuu diem tai mot so thon ban o nam tinh phia bac » (Le développement dans le contexte local : étude d'échantillonnage dans quelques communes dans cinq provinces du Nord Vietnam). Dans : D. Donovan, A. Terry Rambo, J. Fox, Le Trong Cuc et T.D. Vien (Editors), *Nhung xu huong phat trien o vung nui phia Bac Viet Nam* (Les tendances de développement dans la zone montagnarde du Nord Vietnam). Maison de Politique Nationale, Hanoi.
- Duchhart, I., Steiner, F. et Bassman, J.H., 1989. « Planning methods for agroforestry ». *Agroforestry systems*, 7: 227-258.
- Duchhart, I., Van Haeringen, R. et Steiner, F., 1990. « Introduction : integrated planning for agroforestry ». Dans : W.W. Budd, I. Duchhart, L.H. Hardesty et F. Steiner (Editors), *Planning for agroforestry*. ELSEVIER, pp. 1-17.
- Dueker, K.J., 1979. « Land resource information systems: a review of fifteen years experience », *Geo-processing*, pp. 105-28.
- Dumanski, J., Eswaran, H. et Latham, M., 1991. « A proposal for an international framework for land evaluation sustainable land management ». Dans : J. Dumanski, E. Pushparajah, M. Latham, R. Myers et C.R. Elliott (Editors), *Evaluation for sustainable land management in the developing world*. IBSRAM, Chiang Rai, Thaïlande, pp. 25-45.
- FAO, 1976. *Cadre pour l'évaluation des terres*. FAO, Rome.
- FAO, 1983. *Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture*. 52, FAO, Rome.
- FAO, 1985. *Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture*. 55, FAO, Rome.
- FAO, 1989. *Évaluation des terre en foresterie*. 48, FAO, Rome.

- FAO, 1991. *Guidelines: land evaluation for extensive grazing*. 58, FAO, Rome.
- FAO, 1994a. *Évaluation agro-écologiques aux fins de planification nationale : l'exemple du Kenya*. 67, FAO, Rome.
- FAO, 1994b. *Lam nghiep va an toan luong thuc* (Foresterie et sécurité alimentaire), documentation traduite par Mai Luong, 90. Maison d'Édition d'Agriculture, Hanoi.
- FAO-UNESCO, 1988. *Soil map of the World*. FAO, Rome.
- FIPI, 1995. *So tay dieu tra qui hoach rung* (Carnet d'inventaire et de planification de la forêt). Maison d'Édition d'Agriculture, Ha Noi.
- Foresman, T.W., 1998. « GIS early years and the threads of evolution ». Dans : T.W. Foresman (Editor), *The history of geographic information systems*. Prentice Hall PTR, pp. 3-17.
- GIS World, 1994. *The international GIS source book*. GIS World Inc., Fort Collins, Colorado.
- Godilano, E.C., 1993. *Geographic information system : potential tool for the extrapolation of agricultural technologies*. IRRI, Los Banos.
- Goodchild, M.F., Kemp, K.K., Thériault, M. et Yann, R., 1996. *Systèmes d'information géographique*. Notes de cours. Département de Géographie, Université Laval, Québec.
- Gordon, J.C., Bentley, W.L., Nor, S.M. et Noor, H.M., 1990. *A handbook on the management of agroforestry research*. Winrock International et Oxford & IBH Publishing Co. PVT. Ltd.
- Higgin, G.M., Kassam, A.H. et al., 1982. *Potential population supporting capacities of lands in the developing World*. FAO, Rome.
- Huizing, H. et Bronsveld, K., 1991. « The use of geographical information systems and remote sensing for evaluation the sustainability of land-use systems ». Dans : J. Dumanski, E. Pushparajah, M. Latham, R. Myers et C.R. Elliott (Editors), *Evaluation for sustainable land management in the developing world*. IBSRAM, Chiang Rai, Thailand, pp. 545-561.
- Kardell, Ö., 1993. « A theoretical study for north Vietnam of alternative agroforestry systems to pure cassava ». *Agroforestry systems*, 21: 251-262.
- Koppelman, R., Lai, C.K., Durst, P.B. et Naewboonnien, J., 1996. *Asia-Pacific agroforestry profiles: second edition*. APAN et FAO, Bangkok.
- Korte, G.B. et P.E., 1997. *The GIS book - updated & expanded*. OnWord press.
- Lai, C.K., 1991. « Design of agroforestry systems: some examples and lessons from Bangladesh ». Dans : P.G. Jarvis (Editor), *Agroforestry: Principles and Practice*. ELSEVIER, University of Edinburgh, Edinburgh, UK, pp. 193-199.

- Lai Huy Phuong, 1995. « Su dung ky thuat GIS de quy hoach su dung dat lam nghiep Bac Thai » (L'application des SIG pour l'aménagement de l'utilisation des terres en foresterie). Dans : FIPI (Editor), *Cong trinh khoa hoc ky thuat dieu tra - quy hoach rung 1991-1995* (Les travaux scientifiques et techniques de l'inventaire et de l'aménagement en foresterie dans la période 1991-1995). Maison d'Édition d'Agriculture, Hanoi.
- Lebar, F.M. et al., 1964, *Ethnic groups of mainland Southeast Asia*, New Haven (CT, É.-U.), Yale University Press.
- Le Ba Thao, 1998. *Viet Nam : lanh tho va cac vung dia ly* (Vietnam : le territoire et les zones géographiques). Maison d'Édition de The Gioi, Hanoi.
- Le Duy Thuoc, 1995. *Nong lam ket hop* (Agroforesterie). Maison d'Édition d'Agriculture, Hanoi.
- Le Mong Chan et Vu Van Dung, 1992. *Thuc vat va thuc vat dac san rung* (Les espèces végétales). Université de Foresterie, Hanoi.
- Le Trong Cuc, 1987. « Su dung hop ly vung trung du bang phuong thuc nong lam ket hop » (L'utilisation rationnelle de la moyenne région par les systèmes agroforestiers). Dans : ministère de la Forêt (Editor), *Mot so y kien ve nong lam ket hop* (Quelques opinions sur l'agroforesterie). Centre d'Information Forestière des Sciences, de Technologie et d'Économie, Hanoi, pp. 35-44.
- Le Trong Cuc, Gillogly, K. et A.T., R., 1990. *He sinh thai nong nghiep vung trung du mien Bac Viet Nam* (Le système agro-écologique dans la moyenne région du Nord du Vietnam), 12. East-West Center, Honolulu.
- Lundgren, B.O. et Raintree, J.B., 1982. « Sustained agroforestry ». Dans : Nestel, B. (Editor), *Agricultural research for development : potentials and challenges in Asia*. The Hague, Pays-Bas : I.S.N.A.R, pp. 37-49.
- Lundgren, B.O., 1987. « Agroforestry in third world countries ». Dans : D. Khurana et P. Khosla (Editors), *Agroforestry for rural needs*. Dr YS Parmar University of Horticulture and Forestry, New Delhi.
- MacDicken, K.G., 1990. « Agroforestry management in the humid tropics ». Dans : K.G. MacDicken et N.T. Vergara (Editors), *Agroforestry : classification and management*. John Wiley & Sons, pp. 98-149.
- Maguire, D.J., 1991. « An overview and definition of GIS ». Dans : D.J. Maguire, M.F. Goodchild et D.W. Rhind (Editors), *Geographical information systems*. Longman Scientific & Technical, Harlow, pp. 9-20.

- Maguire, D.J. et Dangemond, J., 1991. « The functionality of GIS ». Dans : D.J. Maguire, M.F. Goodchild et D.W. Rhind (Editors), *Geographical information systems*. Longman Scientific & Technical, Harlow, pp. 319-35.
- Manap, A., 1989. « Agroforestry: Its role and impact in Southeast Asia ». Dans : J. Kartasubrata, S.S. Tjitrosomo et R.C. Umaly (Editors), *Symposium on agroforestry systems and technologies*. Seameo Biotrop, Bogor, Indonesia, pp. 9-28.
- MADR, 1999. *Quy trình danh gia dat dai phuc vu nong nghiep* (Direction de l'évaluation des terres devant servir à la planification de l'utilisation du sol). Maison d'Édition d'Agriculture, Hanoi.
- Martin, D., 1996. *Geographic information systems*. Routledge, New York.
- Mary, F. et Besse, F., 1995a. *Guide d'aide à la décision en agroforesterie*, 2. MFC, GRET, CTA.
- Mary, F. et Besse, F., 1995b. *Guide d'aide à la décision en agroforesterie*, 1. MFC, GRET, CTA.
- Michael, F.G., Karen, K.K., Thériault, M. et Yann, R., 1996. *Systèmes d'information géographique*, 1. Notes de cours. LATIG, Université Laval, Québec.
- Ministère de la Forêt, 1987a. *Mot so y kien ve nong lam ket hop* (Quelques opinions sur l'agroforesterie). Centre d'Information Forestière des sciences, de Technologie et d'Économie, Hanoi.
- Ministère de la Forêt, 1987b. *Mot so mo hinh nong lam ket hop o Vietnam* (Quelques types agroforestiers au Vietnam). Maison d'Édition d'Agriculture, Hanoi.
- Ministère de la Forêt, 1989. *Bao cao tong ket mo hinh nong lam ket hop o Doan Hung, Vinh Phu* (Le rapport final aux systèmes agroforestiers dans le district de Doan Hung, province de Vinh Phu), ministère de la Forêt, Hanoi.
- Ministère de la Forêt, 1991. *30 nam xay dung va phat trien nghanh lam nghiep* (30 ans de construction et de développement de la branche forestière), Maison d'Édition Statistique, Hanoi.
- Nair, P.K.R., 1989. « Agroforestry defined ». Dans : N.P.K. R. (Editor), *Agroforestry systems in the tropics*. Kluwer Academic, pp. 13-18.
- Nair, P.K.R., 1991. « Design of agroforestry: some examples and lessons from Bangladesh ». Dans : P.G.Jarvis (Editor), *Agroforestry: principles and practices*. ELSEVIER, University of Edinburgh, Edinburgh, UK, pp. 193-198.
- Nair, P.K.R., 1993. *An introduction to agroforestry*. Kluwer Academic.

- Ngo Quang De et Nguyen Huu Vinh, 1997. *Trong rung* (Reboisement). Maison d'Édition d'Agriculture, Hanoi.
- Nguyen Cong Tan, 1999. « Bao ve von rung va viec lua chon co cau cay lam nghiep trong du an trong moi 5 trieu ha rung » (La conservation de la forêt et le choix de la structure des plantes forestières dans le projet du reboisement de cinq millions ha). *Forestry Science-Technology and Economie Management*, 11: pp. 2-5.
- Nguyen Hoang Dan et al., 1997. *Ung dung ky thuat vien tham va GIS trong danh gia tai nguyen dat dai vung trung du mien nui phia bac* (Application de la télédétection et des SIG dans l'évaluation des terres de la zone montagneuse du Nord du Vietnam), NIAPP, Hanoi.
- Nguyen Hoang Hien et al., 1999. *Bao cao quy hoach su dung dat dai, huyen Ha Hoa, tinh Phu Tho, thoi ky 1997-2005* (Rapport de l'aménagement des terres pour le district Ha Hoa, province Phu Tho, période : 1997-2005), Comité du Peuple du district Ha Hoa, Phu Tho.
- Nguyen Huy Phon, 1996. *Danh gia cac loai hinh su dung dat chu yeu trong nong lam nghiep gop phan dinh huong su dung dat vung trung tam mien nui Bac bo Viet Nam* (Évaluation des principaux types d'utilisation des terres en agriculture et en forêt pour la contribution à l'orientation de l'utilisation des terres de la Zone Centrale du Nord du Vietnam), Institut des Sciences et de l'Agriculture du Vietnam, Hanoi.
- Nguyen Ngoc Binh, 1995. « Tong ket cac kinh nghiem hien co va nghien cuu cac mo hinh moi ve nong lam ket hop cho tung vung » (Bilan des expériences existantes et étude des nouveaux modèles d'agroforesterie pour chaque zone). Dans : I.S.d.F.d. Vietnam (Editor), *Khoa hoc ky thuat lam nghiep Vietnam* (Sciences et techniques de la forêt du Vietnam). Maison d'Édition d'Agriculture, Hanoi, pp. 116-120.
- Nguyen Thanh Tra, 1995. *Nhung giai phap kinh te chu yeu nham su dung dat doi go co hieu qua o tinh Vinh Phu trong co che thi truong* (Les principales solutions économiques et l'utilisation efficace des terres collinaires dans le mécanisme de marché, province de Vinh Phu), Hanoi.
- Nguyen Thi Tao, 1999. « Von cho xoa doi giam ngheo » (Fonds pour la lutte contre la misère). *Vietnam Economic Times*, 5: <http://www.vneconomy.com.vn/Publications/TBKTVN/>.
- Nguyen Thi Thu Trang, 1990. « Situation of female labour in Vietnam ». *Women of Vietnam*, 4: 15-17.
- Nguyen Van Chuong, 1987. « Y nghia kinh te xa hoi va moi truong cua viec xay dung cac he canh tac nong lam o Viet Nam » (La signification socio-économique et environnementale de la création des systèmes agroforestiers au Vietnam). Dans :

- Ministère de la Forêt (Editor), *Mot so y kien ve nong lam ket hop (Quelques opinions sur l'agroforesterie)*. Centre d'Information Forestière des Science, de Technologie et d'Économie, Hanoi, pp. 13-19.
- Nguyen Van Khanh, 1991. « Hoan thien phuong phap dieu tra lap dia va phan hang dat rung » (La perfection des méthodes de l'inventaire et de classification des terres en foresterie). Dans : FIPI (Editor), *Ki yeu mot so cong trinh 30 nam DTQH rung 1961-1991* (Quelques travaux de l'inventaire et de la planification des terres en foresterie pendant 30 ans, 1961-1991). FIPI, Hanoi, pp. 277-283.
- Nguyen Van Nhan, 1996. *Dac diem dat va danh gia kha nang su dung dat trong san xuat nong nghiep cua vung dong bang song Cuu long* (Caractéristiques pédologiques et évaluation des terres agricoles dans le delta du Mékong), Hanoi.
- Nguyen Van Nhan et Vo Thi Be Nam, 1995. *Su dung ky thuat GIS trong danh gia tai nguyen dat tinh Dak Lak* (L'application des SIG dans l'évaluation des terres dans la province de Dak Lak), NIAPP, Ho Chi Minh.
- Nguyen Van Truong, 1985. *Kien tao cac mo hinh nong lam ket hop* (Proposition de systèmes agroforestiers). Maison d'Édition d'Agriculture, Hanoi, Vietnam.
- Nhan dan, 1999. *Dau tu nhieu hon nua cho vung dan toc thieu so va mien nui* (Augmentation de l'investissement pour les régions des minorités ethniques et montagneuses). <http://www.nhandan.org.vn>.
- NIAPP, 1987. *Mekong delta master plan* - VIE 87/031, NIAPP, Hanoi.
- Olive, C.A., 1998. *Land use change and sustainable development*, 51. University of Waterloo.
- Olivier, A., 1998. *Agroforesterie*. Notes de cours. Université Laval, Québec, Canada.
- Pham Duong Ung, 1997. *Bao cao ket qua nghien cuu ung dung phuong phap danh gia dat cua FAO phuc vu qui hoach nong nghiep* (Rapport des résultats étudiées de l'application de la méthode de l'évaluation des terres de la FAO au service de l'aménagement agricole), NIAPP, Hanoi.
- Pham Thanh Hai, 1997. « Application de la télédétection et des SIG dans l'évaluation d'aptitude des terres pour les cultures, dans le district de Tien Hai, province de Thai Binh ». Dans : Pham Van Cu et F. Bonn (Editors), *Système d'information environnementale du delta du Fleuve Rouge (SIE-DELTA)*. VTGEO et CARTEL, Hanoi, pp. 119-139.
- Pham Van Cu, 1996. *Xay dung ban do dia mao mot vung dong bang tren co so phoi hop he xu ly anh so va SIG* (La création d'une carte géomorphologique d'une zone deltaïque par l'intégration de la télédétection et des SIG), Hanoi.

- Pham Van Vang, 1990. *Moyens de l'intégration entre l'agriculture et la sylviculture au Vietnam*. Maison des Sciences Sociales, Hanoi.
- Phan Huy Le, 1959. *Che do ruong dat va kinh te nong nghiep thoi Le so* (Le régime foncier et l'économie agricole au début à la période de Le). Maison d'Édition des Lettres, d'Histoire et de Géographie, Hanoi.
- Phan Xuan Dot et al., 1985. *Tong ket va xay dung cac mo hinh nong lam ket hop moi cho tung vung* (Bilan et construction des nouveaux modèles d'agroforesterie pour chaque zone), ministère de la Forêt, Hanoi.
- Price, S., 1995. *The GIS market in South East Asia. The source book for GIS - 1994*. Taylor & Francis.
- Purnell, M.F., 1984. « Application of FAO framework for land evaluation for conservation and land-use planning in slopping areas: potentials and constraints ». Dans : W. Siderius (Editor), *Land evaluation for land use planning and conservation in sloping areas*. ILRI, Enschede, pp. 17-31.
- Raintree, J.B., 1987. « The state-of-the-art of agroforestry diagnosis and design ». *Agroforestry systems*, 5: 219-250.
- Raintree, J.B., 1989. *La D&D : manuel de l'utilisateur; la méthodologie de diagnostic et conception en agroforesterie*. I.C.R.A.F., Nairobi, Kenya.
- Raintree, J.B., 1990. « Agroforestry diagnosis and design : overview and update ». Dans : W.W. Budd, I. Duchhart, L.H. Hardesty et F. Steiner (Editors), *Planning for agroforestry*. ELSEVIER.
- Raveneau, J., 1998. *Cartographie assistée par ordinateur*. Notes de cours. Département de géographie, Université Laval, Québec.
- Rossiter, D.G., 1990. « ALES : a framework for land evaluation using a microcomputer ». *Soil use and management*, 6(1): 7-20.
- Rowley, J. et Gilbert, P., 1989. « The market for land information services, systems and support ». Dans : P.J. Shand et R.V. Moore (Editors), *The association for geographic information yearbook 1989*. Taylor & Francis and Miles Arnold, London, pp. 85-91.
- Schwanecker, W.e.a., 1971. *Phuong phap dieu tra lap dia lam nghiep o Vietnam* (La méthode d'inventaire et d'évaluation des terres sylvicoles au Vietnam). FIPI, Hanoi.
- Ton Gia Huyen, 1987. « Ban ve mot quy hoach su dung dat dai theo phuong thuc nong lam ket hop » (La discussion sur la planification de l'utilisation des terres en agroforesterie). Dans : M.d.l. Forêt (Editor), *Mot so y kien ve nong lam ket hop* (Quelques opinions sur l'agroforesterie). Centre d'Information Forestière des Sciences, de Technologie et d'Économie, Hanoi, pp. 7-12.

- Ton That Chieu, 1986. « Mot so ket qua nghien cuu ve kha nang phat trien nong nghiep nuoc ta trong giai doan toi » (Quelques capacités de développement de l'agriculture dans la futur au Vietnam). Dans : MADR (Editor), *Tap chi qui hoach nong nghiep* (La revue de planification agricole), 40: 5-12.
- Torquebiau, E., 1990. *Introduction aux concepts de l'agroforesterie*. I.C.R.A.F., Nairobi, Kenya.
- Tran An Phong et al., 1995. *Danh gia hien trang su dung dat theo quan diem sinh thai va phat trien lau ben* (Évaluation de l'utilisation du sol en fonction de l'écologie et du développement durable). Maison d'Édition d'Agriculture, Hanoi.
- Tran Le, 1998a. « Chuyen doi ruong gop phan hinh thanh kinh te trang trai » (Les changements agraires contribuent à développer l'économie de fermes). *Vietnam Economic Times*, 77: <http://www.vneconomy.com.vn/Publications/TBKTVN/>.
- Tran Le, 1998b. « Lao dong nong thon la nong cot » (Les travaux ruraux sont essentiels). *Vietnam Economic Times*, 84: <http://www.vneconomy.com.vn/Publications/TBKTVN/>.
- Tran Van Nao, 1987. *Agroforestry systems in Vietnam*, FAO, Rome.
- Trinh Muu, Khong Duc Thiem, Duong Minh Hue, Tran Thi Vui et Nguyen Tinh Kham, 1999. *Lich su dang bo huyen Ha Hoa, 1930-1998* (L'histoire de la section de Ha Hoa, 1930-1998). Comité de District du Parti de Ha Hoa, Phu Tho.
- UICN, PNUE et WWF, 1991. *Sauver la Planète*. UICN, PNUE, WWF, Gland.
- Vo Nguyen Giap, 1978. « Day manh cuoc cach mang khoa hoc - ky thuat trong nong nghiep o nuoc ta » (Avancement de la révolution scientifique et technologique dans le domaine agricole dans notre pays). *Journal Communiste*, 5 et 6: ???
- Vu Biet Linh et Nguyen Ngoc Binh, 1995. *Cac he nong lam ket hop o Vietnam* (Les systèmes agroforestiers au Vietnam), Institut de Foresterie du Vietnam, Hanoi.
- Vu Cao Thai, Pham Quang Khanh et Nguyen Van Khiem, 1996. *Dieu tra, danh gia tai nguyen dat dai theo phuong phap FAO/UNESCO va qui hoach su dung dat. Tren dia ban mot tinh. Lay tinh Dong Nai lam vi du* (Surveillance, évaluation des ressources des terres par la méthode de la FAO et planification des terres à l'échelle provinciale. Le cas de la province de Dong Nai), I. Maison d'Édition d'Agriculture, Hanoi.
- Vu Thi Binh, 1995. *Danh gia dat dai phuc vu dinh huong qui hoach nang cao hieu qua su dung dat nong nghiep huyen Gia Lam vung dong bang Song Hong* (Évaluation des terres afin d'orienter la planification de l'utilisation efficace des terres dans le district de Gia Lam, delta du Fleuve Rouge), École Supérieur d'Agriculture numéro I, Hanoi.

- Wiersum, K.F., 1990. « Planning agroforestry for sustainable land use ». Dans : W.W. Budd, I. Duchhart, L.H. Hardesty et F. Steiner (Editors), *Planning for agroforestry*. ELSEVIER.
- World Bank, 1991. *Forestry Policy Paper*, Washington, D.C., USA.
- Young, A., 1984a. « Evaluation of agroforestry potential in sloping areas ». Dans : W. Siderius (Editor), *Land evaluation for land use planning and conservation in sloping areas*. ILRI, Enschede, pp. 106-132.
- Young, A., 1984b. *Land evaluation for agroforestry: the task ahead*. 24, ICRAF, Nairobi.
- Young, A., 1985. « Land evaluation and agroforestry diagnosis and design: towards a reconciliation of procedure ». *Soil survey and land evaluation*, 5: 61-76.
- Young, A., 1997. *Agroforestry for soil management*. CAB International et ICRAF, Oxon, UK, 320 pp.