

BASE D'UNE REPRÉSENTATION COHÉRENTE DES SUPERFICIES TERRESTRES

AUTEURS ET REVISEURS

Auteurs principaux coordinateurs

Ronnie Milne (Royaume-Uni) et Bubu Pateh Jallow (Gambie)

Auteurs principaux

Dominique Arrouays (France), Peter Beets (Nouvelle-Zélande), Paul Drichi (Ouganda), Ismail Bin Harun (Malaysia), James Hrubovcak (États-Unis), Ted Huffman (Canada), William Irving (États-Unis), Michael Koehl (Allemagne), Erda Lin (Chine), Lennart Olsson (Suède), Jim Penman (États-Unis), Ryosuke Shibasaki (Japon), Brian Turner (Australie), Julio C. Vargas (Équateur) et Ernesto F. Viglizzo (Argentine).

Contributeur

Ralph Alig (États-Unis)

Réviseurs

Mike Apps (Canada) et Jose Domingo Miguez (Brésil)

Table des matières

2.1	INTRODUCTION	2.5
2.2	CATEGORIES D'UTILISATION DES TERRES	2.5
2.3	REPRESENTATION DES SUPERFICIES TERRESTRES	2.7
2.3.1	Introduction	2.7
2.3.2	Trois méthodes.....	2.7
2.3.2.1	Méthode 1 : Données de base sur l'utilisation des terres	2.7
2.3.2.2	Méthode 2 : Enquête sur l'utilisation des terres et le changement d'affectation des terres	2.9
2.3.2.3	Méthode 3 : Données spatialement explicites sur l'utilisation des terres.....	2.12
2.3.3	Utilisation des méthodes.....	2.14
2.3.4	Incertitudes associées aux méthodes.....	2.17
2.4	CREATION DE BASES DE DONNEES SUR L'UTILISATION DES TERRES	2.18
2.4.1	Utilisation de données établies à d'autres fins	2.18
2.4.2	Collecte de nouvelles données par échantillonnage.....	2.19
2.4.3	Collecte de nouvelles données dans les inventaires complets.....	2.19
2.4.4	Outils de collecte de données.....	2.19
2.4.4.1	Techniques de télédétection	2.19
2.4.4.2	Relevés de terrain.....	2.21
Appendice 2A.1 Exemples de méthodes dans les pays individuels		2.23
Appendice 2A.2 Exemples d'ensembles de données internationales sur la couverture terrestre		2.27
Références		2.29

Figures

Figure 2.3.1	Vue d'ensemble de la Méthode 3: Évaluations directes et répétées de l'utilisation des terres à partir d'une couverture spatiale complète	2.12
Figure 2.3.2	Diagramme décisionnel pour l'utilisation de données existantes avec les méthodes relatives aux superficies	2.15
Figure 2.3.3	Diagramme décisionnel pour le choix de méthode pour les superficies pour les pays ne possédant pas de données	2.16
Figure 2A.1.1	Stades d'élaboration des bases de données sur la couverture terrestre de la Nouvelle-Zélande	2.26

Tables

Tableau 2.3.1	Exemple of Méthode 1: Données disponibles sur l'utilisation des terres avec couverture territoriale complète	2.8
Tableau 2.3.2	Exemple indicatif de sub-division des données pour la Méthode 1	2.9
Tableau 2.3.3	Exemple indicatif de tabulation de toutes les transitions pour la Méthode 2 y compris des sous-catégories définies nationalement	2.10
Tableau 2.3.4	Exemple indicatif de données de Méthode 2 dans une matrice CAT avec sub-divisions des catégories.	2.11
Tableau 2.3.5	Matrice simplifiée de changement d'affectation des terres pour un exemple de Méthode 2	2.11
Tableau 2.3.6	Résumé des incertitudes liées aux Méthodes 1 à 3.	2.17
Tableau 2A.1.1	Matrice d'utilisation des terres et changement d'affectation des terres pour les États-Unis	2.23
Tableau 2A.1.2	Matrice d'utilisation des terres et changement d'affectation des terres pour l'Écosse entre 1984 et 1990	2.24

2.1 INTRODUCTION

L'estimation des stocks de carbone et des émissions et absorptions des gaz à effet de serre liées aux activités du secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (UTCATF) fait appel à des données sur les superficies terrestres. Le présent chapitre contient des recommandations sur les choix méthodologiques appropriés pour l'identification et la représentation cohérente des superficies dans les calculs d'inventaires.

Dans la pratique, les pays collectent ces données à l'aide de diverses méthodes (recensements annuels, relevés périodiques, télédétection, etc.). Le Chapitre 2 présente des *recommandations en matière de bonnes pratiques* pour trois méthodes de représentation des superficies terrestres. Ces méthodes permettent d'obtenir les données sur les superficies spécifiées aux Chapitres 3 et 4 pour l'estimation et notification des inventaires des gaz à effet de serre pour diverses catégories de terres. Elles permettent également d'exploiter pleinement les données et modèles disponibles, et de prévenir, autant que possible, le risque de double comptage et d'omission dans les estimations. Avec ces méthodes, certaines superficies ne risquent plus de figurer dans plusieurs catégories ou d'être omises de l'inventaire. Les méthodes et recommandations du présent chapitre, sans prétendre être finales ou exhaustives, permettront aux responsables chargés des inventaires de prendre des décisions en connaissance de cause. Conformément aux *bonnes pratiques*, les méthodes utilisées pour la représentation des superficies terrestres doivent avoir les caractéristiques générales suivantes :

- Elles doivent être *adéquates*, c'est-à-dire capables de représenter les variations des stocks de carbone et les émissions et absorptions de gaz à effet de serre et leurs liens avec l'utilisation des terres et les changements d'affectation des terres.
- Elles doivent être *cohérentes*, c'est-à-dire capables de représenter la gestion et les changements d'affectation des terres avec une cohérence temporelle, sans être indûment affectées par des discontinuités artificielles dans les séries temporelles ou par les effets de l'interaction des données d'échantillonnage et des rotations ou des cycles d'utilisation des terres (cycle récolte-régénération en foresterie, ou cycles de gestion de l'intensité du travail du sol pour les terres cultivées, par exemple).
- Elles doivent être *complètes*, c'est-à-dire qu'elles doivent inclure la totalité des superficies terrestres d'un pays, avec, s'il y a lieu, équilibre entre les augmentations et les diminutions de superficies, et indiquer des sous-catégories terrestres utilisées pour l'estimation et la notification conformément aux définitions des Accords de Marrakech pour les parties au Protocole de Kyoto.
- Enfin, elles doivent être *transparentes*, c'est-à-dire que les sources de données, les définitions, les méthodologies et les hypothèses doivent être décrites avec précision.

2.2 CATEGORIES D'UTILISATION DES TERRES

Six grandes catégories¹ de terres sont décrites dans la présente section. Elles peuvent être considérées comme des catégories de niveau supérieur pour la représentation des superficies terrestres d'un pays. Ces catégories sont en conformité avec les *Lignes directrices du GIEC* et les Articles 3.3 et 3.4 du Protocole de Kyoto, et peuvent être sub-divisées comme indiqué aux Chapitres 3 et 4 du présent rapport. Elles sont suffisamment étendues pour permettre le classement de toutes les superficies terrestres dans la majorité des pays et la prise en compte des différences entre les systèmes de classification nationaux. Lors de l'utilisation des systèmes de classification nationaux, on devra veiller à leur cohérence temporelle. Les catégories devront être utilisées avec les méthodes décrites aux sections ultérieures du présent chapitre pour faciliter une estimation cohérente de l'utilisation des terres dans le temps. Pour autant, il n'est pas nécessaire d'estimer ou de notifier les variations des stocks de carbone ou les émissions et absorptions de gaz à effet de serre si cela n'est pas requis par les *Lignes directrices du GIEC* ou, pour certains pays, par les Accords de Marrakech².

Bien que les désignations de ces catégories associent la couverture terrestre (terres forestières, prairies, zones humides) et l'utilisation des terres (terres cultivées, établissements, etc.), pour des raisons pratiques, les catégories sont dites catégories d'utilisation des terres. Elles ont été choisies pour les raisons suivantes :

¹ En général, les catégories de base sont conformes aux travaux en cours sur l'harmonisation des définitions liées aux forêts par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), le GIEC, l'Union internationale des instituts de recherches forestières (IUFRO) et le Centre pour la recherche forestière internationale (CIFOR) (FAO 2002), avec des définitions pour la foresterie et autres types d'utilisation des terres par le Service géologique des Etats-Unis (USGS (2001)), FAO (1986, 1995) décrites par le GIEC (2000), et avec les définitions adoptées pour l'utilisation des terres en vertu du Protocole de Kyoto et des Accords de Marrakech (FCCC/CP/2001/13/Add.1, p58).

² Les variations des stocks de carbone et les émissions de gaz à effet de serre des terres non exploitées ne font pas l'objet de notifications conformément aux *Lignes directrices du GIEC* ; toutefois, la notification devient nécessaire si des terres non exploitées sont converties en terres exploitées.

- Elles sont raisonnablement conformes aux *Lignes directrices du GIEC* ;
- Elles constituent une base solide pour l'estimation du carbone ;
- Elles sont raisonnablement cartographiables par télédétection ; et
- Elles sont complètes, en ceci que toutes les superficies terrestres devront être représentées dans les catégories.

Il convient d'être prudent pour ce qui est des suppositions de l'utilisation des terres à partir de ces catégories. Dans certains pays, par exemple, des superficies importantes dans la catégorie des terres forestières peuvent servir de pâturages, et il peut y avoir collecte de bois de feu provenant d'arbres disséminés dans des prairies. Ces superficies peuvent être assez importantes pour que les pays les étudient séparément, auquel cas, conformément aux *bonnes pratiques*, ces catégories supplémentaires doivent être des sous-catégories des grandes catégories suggérées et on doit veiller à la représentation de la totalité des superficies terrestres.

Les pays utiliseront leurs propres définitions de ces catégories, lesquelles pourront, naturellement, refléter des définitions acceptées au plan international, comme celles de la FAO, Ramsar, etc. C'est pour cela qu'à l'exception de descriptions générales, le présent document ne donne pas de définitions. Les terres exploitées peuvent être différenciées des terres non-exploitées non seulement par la notion de production, mais également par des fonctions écologiques et sociales. Les définitions détaillées et la méthode adoptée pour différencier les terres exploitées et non-exploitées devront être décrites avec transparence.

Les grandes catégories de terres utilisées pour la préparation des inventaires des gaz à effet de serre (GES) sont :

(i) Terres forestières : Cette catégorie inclut toutes les terres à végétation ligneuse correspondant aux seuils utilisés dans la définition des terres forestières dans l'inventaire national des gaz à effet de serre, sub-divisées au niveau national en terres exploitées et non exploitées, et par type d'écosystème comme spécifié par les *Directives du GIEC*³. Elle inclut également des terres dont la végétation est actuellement inférieure aux seuils de la catégorie des terres forestières, mais qui devrait les dépasser.

(ii) Terres cultivées : Cette catégorie inclut les terres arables et labourables, et les systèmes agro-forestiers dont la végétation est inférieure aux seuils de la catégorie des terres forestières, conformément aux définitions nationales.

(iii) Prairies : Cette catégorie inclut les parcours et les grands pâturages libres qui ne sont pas considérés comme des terres cultivées. Elle inclut également des systèmes dont la végétation est inférieure aux seuils de la catégorie des terres forestières, et qui ne devrait pas dépasser, sans intervention humaine, les seuils utilisés pour la catégorie des terres forestières. Elle inclut également toutes les prairies, depuis les terrains en friche jusqu'aux espaces récréatifs, ainsi que les systèmes agricoles et sylvo-pastoraux, sub-divisés en terres exploitées et non exploitées, conformément aux définitions nationales.

(iv) Zones humides : Cette catégorie inclut les terres couvertes d'eau ou saturées pendant la totalité ou une partie de l'année (tourbières, etc.) et qui n'entrent pas dans les catégories des terres forestières, terres cultivées, prairies ou établissements. Elle peut être sub-divisée en terres exploitées et non exploitées, conformément aux définitions nationales. Elle inclut les bassins en tant que sub-division exploitée et les fleuves et lacs naturels en tant que sub-divisions non exploitées.

(v) Établissements : Cette catégorie inclut toutes les terres développées, y compris l'infrastructure des transports et les établissements humains de toutes dimensions, sauf s'ils sont déjà inclus dans d'autres catégories. Elle doit être conforme aux définitions nationales.

(vi) Autres terres⁴ : Cette catégorie inclut les sols dénudés, les roches, les glaces et toutes les superficies terrestres non exploitées qui ne figurent pas dans une des cinq autres catégories. Elle permet de faire correspondre la totalité des superficies terrestres identifiées à la superficie nationale, lorsque des données sont disponibles.

Lors de l'utilisation de ces catégories, les organismes chargés des inventaires devront classer les terres dans une catégorie seulement, pour prévenir le risque de double comptage. Si un système de classification national ne correspond pas aux catégories (i) à (vi) susmentionnées, les *bonnes pratiques* consistent à grouper ou diviser les catégories du système national afin de pouvoir utiliser les catégories susmentionnées, en documentant la procédure adoptée. De même, il est recommandé de fournir des définitions nationales pour toutes les catégories utilisées dans l'inventaire et d'indiquer les seuils ou les paramètres utilisés dans les définitions. Lors de la création ou modification de systèmes nationaux de classification des terres, conformément aux *bonnes pratiques*, on vérifiera leur compatibilité avec les catégories d'utilisation des terres (i) à (vi).

Les grandes catégories susmentionnées constituent une structure qui permettra une sub-division ultérieure par activité, mode de gestion, zone climatique et type d'écosystème selon les besoins, nécessaire à la mise en oeuvre de méthodes d'évaluation des variations des stocks de carbone et des émissions et absorptions de gaz à effet de serre décrites au Chapitre 3 (Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur CATF) et au

³ La gestion des forêts a une signification particulière aux termes des Accords de Marrakech, et peut nécessiter une sub-division de la forêt gérée comme décrit au Chapitre 4.

⁴ Les bassins de carbone ne devront pas être évalués pour cette catégorie, mais sont inclus pour la vérification de la cohérence générale de la superficie.

Chapitre 4 (Méthodes supplémentaires et recommandations en matière de bonnes pratiques résultant du Protocole de Kyoto) ; elles permettent une comparaison avec les catégories 5A à 5E des *Lignes directrices du GIEC*. La Section 3.1.2 et le Tableau 3.1.1 (Correspondance entre les sections du Chapitre 5 des *Lignes directrices du GIEC* et les sections du Chapitre 3 du présent rapport) décrivent comment établir des liens entre la structure méthodologique décrite dans le présent rapport et celle des *Lignes directrices du GIEC*.

2.3 REPRÉSENTATION DES SUPERFICIES TERRESTRES

2.3.1 Introduction

Cette section décrit trois méthodes de représentation des superficies terrestres basées sur les grandes catégories définies précédemment et présentées ci-dessous par ordre de données croissant. La Méthode 1 identifie la superficie totale pour chaque catégorie d'utilisation des terres, mais ne fournit pas d'informations détaillées sur les variations de superficies entre les catégories, et n'est spatialement explicite qu'au niveau national ou régional. La Méthode 2 permet de suivre l'évolution des changements d'affectation des terres entre les catégories. La Méthode 3 complète la Méthode 2 et permet de suivre l'évolution des changements d'affectation des terres sur une base spatiale.

Les méthodes ne sont pas présentées hiérarchiquement et ne s'excluent pas mutuellement ; l'ensemble des méthodes choisies par l'organisme chargé des inventaires devra refléter les calculs nécessaires et les circonstances nationales. Une méthode pourra être appliquée uniformément à toutes les superficies et à toutes les catégories d'utilisation des terres dans un pays, ou bien plusieurs méthodes pourront être appliquées à différentes régions ou catégories ou à différents intervalles temporels. Dans tous les cas, conformément aux *bonnes pratiques*, on devra caractériser et comptabiliser toutes les superficies terrestres du pays. Le respect des *bonnes pratiques* lors de la mise en oeuvre de ces méthodes améliorera l'exactitude et la précision de l'estimation des superficies de l'inventaire. Des diagrammes décisionnels facilitant le choix d'une ou de plusieurs méthodes appropriées figurent à la Section 2.3.3 (Utilisation des Méthodes).

Toutes les méthodes exigent la collecte de données pour l'estimation des tendances historiques de l'utilisation des terres, tendances qui sont nécessaires pour les méthodes d'inventaire décrites dans les *Lignes directrices du GIEC* et aux Chapitres 3 et 4 du présent rapport. Le volume des données historiques requises sera basé sur le temps nécessaire au carbone stocké pour atteindre l'équilibre (en général vingt ans dans les méthodes par défaut du GIEC, mais plus pour les climats tempérés et boréaux). Si on dispose de données indépendantes, les *bonnes pratiques* consistent à vérifier les estimations par interpolation ou extrapolation à l'aide des méthodes décrites au Chapitre 5, Section 5.7 du présent rapport. Toutes les méthodes peuvent fournir des données pour les calculs des incertitudes décrits au Chapitre 5 (Questions communes).

Un exemple hypothétique, avec description, est présenté ci-dessous pour chaque méthode, et des exemples réels figurent à l'Appendice 2A.1.

2.3.2 Trois méthodes

2.3.2.1 METHODE 1: DONNEES DE BASE SUR L'UTILISATION DES TERRES

La Méthode 1 est probablement la méthode utilisée le plus fréquemment pour les estimations d'émissions et absorptions pour les catégories 5A-5E des *Lignes directrices du GIEC*. Elle fait appel à des ensembles de données sur les superficies probablement établis à d'autres fins (statistiques forestières ou agricoles, par exemple). Souvent, plusieurs ensembles de données sont associés pour couvrir toutes les classifications terrestres et les régions d'un pays. L'absence d'un système de données unifié peut donner lieu à des doubles comptages ou à des omissions, car les organismes chargés des inventaires peuvent utiliser des définitions différentes pour une utilisation des terres spécifique lors de l'établissement de leurs bases de données. Le présent rapport contient des recommandations pour prévenir ce risque. La couverture doit être suffisamment large pour inclure toutes les terres affectées par les activités décrites au Chapitre 5 des *Lignes directrices du GIEC*, sans toutefois s'étendre à des catégories telles que les écosystèmes non exploités, les zones humides ou les établissements.

Lors de la mise en oeuvre de la Méthode 1, les *bonnes pratiques* consistent à :

- Harmoniser les définitions entre les bases de données indépendantes, ainsi qu'entre les grandes catégories d'utilisation des terres de la Section 2.2 (Catégories d'utilisation des terres) pour réduire le risque d'omission et de double comptage. Il peut y avoir double comptage, par exemple, si les zones arborées sur des exploitations agricoles sont incluses dans des ensembles de données forestières et agricoles. A des fins d'harmonisation des données, les zones arborées ne devront être comptées qu'une seule fois pour l'inventaire des gaz à effet de serre, en tenant compte des définitions nationales adoptées pour les forêts. Les organismes chargés des relevés doivent signaler les risques de double comptage. Toutefois, l'harmonisation des définitions ne signifie pas l'obligation pour les organismes de renoncer aux définitions qui leur sont utiles. Les *bonnes pratiques* consistent à établir des liens entre les définitions utilisées et l'objectif d'élimination du double comptage et d'omission, et ceci pour tout l'ensemble de données afin d'assurer la cohérence des séries temporelles.

- S'assurer que les catégories d'utilisation des terres utilisées peuvent identifier toutes les activités pertinentes. Par exemple, si un pays doit étudier une utilisation des terres, telle que la gestion des forêts, le système de classification doit pouvoir distinguer entre les zones forestières gérées et non gérées.
- S'assurer que les méthodes d'acquisition des données sont fiables, bien documentées au plan méthodologique, opportunes, à une échelle appropriée et utilisent des sources fiables. L'utilisation de relevés, pouvant être associés aux définitions harmonisées, peut assurer cette fiabilité. Des relevés de terrains peuvent être vérifiés par rapport à des sources de données indépendantes et seront nécessaires pour vérifier l'exactitude des données télédéteectées, le cas échéant (Voir Chapitre 5.7, Vérification). Des ensembles de données internationales sont également disponibles à des fins de contre-vérification (voir Appendice 2A.2).
- S'assurer de l'application cohérente des définitions des catégories pour les périodes temporelles. Par exemple, les pays devront vérifier si, avec le temps, la définition des forêts a changé pour ce qui est du couvert forestier et autres seuils. S'il y a eu des changements, conformément aux *bonnes pratiques*, les données devront être corrigées par l'analyse rétrospective décrite au Chapitre 5 du présent rapport pour assurer la cohérence des séries temporelles, et toutes les mesures prises devront être documentées.
- Estimer l'incertitude pour les catégories de terres et les variations de superficies qui seront utilisées dans l'estimation des variations des stocks de carbone, des émissions et absorptions (voir Chapitre 5 Section 5.3.4.1).
- Évaluer si la somme des superficies dans les bases de données de classification des terres correspond à la superficie territoriale totale, compte tenu du niveau d'incertitude des données. Si la couverture est complète, la somme nette de toutes les variations entre deux périodes temporelles doit être nulle, dans la limite des incertitudes en jeu. Si la couverture est incomplète, la différence entre la superficie couverte et la superficie territoriale devra être stable ou varier lentement dans le temps, dans les limites des incertitudes en jeu. Si le terme d'équilibrage varie rapidement, ou (dans le cas d'une couverture complète) s'il n'y a pas égalité des sommes, les *bonnes pratiques* consistent à rechercher, expliquer et apporter les corrections nécessaires. Ces vérifications de la superficie totale devront tenir compte des incertitudes prévues au niveau des relevés ou recensements annuels ou périodiques en jeu. Les organismes chargés des relevés pourront fournir des informations sur les incertitudes prévues. En général, il y aura des différences entre les sommes des superficies comptabilisées par les données disponibles et la superficie nationale. Conformément aux *bonnes pratiques*, on s'efforcera d'expliquer les causes probables de ces différences. Les variations des stocks de carbone et les émissions et absorptions de gaz à effet de serre indiquées par la variation de ces différences dans le temps peuvent être dus à des changements d'affectation des terres et devront peut-être être comptabilisés dans l'inventaire des gaz à effet de serre comme requis par les méthodes décrites aux Chapitres 3 et 4.

Les Tableaux 2.3.1 et 2.3.2 présentent des données récapitulatives sur les superficies pour un pays hypothétique (superficie totale 140 Mha), avec des classifications des terres pertinentes localement. Le Tableau 2.3.1 est établi au niveau des catégories (i) à (vi) et le Tableau 2.3.2 contient la même information, avec des exemples de subdivisions pour l'estimation des effets d'activités, associés aux méthodes du Chapitre 3. Le Tableau 2.3.2 indique également comment localiser les méthodes d'inventaires au Chapitre 3. Les *bonnes pratiques* consistent à établir des tableaux semblables aux Tableaux 2.3.1 ou 2.3.2 dans le cadre des procédures d'assurance de la qualité et du contrôle de la qualité (AQ/CQ) décrites au Chapitre 5.

TABLEAU 2.3.1		
EXEMPLE DE METHODE 1:		
DONNEES DISPONIBLES SUR L'UTILISATION DES TERRES AVEC COUVERTURE TERRITORIALE COMPLETE		
Point temporel 1	Point temporel 2	Changement d'affectation des terres entre Point temporel 1 et Point temporel 2
TF = 18	TF = 19	Terres forestières = +1
P = 84	P = 82	Prairies = -2
TC = 31	TC = 29	Terres cultivées = -2
ZH = 0	ZH = 0	Zones humides = 0
E = 5	E = 8	Établissements = +3
AT = 2	AT = 2	Autres terres = 0
<i>Total</i> = 140	<i>Total</i> = 140	<i>Total</i> = 0
Remarque : TF = Terres forestières, P = Prairies, TC = Terres cultivées, ZH = Zones humides, E = Établissements, AT = Autres terres. Les chiffres représentent des unités de surface (Mha dans cet exemple).		

TABLEAU 2.3.2
EXEMPLE INDICATIF DE SUB-DIVISION DES DONNEES POUR LA METHODE 1

Catégorie d'utilisation des terres Sous-catégorie d'utilisation des terres	Superficie initiale Mha	Superficie finale Mha	Variation nette de superficie Mha	Recommandations en matière de bonnes pratiques Numéro de section des méthodes au Chapitre 3 du présent rapport	Commentaire sur la sub-division par activité (à titre indicatif seulement)
Total des terres forestières	18	19	1		
Terres forestières (Non gérées)	5	5	0		Non incluses dans les estimations de l'inventaire
Zone A de terres forestières (avec déboisement)	7	4	-3	3.2.1/3.4.2/3.6	
Zone B de terres forestières	6	6	0	3.2.1	Pas CAT. Peut nécessiter une sub-division, par type de gestion, etc.
Boisement	0	4	4	3.2.2	Peut nécessiter une sub-division, par type d'écosystème, par exemple
Total des prairies	84	82	-2		
Prairies non améliorées	65	63	-2	3.4.1/3.2.2/3.6	Une diminution de superficie indique un CAT. Peut nécessiter une sub-division, par type de gestion, etc.
Prairies améliorées	19	19	0	3.4.1	Pas CAT. Peut nécessiter une sub-division par type de gestion, etc.
Total des terres cultivées	31	29	-2		
Toutes les terres cultivées	31	29	-2	3.3.1/3.2.2/3.6	Une diminution de superficie indique une CAT. Peut nécessiter une sub-division par type de gestion, etc.
Total des zones humides	0	0	0		
Total des établissements	5	8	3		
Établissements existants	5	5	0	3.6	
Nouveaux établissements	0	3	3	3.6	
Total des Autres terres	2	2	0	3.7.1	Non gérées- Non inclus dans les estimations de l'inventaire.
Terme d'équilibrage	0	0	0		
TOTAL	140	140	0		

Remarques: « Initiale » représente la catégorie à une date antérieure à la date de l'évaluation et « finale » représente la catégorie à la date de l'évaluation. Les activités pour lesquelles il n'y a pas de données d'emplacement devront être identifiées en sub-divisionnant une catégorie de terres appropriée.

Pour chaque catégorie, le calcul de la superficie ayant fait l'objet d'un changement d'affectation des terres est basé sur la différence de superficie pour deux points temporels, avec couverture terrestre partielle ou totale. La Méthode 1 ne permet pas de spécifier les variations entre les catégories, sauf si on dispose de données supplémentaires (ce qui ferait aussi intervenir la Méthode 2). Les données sur l'utilisation des terres peuvent provenir initialement de relevés-échantillons, cartes ou recensements (relevés par les propriétaires fonciers), mais ne seront probablement pas spatialement explicites⁵ sous la forme utilisée. La somme de toutes les catégories d'utilisation des terres peut ne pas correspondre à la superficie totale du pays ou de la région étudiés, et le résultat net des changements d'affectation des terres peut ne pas être égal à zéro. Avec cette méthode, le résultat final est un tableau d'utilisation des terres pour des points temporels donnés.

2.3.2.2 METHODE 2: ENQUETE SUR L'UTILISATION DES TERRES ET LE CHANGEMENT D'AFFECTION DES TERRES

La Méthode 2 a pour caractéristique essentielle le fait de fournir une évaluation nationale ou régionale non seulement des diminutions ou augmentations des superficies pour des catégories de terres spécifiques, mais également de la nature de ces changements (conversions inter-catégories). Cette méthode offre plus d'informations sur les changements inter-catégories. En général, cette étude explicite des changements d'affectation des terres exige une estimation des catégories d'utilisation des terres initiale et finale, ainsi que de la superficie totale des

⁵ Lorsqu'on envisage l'utilisation de la Méthode 2 ou 3, il est utile de s'informer auprès des organismes chargés de la collecte des données pour savoir si les sources de données initiales contiennent des données spatialement explicites. Les inventaires forestiers, par exemple, sont souvent établis à partir de sources de données spatialement explicites.

terres inchangées par catégorie. Le résultat final peut être présenté sous forme de matrice de changement d'affectation des terres, qui n'est pas spatialement explicite. La matrice offre un format compact pour la représentation des superficies ayant fait l'objet de transitions entre toutes les catégories d'utilisation des terres. Avec cette méthode, on pourra utiliser des bases de données existantes sur l'utilisation des terres contenant suffisamment de données, ou collecter des données par échantillonnage. Les données d'entrées peuvent ou non avoir été spatialement explicites initialement (à savoir, cartographiées ou référencées géographiquement). Des données d'échantillon seront extrapolées à l'aide du rapport avec la superficie totale ou la population totale pertinente. Les données nécessiteront de nouveaux relevés périodiques d'un échantillon de sites statistiquement et spatialement valides choisis conformément aux principes décrits à la Section 5.3 (Échantillonnage) du Chapitre 5.

La Méthode 2 nécessite plus de données que la Méthode 1 mais permet la comptabilisation de toutes les transitions d'utilisation des terres. Par conséquent, le choix des facteurs d'émission et d'absorption ou les paramètres pour les taux de variation du carbone peut refléter les différences des taux de variation du carbone dans les sens opposés des transitions entre deux catégories, et les différences des stocks de carbone initiaux associés aux utilisations des terres peuvent être prises en compte. Par exemple, en général, avec le labourage des terres, le taux de perte de carbone organique des sols sera plus élevé que le taux de ré-accumulation si la culture est abandonnée par la suite, et les stocks de carbone initiaux pourront être moins importants pour des transitions à partir de terres cultivées que de pâturages.

Les points relatifs aux *bonnes pratiques* décrits pour la Méthode 1 s'appliquent également à la Méthode 2, mais de façon beaucoup plus détaillée, car on dispose de données sur le type de changement d'affectation des terres, et non pas uniquement de données nettes sur les conversions pour les catégories ou sous-catégories.

La Méthode 2 est illustrée au Tableau 2.3.3, avec les données de l'exemple utilisé pour la Méthode 1 (Tableau 2.3.2) ainsi que des données sur toutes les transitions en cours. Ces données peuvent être présentées sous forme de matrice (Tableau 2.3.4). Pour illustrer la valeur ajoutée de la Méthode 2 et le format de la matrice de changement d'affectation des terres, les données du Tableau 2.3.4 sont présentées au Tableau 2.3.5 sans sub-division des catégories ; on peut ensuite comparer ces données aux informations plus limitées obtenues avec la Méthode 1 au Tableau 2.3.1. Le Tableau 2.3.5 permet de suivre les conversions inter-catégories, alors que le Tableau 2.3.1 ne permet de suivre que les variations nettes au sein d'une grande catégorie. Lors de l'utilisation de la Méthode 2, conformément aux bonnes pratiques, il est recommandé d'établir un tableau semblable au Tableau 2.3.4 ou 2.3.5 dans le cadre des procédures AQ/CQ décrites au Chapitre 5.

Utilisation des terres initiale	Utilisation des terres finale	Superficie Mha	Recommandations en matière de bonnes pratiques : N° de section des méthodes au Chapitre 3 du présent rapport
Terres forestières (non gérées)	Terres forestières (non gérées)	5	Excluses de l'inventaire GES
Terres forestières (gérées)	Terres forestières (gérées)	10	3.2.1
	<i>(Zone forestière A Table 2.3.2)</i>	4	
	<i>(Zone forestière B Table 2.3.2)</i>	6	
Terres forestières (gérées)	Prairies (pacage)	2	3.4.2
Terres forestières (non gérées)	Établissements	1	3.6
Prairies (pacage)	Prairies (pacage)	56	3.4.1
Prairies (pacage)	Prairies (améliorées)	2	3.4.1
Prairies (pacage)	Terres forestières (gérées)	1	3.2.2
Prairies (pacage)	Établissements	1	3.6
Prairies (améliorées)	Prairies (améliorées)	22	3.4.1
Prairies (améliorées)	Terres forestières (gérées)	2	3.2.2
Terres cultivées	Terres cultivées	29	3.3.1
Terres cultivées	Terres forestières (gérées)	1	3.2.2
Terres cultivées	Établissements	1	3.6
Zones humides	Zones humides	0	
Établissements	Établissements	5	3.6
Autres terres	Autres terres	2	Excluses de l'inventaire GES
TOTAL		140	

Remarque : Les données sont une version sub-divisée des données du Tableau 2.3.2. Les sous-catégories sont définies au niveau national et ne figurent qu'à titre illustratif. « Initiale » représente la catégorie à une date antérieure à la date de l'évaluation et « finale » représente la catégorie à la date de l'évaluation.

TABLEAU 2.3.4
EXEMPLE ILLUSTRATIF DE DONNEES DE METHODE 2 DANS UNE MATRICE CAT AVEC SUB-DIVISIONS DES CATEGORIES

Finale	Initiale	Terres forestières (non gérées)	Terres forestières (gérées)	Prairies (pacage)	Prairies (améliorées)	Terres cultivées	Zones humides	Établissements	Autres terres	Superficie finale
Terres forestières (non gérées)		5								5
Terres forestières (gérées)			10	1	2	1				14
Prairies (pacage)			2	56						58
Prairies (améliorées)				2	22					24
Terres cultivées						29				29
Zones humides							0			0
Établissements			1	1		1		5		8
Autres terres									2	2
Superficie initiale		5	13	60	24	31	0	5	2	140
Changement NET		0	+1	-2	0	-2	0	+3	0	0

Remarque : Les totaux des colonnes et des lignes indiquent les changements nets d'affectation des terres tels qu'ils sont présentés au Tableau 2.3.2, mais sub-divisés en sous-catégories nationales comme au Tableau 2.3.3. « Initiale » représente la catégorie à une date antérieure à la date de l'évaluation et « finale » représente la catégorie à la date de l'évaluation. Les changements nets (ligne inférieure) sont la superficie finale moins la superficie initiale pour chaque (sous)-catégorie indiquée en tête de la colonne correspondante. Une absence de données indique une absence de changement d'affectation des terres pour cette transition.

TABLEAU 2.3.5
MATRICE SIMPLIFIEE DE CHANGEMENT D'AFFECTION DES TERRES POUR UN EXEMPLE DE METHODE 2

Matrice de changement d'affectation des terres								
Final	Initiale	TF	P	TC	ZH	E	AT	Somme finale
TF		15	3	1				19
P		2	80					82
TC				29				29
ZH								
E		1	1	1		5		8
AT							2	2
Somme initiale		18	84	31		5	2	140

Remarque :
 TF = Terres forestières, P = Prairies, TC = Terres cultivées, ZH = Zones humides,
 E = Établissements, AT = Autres terres
 Les chiffres représentent des unités de surface (Mha dans cet exemple).
 Il n'y a pas de zones humides dans cet exemple. Une absence de données indique l'absence de changements d'affectation des terres.

Avec cette méthode, un grand nombre de pays devront utiliser d'autres sub-divisions, par exemple par espèces forestières ou combinaisons d'espèces et de type de sol, pour obtenir des données sur les superficies nécessaires pour estimer les variations des stocks de carbone, conformément aux recommandations du Chapitre 3. Le Tableau 2.3.3 présente des sub-divisions possibles, et renvoie à des recommandations méthodologiques sur des utilisations des terres ou des transitions spécifiques dans le Chapitre 3.

2.3.2.3 METHODE 3 : DONNEES SPATIALEMENT EXPLICITES SUR L'UTILISATION DES TERRES

La Méthode 3 (résumée à la Figure 2.3.1) exige des données spatialement explicites sur l'utilisation et le changement d'affectation des terres. Ces données peuvent être obtenues par échantillonnage de points géographiques, par énumération complète (cartographie complète), ou une combinaison des deux.

Théoriquement, la Méthode 3 est complète et relativement simple, mais exige un volume de données considérable. La zone ciblée est sub-divisée en unités spatiales, telles que des mailles ou des polygones appropriés pour l'échelle de la variation de l'utilisation des terres et la taille de l'unité requise pour un échantillonnage ou pour une énumération complète. L'utilisation des unités spatiales doit être temporellement cohérente pour prévenir l'introduction de biais dans l'échantillonnage. Les unités spatiales devront être échantillonnées à l'aide de données cartographiques existantes (le plus souvent dans le cadre d'un Système d'information géographique (SIG)) et/ou sur le terrain ; les utilisations des terres devront être observées ou déduites et enregistrées aux intervalles requis par les méthodes décrites au Chapitre 3 ou 4. Dans le cas de l'utilisation d'une cartographie complète, on peut utiliser une méthode basée sur les polygones au lieu d'une méthode basée sur une grille, voir Figure 2.3.1. Les données peuvent être obtenues par télédétection, visites sur place, entretiens en personne ou questionnaires. Les unités d'échantillonnage peuvent être des points ou des surfaces entre 0,1 ha et un kilomètre carré ou plus, selon le type d'échantillonnage. Les unités peuvent être échantillonnées statistiquement à des intervalles moins fréquents que ceux utilisés pour la couverture complète, choisies à intervalles réguliers ou irréguliers, et peuvent être concentrées dans des zones où l'on prévoit des changements d'affectation des terres. Les données enregistrées peuvent être une utilisation des terres ponctuelle ou pour une unité d'échantillonnage, mais peuvent aussi inclure des données sur le changement d'affectation des terres pour une unité d'échantillonnage entre les années d'échantillonnage.

Une application efficace de la Méthode 3 exige un échantillonnage suffisant pour permettre une interpolation spatiale et la création d'une carte d'utilisation des terres. Les méthodes d'échantillonnage et les incertitudes associées sont examinées dans la section sur l'échantillonnage au Chapitre 5 (Section 5.3). Toutes les activités UTCATF pour chaque unité spatiale ou ensemble d'unités sont ensuite étudiées dans le temps (périodiquement, mais pas nécessairement annuellement) et enregistrées individuellement, en général dans le cadre d'un SIG. Étant donné que la Méthode 3 est semblable à la Méthode 2, un Tableau récapitulatif 2.3.4 ou 2.3.5, semblable à ceux décrits pour la Méthode 2, devra être établi pour cette méthode, conformément aux procédures AQ/CQ décrites au Chapitre 5.

Figure 2.3.1 Vue d'ensemble de la Méthode 3: Évaluations directes et répétées de l'utilisation des terres à partir d'une couverture spatiale complète

Description

Avec la Méthode 3, le pays est divisé en parcelles spatiales telles que des mailles ou des petits polygones. Dans cet exemple, les mailles sont utilisées pour sub-diviser la zone. Les mailles sont échantillonnées par télédétection et relevés de terrain afin d'établir les zones terrestres dont l'étendue estimée est représentée par les lignes grises sous la grille. La télédétection permet d'obtenir une couverture complète de toutes les mailles (Figure 2.3.1A) dans l'interprétation de l'utilisation des terres. Les relevés de terrain sont menés dans un échantillon de mailles et peuvent être utilisées pour établir l'utilisation des terres directement, mais aussi pour aider à interpréter les données télédétektées. L'échantillon de mailles peut être distribué de manière régulière (Figure 2.3.1B) ou irrégulière (Figure 2.3.1C), par exemple, pour obtenir une meilleure couverture dans les zones où les CAT sont plus probables. On peut préparer des cartes en utilisant les mailles, qui peuvent elles-mêmes également être agrégées en polygones (Figure 2.3.1D). Le résultat final de la méthode est une matrice de changements de l'utilisation des terres spatialement explicite.

Figure 2.3.1A

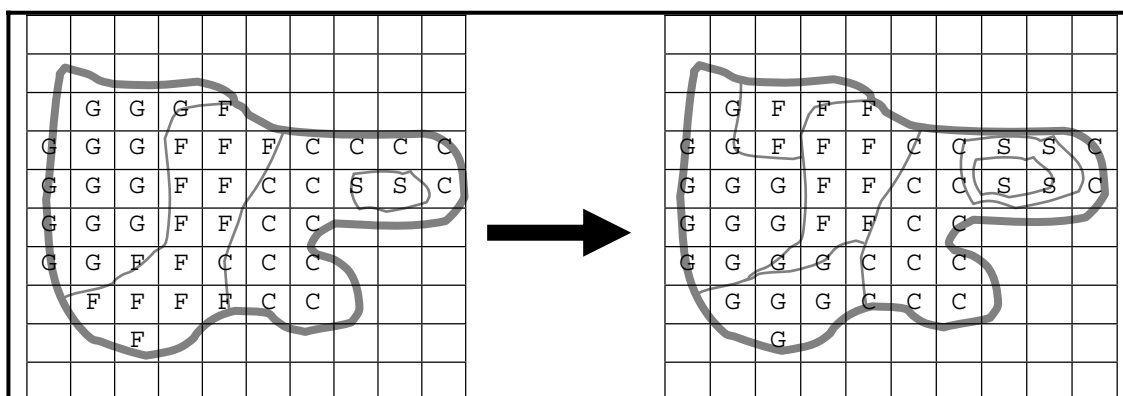


Figure 2.3.1.B

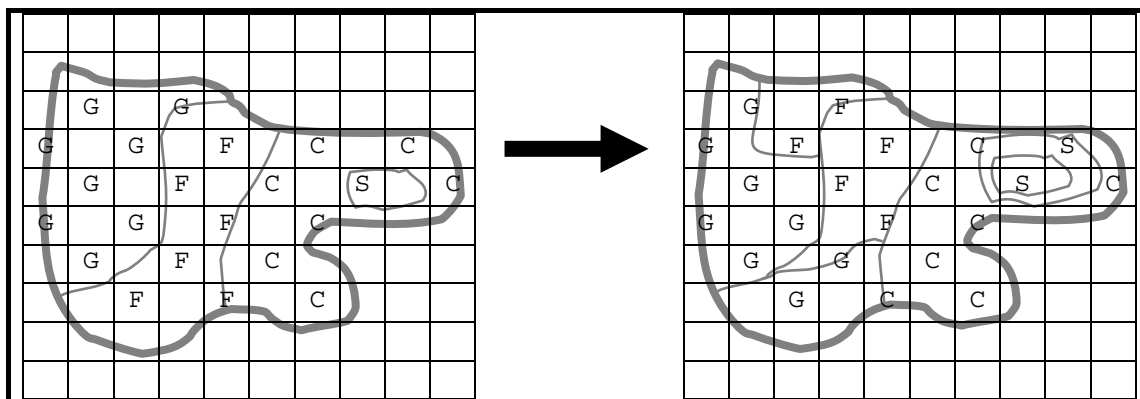


Figure 2.3.1C

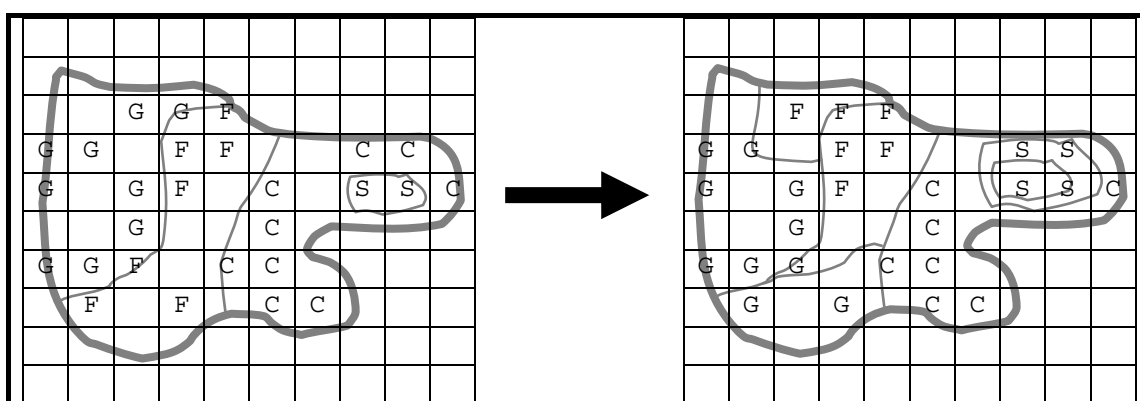
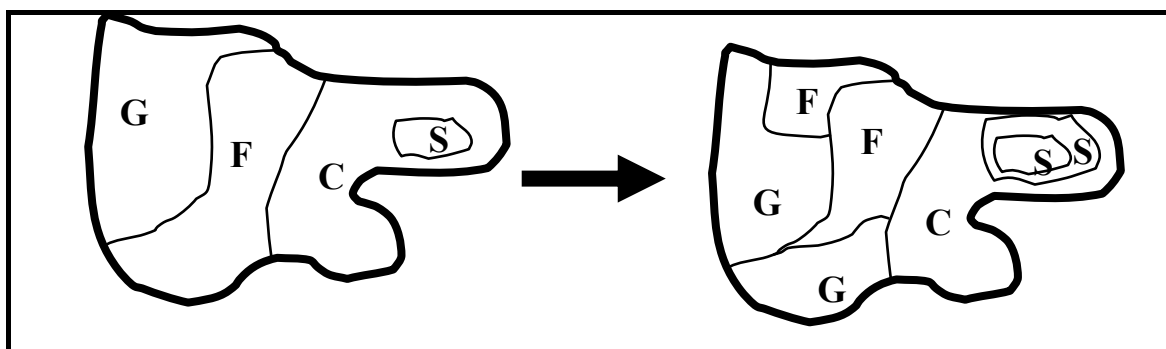


Figure 2.3.1D



Remarque : TF = Terres forestières, P = Prairies, TC = Terres cultivées, ZH = Zones humides, E = Établissements, AT = Autres terres.

Des données, utilisant une grille de mailles ou des polygones, à une échelle fine, peuvent représenter directement des parcelles ayant fait l'objet de boisement, reboisement ou déboisement conformément à l'Article 3.3. Des données maillées peuvent être obtenues par télédétection et seront en général combinées à des données cartographiées auxiliaires (inventaires forestiers, cartes des sols, etc.) pour améliorer l'exactitude de la classification de l'utilisation des terres. L'élaboration de modèles associant des données télédétectées et des données de réalité de terrain est un processus extrêmement spécialisé, qui est examiné plus en détails à la Section 2.4.4.1 (Techniques de télédétection).

Lors de l'utilisation de la Méthode 3, les *bonnes pratiques* consistent à :

- Utiliser une stratégie d'échantillonnage conforme aux méthodes et recommandations figurant aux Sections 2.4.2 et 5.3 du Chapitre 5. Cette stratégie devra être telle que les données obtenues ne présentent pas de biais et peuvent être mises à l'échelle si besoin est. Le nombre et l'emplacement des unités d'échantillonnage devront peut-être être modifiés afin de rester représentatifs. Des recommandations sur l'évolution temporelle figurent à la Section 5.3.3 (Conception de l'échantillonnage) du Chapitre 5.
- Dans le cas de données télédéteectées, élaborer une méthode pour leur interprétation en catégories de terres à l'aide de données de référence au sol comme indiqué à la Section 2.4.4.1 (Techniques de télédétection). Pour ce faire, on peut utiliser des inventaires forestiers ordinaires ou d'autres données de relevés. Il est important de prévenir le risque de classement incorrect des types de terres ; il peut être difficile, par exemple, de distinguer les zones humides des terres forestières uniquement à l'aide de données télédéteectées, et on devra utiliser des données auxiliaires, telles que des données sur le type de sol ou la topographie. On peut donc établir l'exactitude des cartes à l'aide de données de référence de terrain comme indiqué dans la même section. La méthode classique consiste à créer une matrice⁶ indiquant, pour une classification de terre, la probabilité d'une classification incorrecte.
- Établir des intervalles de confiance pour ces superficies de catégories de terres et variations de superficies qui seront utilisés pour l'estimation des variations des stocks de carbone et des émissions et absorptions de carbone (voir Chapitre 5 Section 5.3.4.1).
- Établir des tableaux récapitulatifs des superficies nationales classées par changements d'affectation des terres (semblables à ceux décrits pour la Méthode 2 dans le cadre des procédures AQ/CQ).

2.3.3 Utilisation des méthodes

Les Figures 2.3.2 et 2.3.3 sont des diagrammes décisionnels destinés à faciliter le choix d'une ou de plusieurs méthodes utilisées conjointement pour identifier les superficies d'utilisation des terres. On peut utiliser les trois méthodes, à condition que leur mise en oeuvre soit conforme aux recommandations des Chapitres 3 à 5, pour obtenir des estimations des émissions et absorptions des gaz à effet de serre qui seront conformes aux *bonnes pratiques*. En général, la Méthode 3 permettra la représentation spatiale nécessaire à la création de modèles de carbone sur une base spatiale (décrits au Chapitre 3).

L'utilisation d'une ou de plusieurs méthodes dans un pays dépendra, entre autres, de la variabilité spatiale des dimensions et de l'accessibilité des zones éloignées, de l'historique de la collecte de données biogéographiques, du personnel et des ressources disponibles (au besoin, obtenus par sous-traitance) dans le domaine de la télédétection, et de l'existence de données et/ou de modèles de carbone spatialement explicites. La plupart des pays posséderont des données sur l'utilisation des terres et le diagramme décisionnel de la Figure 2.3.2 a pour but de faciliter l'utilisation de ces données conformément aux recommandations du présent chapitre. Trois décisions clés doivent être prises : des données spatialement explicites sont-elles nécessaires pour la notification conformément au Protocole de Kyoto ? les données couvrent-elles la totalité du pays ? et fournissent-elles une série temporelle adéquate ?

Pour les rares pays qui ne possèdent pas de données, le diagramme décisionnel de la Figure 2.3.3 a pour but de faciliter le choix d'une ou de plusieurs méthodes appropriées. En règle générale, si les terres sont aisément accessibles et/ou les ressources de télédétection limitées, il est préférable d'utiliser des relevés de terrain pour créer des bases de données sur l'utilisation des terres. Pour les pays, dans lesquels l'accès à certaines terres est plus difficile, mais qui disposent de bonnes ressources de télédétection, la Méthode 3, axée principalement sur la télédétection, pourra être préférable. La Méthode 2 sera peut-être plus appropriée pour les pays de grande superficie mais ne disposant pas des ressources nécessaires au traitement des données haute résolution requises par la Méthode 3. Les pays dans lesquels l'accessibilité aux terres et les ressources de télédétection sont limitées ne pourront probablement pas établir des bases de données adaptées à la Méthode 2 ou 3 mais devraient pouvoir utiliser la Méthode 1, en exploitant des données de la FAO (base de données sur l'utilisation des terres et la couverture terrestre) ou d'autres bases de données internationales (voir Appendice 2A.2).

Des méthodes différentes peuvent être plus efficaces en fonction des échelles temporelles ou des différents objectifs de notification. Le Chapitre 5 décrit des méthodes pour associer les séries temporelles aux échelles temporelles ou utilisations qui seront probablement nécessaires.

⁶ Dite également *Matrice de confusion*.

Figure 2.3.2 Diagramme décisionnel pour l'utilisation de données existantes avec les méthodes relatives aux superficies

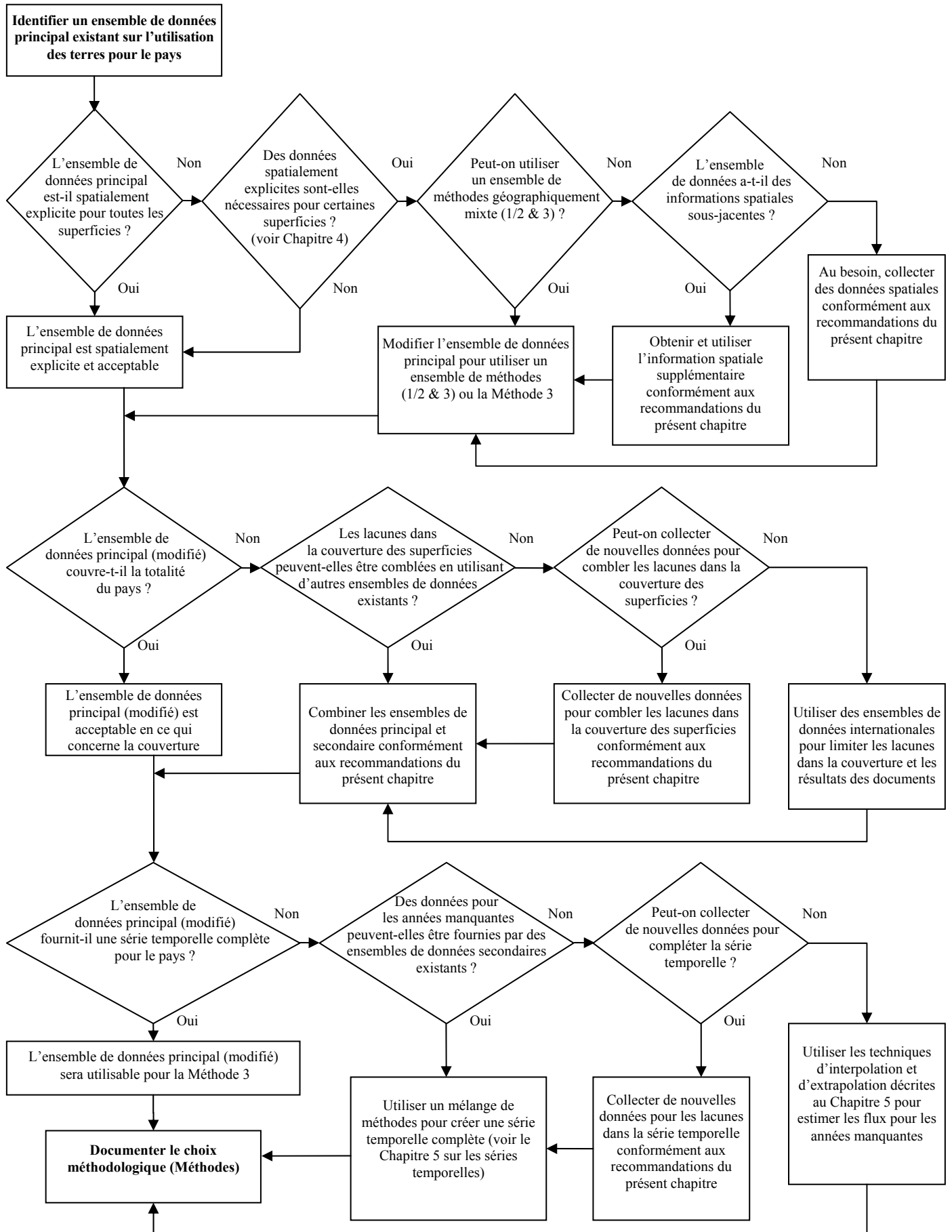
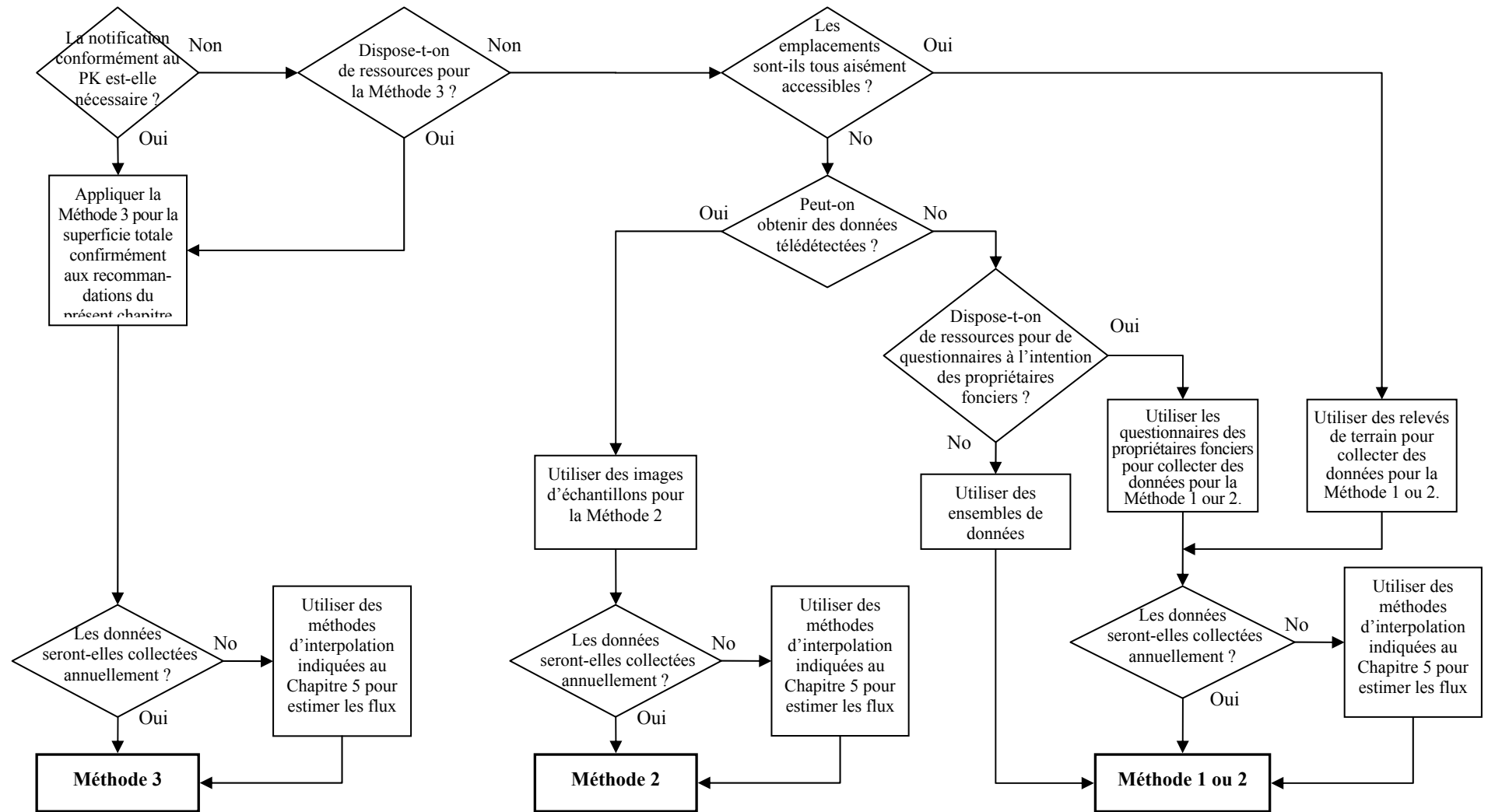


Figure 2.3.3 Diagramme décisionnel pour le choix de méthode pour les superficies pour les pays ne possédant pas de données



2.3.4 Incertitudes associées aux méthodes

Les bonnes pratiques nécessitent la réduction des incertitudes dans la mesure du possible et le Chapitre 5.2 (Identification et quantification des incertitudes) décrit des méthodes de quantification des incertitudes. Les estimations des incertitudes relatives aux superficies sont des données nécessaires à la mise en oeuvre de ces méthodes. Naturellement, l'incertitude associée aux Méthodes 1 à 3 dépend de leur application et de la qualité des données disponibles ; cependant, il est possible de donner une indication des résultats possibles au plan pratique. Le Tableau 2.3.6 présente les sources d'incertitude, les moyens de réduire les incertitudes et des niveaux indicatifs d'incertitude dans certaines conditions.

Les sources d'incertitudes relatives aux superficies tendent à augmenter entre la Méthode 1 et la Méthode 3, en raison de l'introduction progressive d'un nombre plus important de données dans l'évaluation. Pour autant, cela ne signifie pas une augmentation de l'incertitude, car cette progression s'accompagne de vérifications supplémentaires rendues possibles par les nouvelles données et d'une réduction générale des incertitudes due à l'élimination d'erreurs statistiques courantes. La Méthode 1 et les Méthodes 2 et 3 diffèrent principalement en ceci que la Méthode 1 a un pourcentage d'incertitude pour les variations de superficies probablement plus élevé. En effet, à ce niveau, les différences entre les superficies totales représentent les changements d'affectation des terres. Avec la Méthode 1, l'incertitude pour la différence sera de 1 à 1,4 fois l'incertitude de superficies comparées, en fonction du niveau de corrélation entre les études. La Méthode 3 produit des informations détaillées spatialement explicites, qui peuvent être nécessaires, par exemple pour certaines méthodes de modélisation, ou pour la notification d'activités conformément au Protocole de Kyoto. Dans ces cas, des données spatiales supplémentaires seront nécessaires si on utilise la Méthode 1 ou 2 pour identifier les superficies. Les exigences en vertu du Protocole de Kyoto sont identifiées au Chapitre 4, Section 4.2.2.

	Sources d'incertitude	Méthodes pour la réduction de l'incertitude	Incertitude indicative après vérifications
Méthode 1	<p>Les sources d'incertitude peuvent inclure une partie ou la totalité des points suivants, en fonction de la nature de la source des données :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Résultats de recensement erronés • Différences entre les définitions adoptées par les organismes • Conception de l'échantillonnage • Interprétation des échantillons <p>De plus :</p> <p>La Méthode 1 ne permet pas d'effectuer de contre-vérifications pour les variations de superficies entre les catégories, ce qui tend à augmenter les incertitudes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vérification par rapport à la superficie nationale • Ajustement des résultats en fonction des différences de définitions • Consultation d'organismes statistiques à propos de la probabilité des incertitudes en jeu • Comparaison avec des ensembles de données internationales 	<p>De l'ordre de quelques pour cent à 10 pour cent pour la superficie totale dans chaque catégorie.</p> <p>Plus grand pourcentage d'incertitude pour les variations de superficies calculées à partir de relevés successifs.</p> <p>Des erreurs systématiques peuvent être significatives en cas d'utilisation de données établies à d'autres fins.</p>
Méthode 2	Comme pour la Méthode 1, avec possibilité de contre-vérifications	Comme ci-dessus, plus vérification de la cohérence entre des changements inter-catégories dans la matrice	De quelques pour cent à 10 pour cent pour la superficie totale dans chaque catégorie, et plus pour des variations de superficies, étant donné que ces données sont obtenues directement
Méthode 3	Comme pour la Méthode 2, plus des incertitudes liées à l'interprétation de données télédéteçtées, le cas échéant	Comme pour la Méthode 2, plus analyse formelle des incertitudes, conformément aux principes décrits au Chapitre 5	Comme pour la Méthode 2, mais les superficies peuvent être identifiées géographiquement. Cependant, avec la Méthode 3, le pourcentage d'incertitude peut être estimé plus exactement qu'avec la Méthode 2.

2.4 CRÉATION DE BASES DE DONNEES SUR L'UTILISATION DES TERRES

La création des bases de données sur l'utilisation des terres nécessaires pour les inventaires des gaz à effet de serre peut être effectuée comme suit :

- Utilisation de bases de données existantes établies à d'autres fins ;
- Utilisation d'échantillonnages ; et
- Utilisation d'inventaires terrestres complets.

Les paragraphes suivants présentent des recommandations générales en matière de *bonnes pratiques* sur l'utilisation de ces types de données par les organismes chargés des inventaires en consultation avec d'autres organismes spécialistes des statistiques nationales. Le personnel chargé de la préparation des inventaires peut ne pas participer à la collecte détaillée de données télédéteectées ou de données de relevés de terrain, mais peut utiliser les recommandations du présent document pour planifier l'amélioration des inventaires et communiquer avec des experts dans ces domaines.

2.4.1 Utilisation de données établies à d'autres fins

On peut utiliser deux types de bases de données pour la classification des terres. De nombreux pays posséderont des ensembles de données nationales du type décrit ci-dessous. Si ce n'est pas le cas, les organismes chargés des inventaires pourront utiliser des ensembles de données internationales. Les deux types sont décrits ci-dessous.

Bases de données nationales

En général, les Méthodes 1 et 2 seront basées sur des données existantes, mises à jour annuellement ou périodiquement. Les inventaires forestiers, les recensements agricoles et autres relevés, les recensements des terres urbaines et naturelles, et les données cadastrales et cartographiques, figurent parmi les sources de données typiques. L'utilisation de ces données est illustrée par les exemples à l'Appendice 2A.1 : Exemples de méthodes dans des pays individuels. Les *bonnes pratiques* relatives à l'utilisation de ce type de données sont décrites à la Section 2.3.2.1.

Bases de données internationales

Plusieurs projets ont été entrepris pour créer des ensembles de données internationales sur l'utilisation des terres et la couverture terrestre, à des niveaux régionaux et mondiaux (l'Appendice 2A.2 en répertorie certains). Le plus souvent, ces ensembles de données sont conservés sous forme de données tramées⁷ obtenues à partir de différents types d'images satellite, ainsi que des données de référence terrain obtenues par relevés de terrain ou comparaison avec des statistiques/cartes existantes. Ces ensembles de données peuvent être utilisés pour :

- L'estimation de la distribution spatiale de l'utilisation des terres. En général, les inventaires classiques présentent seulement la somme totale de la superficie d'utilisation des terres par catégories. La distribution spatiale peut être obtenue à l'aide de données internationales sur l'utilisation des terres et la couverture terrestre utilisées à titre de données auxiliaires en l'absence de données nationales.
- L'évaluation de la fiabilité des ensembles de données sur l'utilisation des terres existants. La comparaison entre des ensembles de données nationales et internationales indépendants peut révéler des divergences, et une meilleure compréhension de ces dernières peut améliorer la confiance vis-à-vis des données nationales et/ou améliorer la possibilité d'utilisation des données internationales, par exemple à des fins d'extrapolation.

Lors de l'utilisation d'un ensemble de données internationales, conformément aux *bonnes pratiques*, on devra tenir compte des points suivants :

- Le système de classification (la définition des catégories d'utilisation des terres et leur interaction, par exemple) peut être différent du système utilisé au plan national. On doit donc établir l'équivalence entre les systèmes de classification nationaux et ceux décrits à la Section 2.2 (Catégories d'utilisation des terres) en contactant l'organisme international et en comparant ses définitions aux définitions nationales.
- La résolution spatiale (en général, 1 km en théorie, mais quelquefois d'un ordre de grandeur supérieur en pratique) peut être grossière, et les données nationales devront peut-être être regroupées pour améliorer la comparabilité.
- Évaluation de l'exactitude de la classification et des risques d'erreurs de géo-référencement qui peuvent exister en dépit des tests d'exactitude effectués normalement sur les sites échantillons. Les organismes chargés des inventaires devront être informés à propos des problèmes de classification et des tests effectués.
- Comme pour les données nationales, des interpolations ou des extrapolations seront probablement nécessaires pour le calcul d'estimations pour des périodes correspondant aux dates stipulées pour la notification conformément à la CCUNCC ou au Protocole de Kyoto.

⁷On entend par données tramées des informations stockées sur une grille de points régulière, contrairement aux données polygonales, où l'information est stockée sous forme de coordonnées d'une surface délimitée ayant un attribut commun.

2.4.2 Collecte de nouvelles données par échantillonnage

On utilise des techniques d'échantillonnage pour l'estimation des superficies et des variations des superficies lorsque des totaux par mesures directes sur le terrain ou des évaluations par télédétection ne sont pas possibles ou donneraient des résultats inexacts. Conformément aux *bonnes pratiques* on appliquera des principes d'échantillonnage basés sur l'échantillonnage décrit à la Section 3 du Chapitre 5, pour que les procédures d'estimation soient cohérentes, sans biais et donnent des résultats précis.

Comme indiqué à la Section 3 du Chapitre 5, en général, un échantillonnage conforme aux *bonnes pratiques* utilise des unités d'échantillonnage situées sur une grille régulière dans la superficie inventoriée. Une catégorie d'utilisation des terres est affectée à chaque unité d'échantillonnage. Les unités d'échantillonnage peuvent servir à calculer les pourcentages des catégories d'utilisation des terres pour la superficie inventoriée. La multiplication des pourcentages par la superficie totale fournit des estimations de la superficie pour chaque catégorie d'utilisation des terres. Lorsque la superficie totale n'est pas connue, on suppose que chaque unité d'échantillonnage représente une superficie spécifique. On peut alors estimer la superficie de la catégorie d'utilisation des terres à l'aide du nombre d'unités d'échantillonnage dans cette catégorie.

Lorsque l'échantillonnage pour des superficies est répété dans le temps, on peut calculer les variations temporelles des superficies et créer des matrices de changement d'affectation des terres.

L'application d'une méthode basée sur l'échantillonnage pour l'évaluation des superficies permet de calculer les erreurs d'échantillonnage et les intervalles de confiance qui quantifient la fiabilité des estimations des superficies dans chaque catégorie. Conformément aux *bonnes pratiques*, on utilisera l'intervalle de confiance pour vérifier si les variations de superficies par catégorie sont statistiquement significatives et reflètent des changements significatifs.

2.4.3 Collecte de nouvelles données dans des inventaires complets

Un inventaire complet sur l'utilisation de toutes les terres d'un pays nécessitera l'établissement périodique de cartes d'utilisation des terres dans le pays.

Les techniques de télédétection seront utiles à cette fin. Comme indiqué dans la description de la Méthode 3 (Section 2.3.2.3), l'utilisation des données sera plus facile dans le cadre d'un SIG basé sur un ensemble de mailles ou de polygones, et avec des données de réalité de terrain, indispensables pour une interprétation sans biais. Des données à résolution fine pourront être utilisées directement pour la notification des activités pertinentes conformément au Protocole de Kyoto. Des données à résolution plus grossière pourront contribuer à la création d'une base de données pour la Méthode 1 ou 2 pour l'ensemble du pays ou pour des régions appropriées.

On peut également établir un inventaire complet en enquêtant auprès des propriétaires fonciers, lesquels devront fournir des données appropriées s'ils sont propriétaires de nombreuses parcelles. Mais cette méthode présente des problèmes inhérents, notamment l'obtention de données à des échelles plus petites que la taille de la parcelle, et la difficulté à obtenir une couverture complète, sans double comptage.

2.4.4 Outils de collecte de données

2.4.4.1 TECHNIQUES DE TELEDETECTION (TD)

Dans le présent contexte, les données télédéteçtées sont des données provenant de capteurs (optiques ou radars) à bord de satellites, ou de caméras à films optiques ou infrarouges, à bord d'avions. Le plus souvent, ces données sont classées pour fournir des estimations de la couverture terrestre et de sa superficie, et doivent être complétées par des données de relevés de terrain qui permettent d'estimer l'exactitude de la classification. La classification peut être effectuée par analyse visuelle des images ou des photos, ou par des méthodes numériques (informatiques). La télédétection est particulièrement intéressante en raison de sa capacité à fournir des données spatialement explicites et une couverture répétée, dont la possibilité de couverture de grandes superficies, ainsi que des zones éloignées, difficiles d'accès. De plus, les archives des données télédéteçtées couvrent plusieurs décennies et permettent de recréer des séries temporelles antérieures pour la couverture terrestre et l'utilisation des terres. La télédétection présente toutefois certaines difficultés, notamment le problème d'interprétation des images qui doivent être traduites en données utiles sur l'utilisation et la gestion des terres. En fonction des capteurs des satellites, la présence de nuages ou la diffusion atmosphérique peut gêner l'acquisition des données. Un autre problème, en particulier pour la comparaison des données à long terme, est lié à l'évolution des systèmes de télédétection. La télédétection est surtout utile pour l'estimation des superficies pour les catégories couverture terrestre/utilisation des terres et pour l'identification de superficies relativement homogènes qui peuvent guider le choix des méthodes d'échantillonnage et le nombre d'échantillons nécessaires. Pour des informations plus détaillées sur la télédétection et les statistiques spatiales, voir Cressie (1993) et Lillesand *et al.* (1999).

Types de données télédétectées

Les principaux types de données télédétectées sont 1) les photographies aériennes, 2) les images satellite utilisant des gammes visibles et/ou proches de l'infrarouge, et 3) les images satellite ou radar aéroporté (voir Tableau 5.7.2 pour les caractéristiques des principales plate-formes de télédétection). L'association de plusieurs types de données télédétectées (visibles/infrarouge et radar ; différentes résolutions spatiales ou spectrales ; etc.) peut être utile pour évaluer les catégories d'utilisation des terres ou des régions. Un système de télédétection complet pour l'étude des changements d'affectation des terres pourrait inclure de nombreuses combinaisons de capteurs et de types de données à diverses résolutions.

Les critères suivants sont importants pour le choix des données et des outils de télédétection :

- Système de classification d'utilisation des terres approprié ;
- Résolution spatiale appropriée (la plus petite unité spatiale pour l'évaluation des changements d'affectation des terres conformément au Protocole de Kyoto est 0,05 ha) ;
- Résolution temporelle appropriée pour l'estimation des changements d'utilisation des terres et des variations des stocks de carbone ;
- Possibilité d'évaluation de l'exactitude ;
- Application de méthodes transparentes pour l'acquisition et le traitement des données ; et
- Cohérence et disponibilité temporelle.

1. Photographies aériennes

L'analyse de photographies aériennes peut révéler des espèces et des structures forestières permettant de déterminer la répartition par âges et la santé des arbres (chutes d'aiguilles dans des forêts de conifères, chutes de feuilles et stress dans les forêts décidues). Dans l'analyse agricole, la télédétection peut mettre en évidence des espèces cultivées, le stress subi par les cultures, et le couvert arboré dans les systèmes agro-forestiers. L'unité spatiale minimale pour l'évaluation dépend du type de photographie aérienne utilisée, mais pour des outils standard est souvent d'un mètre carré.

2. Images satellite dans les longueurs d'onde visibles et proches infrarouge

L'emploi d'images satellite peut faciliter l'acquisition de données sur l'utilisation des terres et la couverture terrestre des grandes superficies (nationales ou régionales), si ces données ne sont pas disponibles autrement. On peut obtenir de longues séries temporelles de données pour la superficie étudiée en raison du passage continu et régulier du satellite au-dessus de celle-ci. Les images produisent en général une mosaïque détaillée de catégories distinctes, mais l'identification des catégories correctes de couverture terrestre/utilisation des terres exige en général des données de référence de terrain provenant de cartes ou de relevés de terrain. La plus petite unité identifiable dépend de la résolution spatiale du capteur et de l'échelle de l'étude. Les capteurs les plus courants ont une résolution spatiale de 20 à 30 mètres. Une résolution spatiale de 30 mètres, par exemple, permet l'identification d'unités de 1ha. Des données satellite à plus haute résolution sont aussi disponibles.

3. Images radar

Le système dit Radar à synthèse d'ouverture (RSO), fonctionnant à des fréquences micro-ondes, fournit le type de données radar le plus courant. Ce système présente l'avantage majeur de pouvoir pénétrer les nuages et la diffusion, et d'acquérir des données dans l'obscurité, et, dans de nombreuses régions à couverture nuageuse quasi permanente, peut constituer l'unique source fiable de données télédétectées. Grâce à l'utilisation de diverses parties du spectre et différentes polarisations, les systèmes RSO peuvent distinguer les catégories de couverture terrestre (forêt/non-forêt, par exemple), ou le pourcentage de biomasse de la végétation, en dépit de certaines limitations dues à l'effet de saturation si le pourcentage de biomasse est très important.

Données de référence de terrain

Pour pouvoir exploiter les données télédétectées, et en particulier pour associer la couverture terrestre et l'utilisation des terres, conformément aux bonnes pratiques, on devra compléter ces données par des données de référence de terrain (ou données de réalité de terrain). Ces données de référence de terrain peuvent être collectées séparément, ou provenir d'inventaires forestiers ou agricoles. Les utilisations des terres qui évoluent rapidement pendant la période d'estimation ou dont la couverture végétale est souvent classée incorrectement doivent être mieux vérifiées sur le terrain que les autres terres. On peut pour cela utiliser des données de référence de terrain, de préférence provenant de relevés effectués indépendamment ; des photographies à haute résolution peuvent aussi être utiles.

Intégration de la télédétection et du SIG

On fait souvent appel à l'interprétation visuelle d'images pour identifier des sites d'échantillonnage pour les inventaires forestiers. Mais, bien que simple et fiable, cette méthode exige beaucoup de ressources et doit donc être limitée à certaines zones ; de plus, elle peut faire l'objet d'interprétations subjectives.

L'utilisation optimale de la télédétection nécessite en général l'intégration de la couverture complète fournie par la télédétection et de mesures ponctuelles sur le terrain ou de données cartographiques pour représenter des terres

associées à des utilisations particulières dans l'espace et dans le temps. Le plus souvent, un Système d'information géographique (SIG) est le moyen le plus économique d'intégrer ces données.

Classification de la couverture terrestre à l'aide de données télédéteectées

La classification de la couverture terrestre à l'aide de données télédéteectées peut être faite par analyse visuelle ou numérique (informatique). Chaque méthode présente des avantages et des inconvénients. L'analyse visuelle des images permet aux utilisateurs de tirer leurs propres conclusions en évaluant les caractéristiques générales des images (analyse des aspects contextuels de l'image). D'un autre côté, la classification numérique permet des manipulations de données (regroupement de données spectrales, etc.) ce qui peut améliorer la modélisation des données de terrain biophysiques (diamètre des arbres, hauteur, surface terrière, biomasse, etc.). L'analyse numérique permet également le calcul immédiat des superficies associées aux différentes catégories de terres. En raison de l'évolution rapide de ce type d'analyse au cours des dix dernières années, et des progrès informatiques connexes, le matériel, les logiciels et les données satellite sont à présent facilement disponibles à des coûts raisonnables dans la plupart des pays, bien qu'il soit quelquefois nécessaire de confier l'exploitation de ces données à des organismes externes, en particulier pour la cartographie au niveau national.

Détection des changements d'affectation des terres par télédétection

La télédétection peut permettre de localiser les changements dans le secteur UTCATF. Les méthodes pour la détection des changements d'affectation des terres peuvent être classées en deux catégories (Singh, 1989) :

Détection des changements post-classification : Ce type de détection est basé sur l'existence de deux (ou plus) classifications de couverture terrestre/utilisation des terres prédéfinies à partir de différents points temporels, et de la détection de changements, en général par soustraction des ensembles de données. Les techniques sont simples mais extrêmement sensibles aux divergences d'interprétation et de classification des catégories de terres.

Détection des changements pré-classification : Méthodes biophysiques plus sophistiquées pour la détection des changements. Les différences entre les données spectrales obtenues pour deux (ou plus) points temporels sont comparées par des méthodes statistiques et ces différences sont utilisées pour fournir des informations sur les changements de la couverture terrestre/affectation des terres. Cette méthode est moins sensible aux divergences d'interprétation et peut détecter des changements beaucoup plus subtils que la méthode post-classification, mais son application est plus complexe et exige l'utilisation des données télédéteectées d'origine.

Évaluation de l'exactitude de la cartographie

Lorsqu'on utilise des cartes de la couverture terrestre/utilisation des terres, les *bonnes pratiques* consistent à vérifier leur fiabilité. Dans le cas de cartes établies à partir de la classification par données télédéteectées, cette fiabilité variera probablement selon les catégories de terres. Certaines catégories pourront avoir des caractéristiques d'identification uniques, mais d'autres risqueront d'être aisément confondues avec d'autres. Une forêt de conifères, par exemple, est souvent classée plus exactement qu'une forêt décidue en raison de ses caractéristiques de réflectance plus distinctes, alors qu'une forêt décidue risque davantage d'être confondue avec des prairies ou des terres cultivées. De même, il est souvent difficile d'évaluer avec précision des changements des pratiques de gestion des terres par télédétection. Il peut être difficile, par exemple, de détecter un changement entre un travail du sol classique et un travail de conservation du sol sur une superficie donnée.

En conséquence, les *bonnes pratiques* consisteront à estimer l'exactitude des cartes de couverture terrestre/utilisation des terres catégorie par catégorie. À l'aide de points échantillons sur la carte et de leurs catégories correspondantes réelles, on crée une matrice de confusion (Voir Méthode 3 ; note de bas de page 6) sur laquelle la diagonale indique la probabilité d'identification correcte, et les éléments extérieurs à la diagonale indiquent la probabilité relative de classification incorrecte d'une catégorie terrestre. Non seulement la matrice de confusion représente l'exactitude de la carte, mais elle permet également de déterminer les catégories qui risquent d'être aisément confondues avec d'autres. Une matrice de confusion permet d'obtenir un certain nombre d'indices d'exactitude (Congalton, 1991). Les *bonnes pratiques* consistent à estimer l'exactitude d'une carte de couverture terrestre/utilisation des terres catégorie par catégorie, à l'aide d'une matrice de confusion si on utilise des données télédéteectées. On peut aussi effectuer une analyse multi-temporelle (analyse d'images prises à des moments différents pour déterminer la stabilité de la classification de l'utilisation des terres) pour améliorer l'exactitude de la classification, en particulier si les données de réalité de terrain sont limitées.

2.4.4.2 RELEVÉS DE TERRAIN

Les relevés de terrains sont utiles pour la collecte et l'enregistrement de données sur l'utilisation des terres, et peuvent servir de données de réalité de terrain indépendantes pour la classification par télédétection. Avant le développement des techniques de télédétection telles que la photographie aérienne et l'imagerie satellite, les relevés de terrain constituaient l'unique outil cartographique disponible. Le relevé consiste à se rendre dans la zone étudiée et à enregistrer les attributs visibles et/ou autres attributs du paysage à des fins de cartographie. La numérisation des limites et la symbolisation des attributs permet d'établir des représentations graphiques et des

cartes historiques utiles pour les Systèmes d'information géographique (SIG). On fait appel pour cela à des protocoles sur les limites de superficies minimales et la catégorisation d'attributs associés à l'échelle de la carte et à son utilisation future.

Des instruments de topographie et de géodésie, tels que des théodolites, mètres-rubans, roues d'arpenteurs et dispositifs électroniques de mesures de distance, permettent d'effectuer des mesures très précises de la superficie et de l'emplacement. Suite au développement des systèmes GPS (Systèmes de positionnement global), ces données de terrain peuvent être enregistrées sur place directement, sous forme électronique, sur un ordinateur portable, puis téléchargées sur un ordinateur de bureau où elles seront stockées et coordonnées avec d'autres données pour une analyse spatiale.

Des entretiens avec des propriétaires fonciers et des questionnaires à leur intention permettent de collecter des données socio-économiques et des données sur la gestion des terres, ainsi que des données sur l'utilisation des terres et le changement d'affectation des terres. Avec cette méthode, l'organisme chargé de collecter les données est tributaire de l'information fournie par les propriétaires fonciers (ou les utilisateurs) pour ce qui est d'obtenir des données fiables. En général, un représentant de l'organisme chargé de collecter les données interroge le propriétaire (ou l'utilisateur) en personne et enregistre les données sous une forme pré-définie, ou envoie un questionnaire au propriétaire foncier. Les personnes interrogées sont invitées à utiliser toute documentation ou toute carte pertinente en leur possession, mais on peut également poser des questions précises pour obtenir des informations directement (Swanson *et al.*, 1997).

Les recensements sont probablement la méthode de collecte de données la plus ancienne (Darby, 1970). Ces recensements d'utilisateurs des terres peuvent être effectués pour la totalité de la population ou pour un échantillon de taille appropriée. Les recensements actuels font appel à un éventail de techniques de validation et d'évaluation de l'exactitude. Le recensement peut être effectué par visites, entretiens téléphoniques (souvent avec messages incitatifs informatisés) ou questionnaires par courrier électronique. Les recensements sur l'utilisation des terres débutent par l'énoncé des besoins de données sous forme de questions claires et simples invitant des réponses concises et précises. Les questions sont testées sur un échantillon de population pour vérifier leur compréhensibilité et identifier toute variation terminologique locale. Pour les applications échantillons, la totalité de la superficie étudiée est stratifiée spatialement par unités terrestres écologiques et/ou administratives appropriées, et par différences de catégories significatives au sein de la population (privé ou d'entreprise, grande ou petite, pâte ou bois d'œuvre, etc.). Pour les réponses relatives aux superficies et aux modes de gestion, la personne interrogée devra donner des informations sur la localisation géographique (coordonnées précises, description cadastrale ou, au minimum, unités écologiques ou administratives). Les résultats du recensement sont ensuite validés en recherchant les anomalies statistiques, par comparaison avec des sources de données indépendantes, en utilisant un échantillon de questionnaires de vérifications postérieures ou un échantillon d'enquêtes de vérifications sur place. Enfin, la présentation des résultats doit respecter les paramètres de stratification initiaux.

Appendice 2A.1 Exemples de méthodes dans des pays individuels

2A.1.1 Utilisation d'inventaires de ressources existants aux États-Unis (Méthodes 1, 2 et 3)

Aux États-Unis, l'Inventaire des ressources nationales (NRI) a pour but d'évaluer les ressources en sols, eau et autres ressources environnementales sur les terres non fédérales. (Nusser et Goebel, 1997 ; Fuller, 1999)⁸. Le NRI utilise des données provenant de plusieurs sources pour vérifier les estimations. Un Système d'information géographique (SIG) pour les États-Unis est utilisé pour enregistrer l'inventaire et inclut la superficie totale, la superficie du domaine hydrique, et les terres fédérales. Des données provenant d'autres sources, par exemple de bases de données sur les sols, et autres inventaires tels que l'Inventaire et analyse forestiers (FIA), peuvent être associées au NRI⁹. Le NRI et le FIA ont des techniques d'échantillonnage semblables, mais des objectifs différents qui nécessitent des grilles d'échantillonnage différentes, et les estimations des deux systèmes d'inventaire sont statistiquement indépendantes. Les données échantillonnées brutes peuvent cependant servir de point de départ pour la Méthode 3.

Les données (Voir Tableau 2A.1.1) permettent d'établir une matrice sur le changement d'affectation des terres (Méthode 2) qui illustre plusieurs caractéristiques significatives sur l'utilisation et le changement d'affectation des terres aux États-Unis. En premier lieu, on obtient le changement net d'affectation des terres en comparant le total pour 1997 au total pour 1992 pour chaque grande catégorie d'utilisation des terres. On constate, par exemple, une diminution de 2,1 millions d'hectares pour les terres cultivées entre 1992 et 1997, qui passent de 154,7 millions d'hectares à 152,6 millions d'hectares, alors que la superficie des parcours naturels et des forêts non fédérales est resté relativement stable. Une base de données de la Méthode 1 aurait aussi permis la mise en évidence de ces caractéristiques. Par ailleurs, la superficie totale des États-Unis est inchangée entre 1992 et 1997 (près de 800 millions d'hectares) et, par conséquent, toute augmentation de superficie dans une catégorie d'utilisation des terres doit être annulée par des diminutions de superficie dans d'autres catégories – ce qui peut être observé avec la Méthode 2.

Cependant, la structure de la Méthode 2 permet aussi aux données de décrire la dynamique du changement d'affectation des terres. Les éléments en diagonale et extérieurs à la diagonale du Tableau 2A.1.1 indiquent la superficie des terres qui sont restées dans une catégorie et celle de terres qui ont fait l'objet d'un changement d'affectation. Des mesures précises des changements d'affectation des terres (élément extérieurs à la diagonale) peuvent être extrêmement importantes pour l'estimation et la notification des stocks de carbone. Par exemple, la superficie totale des terres forestières non fédérales est restée relativement stable entre 1992 et 1997, avec une augmentation de 400 000 hectares. Mais les éléments de changement d'affectation des terres indiquent que 1,9 million d'hectares de terres forestières non fédérales ont été converties en établissements et 2,5 millions d'hectares de pâturages ont été convertis en terres forestières. Il peut donc être incorrect de conclure que de faibles changements d'affectation de la totalité des terres indiquent nécessairement de faibles variations des stocks de carbone, si la dynamique de l'utilisation des terres individuelles (conversions de terres forestières en établissements et de pâturages en forêts) est relativement importante.

	Finale	TC	CRP	PT	PR-NF	F-NF	AT(R)	E	DH / TF	Total 1997
Initiale										
Terres cultivées (TC)		146.8	0.9	3.5	0.8	0.3	0.3	--	--	152.6
CRP		0.8	12.3	--	--	--	--	--	--	13.2
Pâturages (PT)		3.7	0.3	43.2	0.3	0.8	0.3	--	--	48.6
Prairies (PR-NF)		0.6	0.1	0.6	162.3	0.5	0.2	--	--	164.4
Forêts (F-NF)		0.8	--	2.5	0.6	160.1	0.6	--	--	164.5
Autres terres (rurales) (AT)		0.7	--	0.4	0.3	0.4	18.9	--	--	20.7
Établissements (E)		1.2	--	0.8	0.5	1.9	0.2	35.2	--	39.8
Domaine hydrique et terres fédérales (DH/TF)		0.1	--	--	0.1	0.2	--	--	182.6	183.1
1992 Total		154.7	13.8	51.0	165	164.1	20.5	35.2	182.8	787.4

⁸ Le NRI est établi par le Service de conservation des ressources naturelles du ministère américain de l'Agriculture (USDA), en coopération avec le Laboratoire de statistiques de l'université d'État de l'Iowa. Des informations supplémentaires sur le NRI sont disponibles sur le site : <http://www.nhq.nrcs.usda.gov/technical/NRI/1997/>.

⁹ Le FIA est géré par le service de Recherche et développement du service forestier de l'USDA en coopération avec les Systèmes forestiers nationaux et Foresterie d'État et privée. Des informations sur le FIA sont disponibles sur le site : <http://fia.fs.fed.us/>.

Remarque : (i) Données fournies par NRI 1997 et excluant l'Alaska. (ii) NF = Non-Fédéral. Superficies en m. d'hectares. (iii) CRP indique les terres incluses dans le CRP. (iv) Certains totaux de lignes et colonnes ne sont pas toujours de 100% en raison d'erreurs d'arrondi.

2A.1.2 Utilisation de données agricoles pour les pampas argentines (Méthodes 1 et 2)

Des recensements agricoles nationaux incluant la totalité des exploitations agricoles dans les pampas argentines ont été effectués depuis 1881. La collecte de données sur l'utilisation des terres a été organisée au niveau des districts politiques dans les vingt-quatre provinces. Une étude sur les changements d'affectation des terres dans les pampas pendant un siècle d'évolution agricole a été publiée récemment (Viglizzo *et al.*, 2001). Des résultats ultérieurs indiquent que les pampas argentines ont représenté une source nette de gaz à effet de serre pendant la plus grande partie de cette période, suite à la conversion des prairies naturelles en pâturages et terres cultivées. Cependant, depuis 1960, les émissions tendent à diminuer en raison de l'adoption de techniques pour la conservation des sols, principalement des méthodes sans travail du sol ou avec travail limité (Bernardos *et al.*, 2001). Ces données peuvent être utilisées pour l'application de la Méthode 1 ou 2.

2A.1.3 Utilisation de données cadastrales en Chine (Méthode 1)

La Chine utilise les Méthodes 1 et 2 pour obtenir des données sur les changements d'affectation des terres, y compris des inventaires forestiers quinquennaux, des recensements agricoles et autres relevés. En particulier, la Chine met en oeuvre un système contractuel par foyers pour la reconversion des terres cultivées en forêts. Dans le cadre d'un système contractuel individuel, des tâches sont attribuées aux foyers qui reçoivent des subventions et sont propriétaires des arbres et autres végétaux qu'ils plantent. Le programme a pour objectif la plantation d'arbres sur 5 millions d'hectares environ entre 2000 et 2010. Les contrats de ce programme ont contribué à la création d'une base de données sur les changements spécifiques d'affectation des terres.

2A.1.4 Matrices d'utilisation des terres au Royaume-Uni (Méthodes 1, 2 et 3)

Au Royaume-Uni, des matrices de changement d'affectation des terres ont été établies à partir de données de relevés de terrain (Barr *et al.*, 1993, Haines-Young, 2000). Trois relevés ont été effectués, en 1984, 1990 et 1998. La superficie de chaque échantillon était d'1 km carré et 384 échantillons ont été utilisés en 1984 pour fournir un échantillonnage stratifié de 32 zones éco-climatiques. Ces échantillons ont fait l'objet de nouveaux relevés en 1990 et 1998, et environ 140 échantillons ont été ajoutés en 1990 et 50 en 1998 pour améliorer la couverture des zones éco-climatiques. Initialement, les catégories d'utilisation des terres/couverture terrestre utilisées étaient spécifiques au relevé, mais en 1998 d'autres catégories, utilisées par d'autres organismes au Royaume-Uni, ont été adoptées. Les données sauvegardées pour 1984 et 1990 ont été re-classifiées dans les nouvelles catégories. Des experts topographes se sont rendus sur chaque échantillon d'1 km, et, à partir de 560 cartes au 1:10^e, ont délimité des parcelles de couverture terrestre/utilisation des terres, numéroté les parcelles et enregistré des données pour chaque parcelle. Après numérisation des cartes, la superficie de chaque parcelle a été calculée à l'aide des données numériques. Lors de visites ultérieures, quelques années plus tard, les cartes numérisées, avec les anciennes limites de parcelles, ont constitué le point de départ pour l'enregistrement des changements sur les parcelles. On a donc collecté des données, non seulement pour les superficies des catégories de couverture terrestre/utilisation des terres pour chaque année d'échantillonnage, mais également pour les conversions intercatégories. Par la suite, des estimations régionales et nationales de la couverture terrestre/utilisation des terres et des changements d'affectation des terres ont été obtenues par la moyenne pondérée des échantillons par rapport à l'occurrence dans les zones éco-climatiques.

Des matrices CAT pour l'Angleterre, l'Écosse et le Pays de Galles entre 1984 et 1990 ont été établies pour un ensemble simplifié de catégories d'utilisation des terres (Terres agricoles, Terres naturelles, Terres urbaines, Terres boisées, Autres terres) et utilisées pour estimer les émissions et absorptions pour la Catégorie 5D (émissions et absorptions de CO₂ par les sols résultant des changements d'affectation des terres et de la gestion) de l'inventaire des gaz à effet de serre pour le Royaume-Uni. Un exemple figure au Tableau 2A.1.2.

1984	1990	TA	TN	TU	TB	AT	Total 1990
Terres agricoles (TA)		1 967	81	6	6	0	2 060
Terres naturelles (TN)		113	4 779	5	32	0	4 929
Terres urbaines (TU)		14	4	276	1	0	295
Terres boisées (TB)		9	77	1	981	0	1 068
Autres terres (AT)		0	0	0	0	141	141
Total 1984		2 103	4 941	288	1 020	141	8 493

Remarque : Les superficies sont en milliers d'hectares

L'incertitude de l'estimation de l'utilisation des terres et du changement d'affectation des terres pour les régions utilisant cette méthode d'échantillonnage a été décrite par Barr *et al.* (1993). Si la variation de l'utilisation des terres et du changement d'affectation des terres pour une région est connue ou peut être estimée par une valeur approximative, le nombre d'échantillons nécessaires pour un niveau de confiance spécifié pour la superficie totale régionale pour cette utilisation des terres et changements d'affectation des terres peut être estimé à partir de la théorie statistique (Cochran, 1977).

2A.1.5 Exemple néo-zélandais de mise en oeuvre de la base de données sur l'utilisation des terres/la couverture terrestre obtenue par télédétection (Méthode 3)

La première base de données néo-zélandaise sur l'utilisation des terres/la couverture terrestre (NZLCDB) a été établie en juin 2000 à partir d'images satellite acquises principalement pendant l'été 1996/97. La Nouvelle-Zélande a estimé que cinq ans était une échelle temporelle appropriée pour la détection de changements significatifs de la couverture terrestre. Les données sont fournies essentiellement par le capteur Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (7 ETM+), complétées, au besoin, par des données auxiliaires fournies par le *Système probatoire d'observation de la terre* (SPOT). L'acquisition et les analyses d'images ont commencé en 2001/02 et se poursuivront jusqu'en 2003/04 en vue de la création de NZLCDB2, dans le cadre du programme décrit ci-dessous.

Le coût de la Base de données sur la couverture terrestre 2 [Land-Cover Database 2] (NZLCDB2) est de l'ordre d'1,5 million de dollars américains pour 270 000 km², soit 5,6 dollars américains par km² ; cette base de données fournira :

- Un ensemble complet d'images satellite multispectres et orthorectifiées couvrant la Nouvelle-Zélande, et ayant une résolution spatiale de 15 m ;
- Une carte SIG numérique NZLCDB1 révisée des catégories de couverture terrestre, identification de la classification et correction des erreurs de généralisation ;
- Une nouvelle carte SIG numérique NZLCDB2 des catégories de couverture terrestre compatibles avec les « catégories apparentées » de NZLCDB1 ;
- Une carte SIG numérique présentant les changements identifiés de la couverture terrestre pour la Nouvelle-Zélande, à l'unité cartographique minimum de 1 ha ; et
- Une évaluation de l'exactitude de NZLCDB2, y compris une matrice d'erreurs pour estimer la qualité des données spatialement et par catégorie.

Une description plus complète du projet de Base de données sur la couverture terrestre de la Nouvelle-Zélande, qui sera mise à jour au fur et à mesure de l'évolution du projet, est disponible sur le site Internet <http://www.mfe.govt.nz/issues/land/land-cover-dbase/index.html>. Les stades d'élaboration de la base de données sont indiqués à la Figure 2A.1.1.

2A.1.6 Base de données multi-temporelle Landsat australienne pour la comptabilisation du carbone (Méthode 3)

L'Australian Greenhouse Office (AGO), par la voie de son Système national de comptabilisation du carbone (NCAS), a établi un programme de télédétection multi-temporel national qui est un exemple de Méthode 3, bien que son objectif principal soit l'identification des superficies des terres ayant subi des changements de couverture forestière et non une cartographie complète de l'utilisation des terres. A partir de données provenant du satellite Landsat pour douze passages nationaux entre 1972 et 2002, l'état de la couverture forestière d'unités terrestres a été étudié dans le temps, à une résolution de plus d'un hectare. Initialement, une mosaïque d'images individuelles (ou scènes) a été créée en 2000 pour l'ensemble du continent (369 scènes) et constitue un ensemble de données de base auxquelles d'autres séries temporelles ont été associées.

Une résolution géographique cohérente et un calibrage spectral des données satellite permettent une analyse statistique objective pour une unité terrestre individuelle (pixel) dans le temps. Les méthodes d'analyse ont été développées par des experts dans le domaine de la télédétection, spécialisés dans l'interprétation de la végétation australienne (Furby, 2002) et ont été affinées après deux séries de tests pilotes (Furby et Woodgate, 2002). Les tests ont également permis de former des fournisseurs du secteur privé qui, par la suite, ont pu répondre à des appels d'offres pour ces travaux.

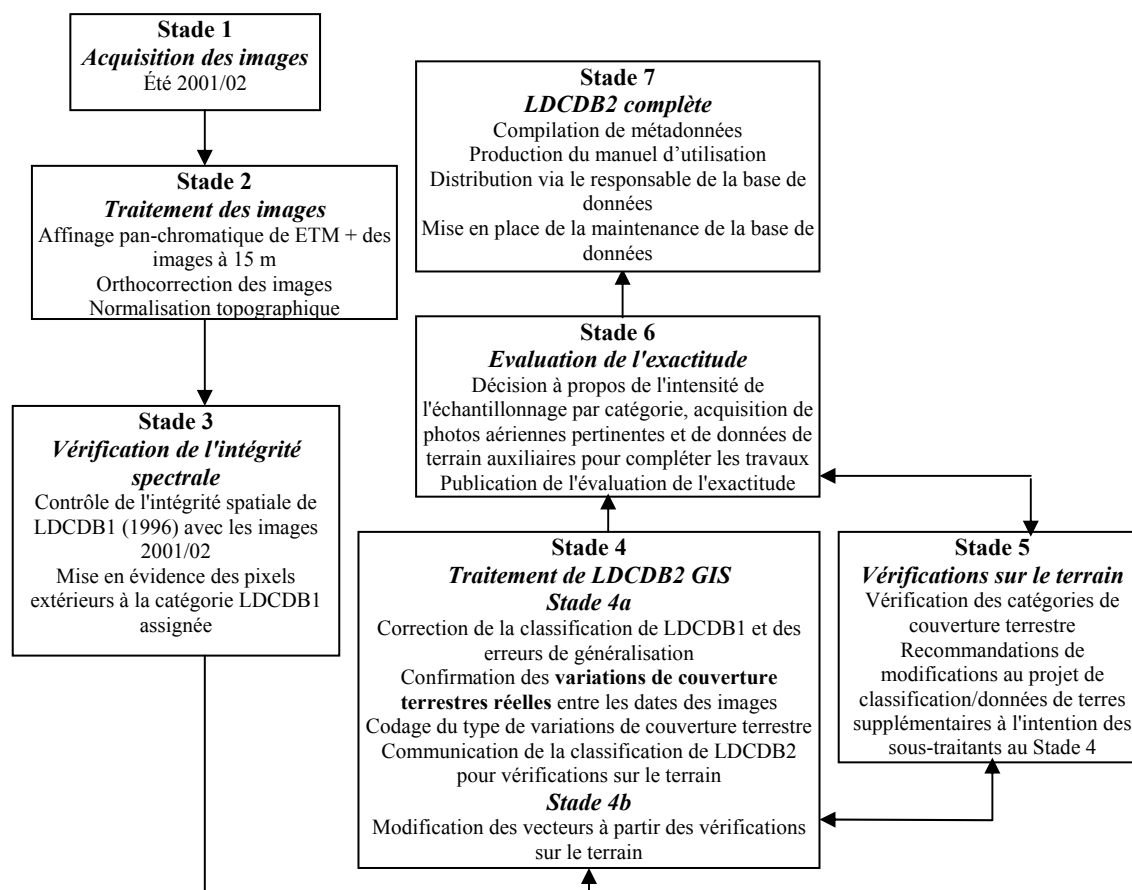
Outre une méthodologie et des normes d'exécution extrêmement prescriptives, un programme indépendant d'assurance de la qualité a été mis en oeuvre pour assurer un niveau de qualité cohérent. De plus, un programme d'amélioration et de vérification continue contrôle la qualité des résultats et présente des recommandations pour de futures améliorations. La méthodologie fait appel à une méthode de probabilité conditionnelle, ce qui facilite l'amélioration de la série temporelle complète.

L'efficacité des méthodes de traitement développées pour le programme a permis d'ajouter de nouveaux passages nationaux aux séries temporelles à un coût approximatif d'un demi million de dollars américains.

Les données sur les changements de la couverture forestière sont intégrées dans un modèle de cycle de carbone/azote exploité spatialement depuis un Système d'information géographique, ce qui facilite la comptabilisation du carbone pour ce secteur.

Des informations supplémentaires sont disponibles dans des Rapports techniques du NCAS sur le site AGO : <http://www.greenhouse.gov.au/ncas>

Figure 2A.1.1 Stades d'élaboration des bases de données sur la couverture terrestre de la Nouvelle-Zélande



APPENDICE 2A.2 Exemples d'ensembles de données internationales sur la couverture terrestre

EXEMPLES D'ENSEMBLES DE DONNEES INTERNATIONALES SUR LA COUVERTURE TERRESTRE				
Nom de l'ensemble de données	AARS Global 4-Minute Land Cover	IGBP-DIS Global 1km Land Cover Data Set	Global Land Cover Dataset	Global Land Cover Dataset
Auteur	Center for Environmental Remote Sensing, Université de Chiba	PIGB /DIS	USGS, États-Unis	GLCF (Global Land Cover Facility)
Brève description du contenu	Les catégories de couverture terrestre sont identifiées par regroupement de données mensuelles NOAA AVHRR.	Cette classification est obtenue à partir de données 1 km du Radiomètre évolué à très haute résolution (AVHRR) et de données auxiliaires.	L'ensemble de données est obtenu à partir d'une structure flexible de base de données et de principes régionaux de couverture terrestre saisonnière	Des mesures décrivant la dynamique temporelle de la végétation ont été appliquées aux données 1984 PAL à une résolution de 8 km pour obtenir une classification de couverture terrestre mondiale avec diagramme décisionnel.
Type de classification	Application de la classification d'origine. Compatible avec la classification PIGB/DIS [Système d'information et de données].	Comprend 17 catégories.	Utilisation de conclusions convergentes pour déterminer le type de couverture terrestre pour chaque catégorie de couverture terrestre saisonnière.	La classification a été établie à l'aide de tests de mesures décrivant la dynamique temporelle de la végétation au cours d'un cycle annuel.
Format des données (vectorielles/maillées)	Maillées	Maillées	Maillées	Maillées
Couverture spatiale	Mondiale	Mondiale	Mondiale	Mondiale
Année d'acquisition des données	1990	1992-1993	Avril 1992 - Mars 1993	1987
Résolution spatiale ou taille de grille	4 min x 4 min.	1 km x 1 km	1 km x 1 km	8 km x 8 km
Intervalle de révision (pour les ensembles de données de séries temporelles)	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet
Description de la qualité	Comparaison des données de réalité de terrain et de l'ensemble de données.	Utilisation d'images satellite haute résolution pour la validation statistique de l'ensemble de données.	Exactitude du point d'échantillon : 59,4 pour cent. Exactitude pondérée par superficie : 66,9 pour cent (Scepan, 1999).	Pas de description
Adresse à contacter et URL de référence	tateishi@rsirc.cr.chiba-u.ac.jp http://ceres.cr.chiba-u.ac.jp:8080/usr-dir/you/ICHP/index.html	alan.belward@jrc.it http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/igbp-dis/frame/coreprojects/index.html	icac@usgs.govhttp://edcdaac.usgs.gov/glcc/globe_int.html.	http://glcf.umiacs.umd.edu/data.html

Exemples d'ensembles de données internationales de couverture terrestre (Suite)				
Nom de l'ensemble de données	1° Land Cover Map from AVHRR	Base de données sur la couverture terrestre CORINE (CLC)	Digital Chart of the World	Global Map
Auteur	Dr. Ruth DeFries Université du Maryland à College Park, États-Unis	Agence européenne pour l'environnement	Produits ESRI [Institut de recherche pour l'environnement]	Produit par des organisations de cartographie nationales, et compilé par le Comité directeur international de la cartographie mondiale (ISCGM).
Brève description du contenu	L'ensemble de données décrit les distributions géographiques de onze grands types de couverture à partir des variations interannuelles des indices différentiels normalisés de végétation (NDVI).	Fournit un inventaire pan-européen de la couverture terrestre biophysique. La couverture terrestre CORINE est une base de données clé pour l'évaluation environnementale intégrée.	Carte de base mondiale des côtes, limites, couverture terrestre, etc. Contient plus de 200 attributs disposés en 17 couches thématiques avec annotations pour les caractéristiques géographiques.	Information géographique numérique à résolution de 1 km couvrant la totalité des terres avec des spécifications standardisées et disponible au public à un coût marginal.
Type de classification	Carte numérique comprenant 13 catégories	Utilise une nomenclature à 44 catégories.	8 caractéristiques sur l'agriculture/l'extraction et 7 caractéristiques sur la couverture de surface.	Se reporter à http://www.iscgm.org/gm-specifications11.pdf
Format des données (vectorielles/maillées)	Maillées	Maillées	Polygones vectoriels	Données maillées et vectorielles
Couverture spatiale	Mondial	Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Italie, Luxembourg, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, certaines parties du Maroc et de la Tunisie.	Couverture mondiale	Pays participants (90)
Année d'acquisition des données	1987	Selon le pays (couverture temporelle générale approximativement 1985-95)	Basé sur des cartes de navigation opérationnelle (ONC) de l'US Defense Mapping Agency. Période 1970-80. Référence à la couche de date de compilation.	Selon les pays participants.
Résolution spatiale ou taille de grille	1 x 1 degré	Base de données à grille 250 m x 250 m regroupées à partir des données vectorielles d'origine au 1 100 000e.	Échelle 1 1000 000°	Mailles 1 km x 1 km
Intervalles de révision (pour les ensembles de données de séries temporelles)	Sans objet	Projet de mise à jour Couverture terrestre CORINE (CLC) 2000 pour la mise à jour par rapport aux données des années 1990	Sans objet	Tous les cinq ans environ
Description de la qualité	Pas de description	Pas d'information spécifique disponible. Pour des informations nationales, se reporter à http://dataservice.eea.eu.int/dataservice/other/land_cover/lcsource.asp	Des informations sur la qualité des données existent à trois niveaux dans la base de données : caractéristique, couche et source.	Se reporter à http://www.iscgm.org/gm-specifications11.pdf .
Adresse à contacter et URL de référence	landcov@geog.umd.edu http://www.geog.umd.edu/landcover/1d-map.html	dataservice@eea.eu.int http://dataservice.eea.eu.int/dataservice/metadetails.asp?Tableau=couverture terrestre et i=1	http://www.esri.com/data/index.html	sec@iscgm.org http://www.iscgm.org/

Références

- Barr C.J., Bunce R.G.H., Clarke R.T., Furse M.T., Gillespie M.K., Groom G.G., Hallam C.J., Hornung M., Howard D.C. et Ness M.J. (1993). *Countryside Survey 1990, Main Report*. Département de l'environnement, Londres.
- Bernardos J.N., Viglizzo E.F., Jouvet V., Lértora F.A., Pordomingo S.J., et Aid F.D. (2001). The Use of EPIC Model to Study the Agroecological Change During 93 Years of Farming Transformation in the Argentine Pampas. *Agricultural Systems*, 69 : pp. 215-234.
- Cochran W.G. (1977). *Sampling Techniques*. J. Wiley and Sons, New York, Etats-Unis, 428 p. : p. 9.
- Congalton R.G. (1991). A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. *Remote Sensing of Environment*, 37(1) : pp. 35-46.
- Cressie N.A.C. (1993). *Statistics for Spatial Data*. John Wiley and Sons, New York, États-Unis.
- Darby H.C. (1970). Doomsday Book : The First Land Utilization Survey. *The Geographical Magazine*, 42(6) : pp. 416-423.
- Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) (1986). *Programme for the 1990 World Census of Agriculture*. FAO Statistical Development Series 2, FAO, Rome, Italie : 90 pp.
- Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) (1995). *Planning for Sustainable Use of Land Resources : Towards a New Approach*. Land and Water Bulletin 2, FAO, Rome, Italie : 60 pp.
- Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) (2002) *Proceedings of Expert Meeting on Harmonizing Forest-related Definitions for Use by Various Stakeholders*. FAO, Rome, Italie. Disponible auprès de : <http://www.fao.org/forestry/fop/fopw/Climate/doc/Y3431E.pdf>
- Fuller W.A. (1999). *Estimation Procedures for the United States National Resources Inventory, 1999. Proceedings of the Survey Methods Section, Statistical Society of Canada*. Disponible auprès de : http://www.nhq.nrcs.usda.gov/NRI/1997/stat_estimate.htm.
- Furby S. (2002). *Land Cover Change : Specification for Remote Sensing Analysis*. National Carbon Accounting System Technical Report No. 9, Australian Greenhouse Office, Canberra, Australie : 402 pp.
- Furby S. et Woodgate P. (éds) (2002). *Remote Sensing Analysis of Land Cover Change : Pilot Testing of Techniques*. National Carbon Accounting System Technical Report No. 16, Australian Greenhouse Office, Canberra, Australie : 354 pp.
- Haines-Young R.H. et 23 autres (2000). *Accounting for Nature : Assessing Habitats in the UK Countryside*. Department of the Environment, Transport and the Regions, Londres. ISBN 1 85112 460 8.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (2000b). Watson R., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath, N.H., Verardo D.J., et Dokken D.J. (éds). *Land use, Land-Use Change, and Forestry : A Special Report*. Cambridge University Press. Cambridge, Royaume-Uni.
- Lillesand T.M. et Kiefer R. W., (1999). *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley and Sons, New York, États-Unis, 2,29
- Nusser S.M. et Goebel J.J. (1997). The National Resources Inventory : A Long-Term Multi-Resource Monitoring Programme. *Environmental and Ecological Statistics*, 4 : pp. 181-204.
- Singh A. (1989). Digital Change Detection Techniques Using Remotely Sensed Data. *Int. J. Remote Sensing*, 10(6) : pp. 989-1003.
- Swanson B.E., Bentz R.P., et Sofranco, A.J. (éds) (1997). *Improving Agricultural Extension : A Reference Manual*. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie.
- USGS (2001). http://edcdaac.usgs.gov/glcc/globe_int.html
- Viglizzo E.F., Lértora F., Pordomingo S.J., Bernardos J.N., Roberto Z.E. et Del Valle H. (2001). Ecological Lessons and Applications from one Century of Low External-Input Farming in the Pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 83 : pp. 65-81.