

## **CHAPITRE 3**

---

# **REPRESENTATION COHERENTE DES TERRES**

## **Auteurs**

Kathryn Bickel (États-Unis) et Gary Richards (Australie)

Michael Köhl (Allemagne) et Ricardo Leonardo Vianna Rodrigues (Brésil)

## **Auteur contributeur**

Goran Stahl (Suède)

## Table des matières

3	Représentation cohérente des terres.....	3.5
3.1	Introduction .....	3.5
3.2	Catégories d'affectation des terres.....	3.6
3.3	Représentation des superficies d'affectation des terres .....	3.9
3.3.1	Trois approches .....	3.11
	Approche 1 : Superficie totale d'affectation des terres, pas de données sur les conversions entre affectations des terres.....	3.11
	Approche 2 : Superficie totale d'affectation des terres, y compris changements entre catégories.....	3.14
	Approche 3 : Données de conversions d'affectation des terres spatialement explicites .....	3.15
3.3.2	Utilisation des données .....	3.15
3.3.2.1	Stratification des données d'affectation des terres.....	3.18
3.3.2.2	Préparation des données sur les superficies pour l'estimation des émissions et absorptions .....	3.20
3.4	Correspondance entre les superficies de terres et les facteurs d'estimation des émissions et absorptions de gaz à effet de serre .....	3.20
3.5	Incertitudes associées aux approches.....	3.21
	Annexe 3A.1 Exemples d'ensembles de données internationales sur la couverture terrestre .....	3.23
	Annexe 3A.2 Élaboration de bases de données sur l'affectation des terres.....	3.27
3A.2.1	Utilisation de données préparées à d'autres fins .....	3.27
3A.2.2	Collecte de nouvelles données par échantillonnage.....	3.28
3A.2.3	Collecte de nouvelles données dans des inventaires complets.....	3.28
3A.2.4	Outils de collecte des données .....	3.28
	Annexe 3A.3 Échantillonnage.....	3.33
3A.3.1	Introduction.....	3.33
3A.3.2	Vue d'ensemble des principes d'échantillonnage .....	3.33
3A.3.3	Conception de l'échantillonnage.....	3.34
3A.3.4	méthodes d'échantillonnage pour l'estimation des superficies .....	3.36
3A.3.5	Estimation de la superficie au moyen des proportions.....	3.37
3A.3.6	Estimation directe de la superficie .....	3.37
	Annexe 3A.4 Aperçu des méthodes potentielles d'élaboration d'ensembles de données d'approche 3.....	3.39
	Annexe 3A.5 Classification des climats et des sols par défaut.....	3.42
	Références.....	3.47

## Figures

Figure 3.1	Diagramme décisionnel de préparation des données de superficies d'affectation des terres ....	3.19
Figure 3A.3.1	Principes de l'échantillonnage .....	3.33
Figure 3A.3.2	Disposition de parcelles aléatoire simple (gauche) et systématique (droite).....	3.35
Figure 3A.3.3	Utilisation de différentes conceptions d'échantillonnage (unités permanentes et temporaires) pour l'estimation des variations .....	3.36
Figure 3A.4.1	Vue d'ensemble de l'approche 3 : évaluations directes et répétées des affectations des terres à partir d'une couverture spatiale complète .....	3.39
Figure 3A.5.1	Délimitation des principales zones climatiques, mises à jour à partir des <i>Lignes directrices du GIEC</i> .....	3.43
Figure 3A.5.2	Système de classification pour les régions climatiques par défaut. La classification se base sur l'élévation, la température annuelle moyenne (TAM), les précipitations annuelles moyennes (PAM), le rapport précipitations annuelles/taux potentiel d'évapotranspiration (PAM:TPE), et les occurrences du gel.....	3.44
Figure 3A.5.3	Système de classification des types de sols minéraux, en fonction de la nomenclature USDA	3.45
Figure 3A.5.4	Système de classification des types de sols minéraux en fonction de la nomenclature de la Base de référence sur les ressources en sols du monde (WRB).....	3.46

## Tableaux

Tableau 3.1	Exemple de stratifications avec données justificatrices pour des méthodes de niveau 1 d'estimation des émissions.....	3.9
Tableau 3.2	Exemple d'approche 1: données d'affectation des terres disponibles avec couverture nationale complète.....	3.13
Tableau 3.3	Exemple indicatif de stratification des données à l'approche 1.....	3.14
Tableau 3.4	Exemple indicatif de tabulation pour toutes les conversions d'affectation des terres à l'approche 2 y compris des strates définies nationalement.....	3.16
Tableau 3.5	Exemple indicatif de données d'approche 2 dans une matrice de conversion d'affectation des terres avec stratification des catégories.....	3.17
Tableau 3.6	Matrice simplifiée de conversion d'affectation des terres pour un exemple d'approche 2 .....	3.17
Tableau 3.7	Résumé des incertitudes liées aux méthodes 1 à 3 .....	3.22
Tableau 3A.1.1	Exemples d'ensembles de données internationales sur la couverture terrestre.....	3.23
Tableau 3A.3.1	Exemple d'estimation de la superficie au moyen de proportions.....	3.37

## 3 REPRESENTATION COHERENTE DES TERRES

### 3.1 INTRODUCTION

Pour effectuer l'estimation des stocks de carbone et des émissions et absorptions de gaz à effet de serre associées aux activités d'agriculture, de foresterie et autres affectations des terres (AFAT), il faut compiler différentes informations relatives à la nomenclature, des données sur les superficies et des échantillons capables de représenter les différentes catégories d'affectation des terres. Le présent chapitre propose des recommandations destinées à promouvoir une utilisation aussi appropriée et cohérente que possible des différents types de données permettant de représenter les catégories d'affectation des terres et les conversions entre les catégories d'affectation des terres, lors du calcul des inventaires.

Différents pays utilisent diverses méthodes d'obtention des données, notamment des recensements annuels, des enquêtes périodiques et la télédétection. Toutes ces méthodes de collecte de données fournissent différentes sortes d'informations (par exemple, des cartes ou des tableaux), à des fréquences différentes et aux caractéristiques diverses. Les présentes recommandations concernent l'emploi de trois approches génériques.

L'approche 1 identifie la superficie totale de toutes les catégories d'affectation des terres individuelles d'un pays, mais ne fournit pas de détails sur la nature des conversions entre les affectations des terres. L'approche 2 présente une méthode de suivi des conversions entre les catégories d'affectation des terres. L'approche 3 permet d'étendre le champ des informations tirées de l'approche 2 en suivant les conversions des affectations des terres sur une base spatialement explicite. Les pays pourront utiliser un mélange de ces trois approches pour différentes régions dans le temps.

Les recommandations présentées ici ont pour objectif d'aider les pays à utiliser le mieux possible les données disponibles, et par là à réduire autant que faire se peut la présence de doubles comptages et d'omissions. Les recommandations permettent aux compilateurs d'inventaires de prendre des décisions justifiées sur l'utilisation appropriée de différents types de données sur les gaz à effet de serre, mais ne sont aucunement prescriptives en matière de méthodes de collecte des données. En général, toutes les données doivent être :

- Adéquates, c'est-à-dire capables de représenter les catégories d'affectation des terres et les conversions entre catégories d'affectation des terres nécessaires à l'estimation des variations des stocks de carbone et des émissions et absorptions de gaz à effet de serre ;
- Cohérentes, c'est-à-dire capables de représenter les catégories d'affectation des terres de manière cohérente dans le temps, sans être indûment affectées par des discontinuités artificielles dans les données des séries temporelles ;
- Complètes, c'est-à-dire que toutes les terres d'un pays doivent être incluses, avec des augmentations sur certaines superficies équilibrées par des diminutions sur d'autres, et prenant en compte la stratification biophysique des terres si nécessaire (telle que justifiée par les données) pour l'estimation et la notification des émissions et absorptions de gaz à effet de serre ; et
- Transparentes, c'est-à-dire que les sources des données, les définitions, les méthodologies et les hypothèses doivent être clairement présentées.

Les descriptions des affectations des terres suivent le cadre suivant :

- Catégorie d'affectation des terres : grande catégorie d'affectation des terres (l'une des six catégories d'affectation des terres décrite ci-dessous) notifiée soit en tant que terre restant dans la même catégorie d'affectation des terres (c'est-à-dire conservant la même affectation pendant toute la série temporelle de l'inventaire), soit en tant que terre convertie à une autre catégorie d'affectation des terres (représentant un changement d'affectation des terres) ;
- Sous-catégorie : se réfère à des circonstances particulières (par exemple, zones de pacage dans des terres forestières) qui sont estimées et notifiées séparément mais ne dupliquent pas les terres de la grande catégorie d'affectation des terres ;
- Les catégories d'affectation des terres et les sous-catégories peuvent être *stratifiées* plus avant sur la base de pratiques d'affectation des terres et de caractéristiques biophysiques, afin de créer des unités spatiales plus homogènes pouvant être utilisées pour l'estimation des émissions (voir des exemples au tableau 3.1).

## 3.2 CATEGORIES D'AFFECTATION DES TERRES

Les six grandes catégories d'affectation des terres décrites ci-dessous forment la base des estimations des émissions et absorptions de gaz à effet de serre des affectations des terres et des conversions des affectations des terres, et de l'établissement de rapports relatifs à celles-ci. Les affectations des terres peuvent être considérées comme des catégories de haut niveau permettant de représenter les superficies d'affectation des terres, avec des sous-catégories décrivant les circonstances particulières significatives en matière d'estimation des émissions, lorsque les données sont disponibles. Les catégories sont assez grandes pour permettre une classification de toutes les superficies de terres dans la plupart des pays et pour prendre en compte les différences en matière de classification des affectations de terres dans les pays ; en outre elles sont faciles à stratifier (par exemple par climat ou zone écologique). Les catégories (et sous-catégories) doivent être identifiées à l'aide des **approches** à la représentation des données des superficies d'affectation des terres décrites dans les sections suivantes.

Les définitions des catégories d'affectation des terres peuvent incorporer les types de couverture terrestre, être basées sur l'affectation des terres, ou faire un mélange des deux. Une attention particulière devra être apportée à la déduction des affectations des terres à partir des caractéristiques de la couverture terrestre, et *vice-versa*. Par exemple, dans certains pays de grandes superficies appartenant à la catégorie terres forestières peuvent être utilisées pour le pacage, et dans la catégorie prairies, du bois de chauffage peut être ramassé sur des arbres éparpillés. Dans certains pays, ces superficies à utilisation diverse peuvent être assez importantes pour qu'on les prenne en compte séparément, en tant que sous-catégories supplémentaires. Les pays devront s'assurer que les terres ne sont pas comptabilisées dans plus d'une catégorie ou sous-catégorie, afin d'éviter tout double-comptage des superficies.

À toutes fins pratiques, les catégories sont nommées catégories d'affectation des terres. Ces catégories particulières ont été sélectionnées parce qu'elles sont :

- Robustes en tant que base pour l'estimation des émissions et absorptions ;
- Exécutables ; et
- Exhaustives, puisque toutes les superficies d'un pays peuvent être classifiées à l'aide de ces catégories, sans duplication.

Les pays utiliseront leurs propres définitions de ces catégories, lesquelles correspondront ou non aux définitions acceptées de par le monde, comme celles de la FAO, Ramsar<sup>1</sup>, etc. Seules des définitions vastes et non prescriptives sont fournies pour les catégories d'affectation des terres et les terres gérées et non gérées. Les pays devront présenter leurs définitions des territoires nationaux et les appliquer de manière cohérente dans le temps.

Ils devront aussi décrire les méthodes et définitions utilisées pour déterminer les superficies de terres gérées et non gérées. Les terres gérées sont les terres subissant interventions et pratiques humaines à des fins productives, écologiques ou sociales. Toutes les définitions et classifications de terres doivent être spécifiées au niveau national, décrites avec transparence et appliquées de manière cohérente dans le temps. Les émissions/absorptions de gaz à effet de serre dues à des terres non gérées ne sont pas incluses dans les rapports. Toutefois, on considère comme *bonne pratique* que les pays quantifient et suivent dans le temps les zones de terres non gérées à des fins de cohérence pour le décompte des zones lors des changements d'affectation des terres.

Quant à la résolution des affectations des terres nationales, la cartographie peut être plus grossière que les définitions utilisées pour décrire les catégories d'affectation des terres (par exemple lorsque la définition des forêts telle qu'appliquée par un pays inclut une superficie minimum d'un hectare, alors que la taille minimum des unités cartographiques disponible pour l'affectation des terres est de cinq hectares) ; on pourra alors avoir des petites superficies (non identifiées) d'une catégorie d'affectation des terres notifiées dans une autre. Ces petites superficies pourront être notifiées dans l'affectation des terres cartographiée lorsqu'elles restent dans la même catégorie. Si elles sont converties à une autre catégorie d'affectation des terres (par exemple une petite superficie de terre forestière convertie en une autre affectation des terres est identifiée dans la superficie précédemment cartographiée comme terre cultivée) et si l'identification en a été faite (par exemple *via* une demande d'autorisation relative à la nouvelle activité), elles devront alors être notifiées dans la conversion d'affectation des terres appropriée (soit, terres forestières converties en une autre affectation des terres spécifiée) et retirées de la catégorie d'affectation des terres restante (précédemment mal classifiée).

<sup>1</sup> Se réfère à la Convention de Ramsar sur les terres humides. La Convention sur les terres humides, signée à Ramsar, Iran, en 1971, est un traité intergouvernemental qui fournit un cadre de travail d'action nationale et de coopération internationale pour la conservation et l'utilisation réfléchie des terres humides et de leurs ressources.

Les catégories d'affectation des terres pour l'inventaire des gaz à effet de serre sont les suivantes :

**(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. Elle inclut également les systèmes dont la structure végétale est actuellement inférieure aux seuils de la catégorie des terres forestières utilisés par le pays, mais qui pourrait potentiellement les dépasser.

**(ii) Terres cultivées**

Cette catégorie inclut les terres cultivées, y compris les rizières et les systèmes agro-forestiers dont la structure végétale n'atteint pas les seuils utilisés pour la catégorie terres forestières.

**(iii) Prairies**

Cette catégorie inclut les parcours et les pâturages qui ne sont pas considérés comme des terres cultivées. Elle inclut également des systèmes à végétation ligneuse et autre végétation non herbacée telle que les herbes et les broussailles dont le seuil est inférieur aux valeurs utilisées pour la catégorie terres forestières. La catégorie inclut également toutes les prairies, depuis les terrains en friche jusqu'aux espaces récréatifs, ainsi que les systèmes agricoles et sylvopastoraux, conformément aux définitions nationales.

**(iv) Terres humides**

Cette catégorie inclut les zones d'extraction de la tourbe et les terres couvertes ou saturées d'eau pendant la totalité ou une partie de l'année (par exemple, tourbières) et qui n'entrent pas dans les catégories des terres forestières, terres cultivées, prairies ou établissements. Elle inclut les réservoirs en tant que subdivision exploitée et les lacs et rivières naturels en tant que subdivisions 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 terres**

Cette catégorie inclut les sols dénudés, les roches, les glaces et toutes les superficies terrestres 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. Lorsque les données sont disponibles, on encourage les pays à classer les terres non gérées en fonction des catégories d'affectation des terres ci-dessus (par exemple vers des terres forestières non gérées, prairies non gérées, et terres humides non gérées). Ceci permettra d'améliorer la transparence et de mieux suivre les conversions d'affectation des terres à partir de types spécifiques de terres non gérées vers l'une des catégories ci-dessus.

## CONVERSIONS D'AFFECTION DES TERRES

Pour bien suivre les recommandations, il faut estimer les conversions d'affectation des terres qui ont lieu entre les collectes de données, notamment lorsque différentes estimations des stocks de carbone et différents facteurs d'émissions et d'absorptions sont associés aux terres avant et après la transition. Les affectations des terres et les conversions d'affectation des terres applicables sont présentées ci-dessous :

<b>FF</b>	<b>= Terres forestières restant terres forestières</b>	<b>TF</b>	<b>= Terres converties en terres forestières</b>
<b>PP</b>	<b>= Prairies restant prairies</b>	<b>TP</b>	<b>= Terres converties en prairies</b>
<b>CC</b>	<b>= Terres cultivées restant terres cultivées</b>	<b>TC</b>	<b>= Terres converties en terres cultivées</b>
<b>HH</b>	<b>= Terres humides restant terres humides</b>	<b>TH</b>	<b>= Terres converties en terres humides</b>
<b>EE</b>	<b>= Établissements restant établissements</b>	<b>TE</b>	<b>= Terres converties en établissements</b>
<b>AA</b>	<b>= Autres terres restant autres terres</b>	<b>TA</b>	<b>= Terres converties en autres terres</b>

Lorsqu'un pays dispose de données détaillées sur l'origine de la terre convertie en une catégorie (ce qui dépend de l'approche disponible au pays pour la représentation des superficies de terres), il pourra spécifier la conversion d'affectation des terres. Par exemple, TC peut être subdivisé en terres forestières converties en terres cultivées (FC) et prairies converties en terres cultivées (PC). Et si les deux superficies finissent dans la catégorie terres cultivées, leurs différences en matière d'émissions et d'absorptions de gaz à effet de serre dues à leurs origines doivent être représentées et notifiées autant que faire se peut. Les pays appliquant ces conversions de catégories d'affectation des terres doivent classer les superficies dans une seule catégorie (d'affectation des terres finale) afin de prévenir tout double comptage. La catégorie lors de l'établissement du rapport est donc la catégorie d'affectation finale, et non pas la catégorie d'origine, avant la conversion.

Si le système de classification des affectations des terres du pays ne correspond pas aux catégories (i) à (vi) ci-dessus, il faudra combiner ou désagréger les classifications des affectations des terres de manière à pouvoir représenter les catégories telles que présentées ci-dessus. Les pays devront expliciter la procédure utilisée pour le changement de catégorie. Les définitions nationales des catégories utilisées dans l'inventaire et de tout seuil ou valeur paramétrique employés pour celles-ci devront être spécifiées. Lorsqu'un pays élabore pour la première fois ou modifie ses systèmes nationaux de classification des terres, il lui faudra essayer de les faire correspondre aux classes d'affectation des terres (i) à (vi) présentées ci-dessus.

Les grandes catégories d'affectation des terres présentées ci-dessus peuvent être stratifiées plus avant (comme le décrit la section 3.3.2) par climat ou zone écologique, type de sol ou de végétation, etc., en fonction des nécessités, et afin de faire correspondre les superficies de terres aux méthodes d'évaluation des variations des stocks de carbone et des émissions et absorptions de gaz à effet de serre décrites aux chapitres 2 et 4 à 9 du présent volume. Des méthodes de classification des climats et des sols par défaut sont fournies à l'annexe 3A.5. Des exemples de stratifications utilisées pour l'estimation de niveau 1 d'émissions et absorptions sont résumés au tableau 3.1. Les systèmes spécifiques de stratification varient en fonction des affectations des terres et des pools de carbone, et sont utilisés dans les méthodes d'estimation plus loin dans le présent volume. Des recommandations sont fournies à la section 3.3.2 du présent chapitre sur la stratification des superficies d'affectation des terres en fonction des besoins en matière de données pour l'estimation des émissions et absorptions.

<b>TABLEAU 3.1</b> <b>EXEMPLE DE STRATIFICATIONS AVEC DONNEES JUSTIFICATRICES POUR DES METHODES DE NIVEAU 1 D'ESTIMATION DES EMISSIONS</b>	
<b>Facteur</b>	<b>Strate</b>
CLIMAT (voir annexe 3A.5)	Boréal Froid tempéré sec Froid tempéré pluvieux Chaud tempéré sec Chaud tempéré humide Tropical sec Tropical humide Tropical pluvieux
SOL (voir annexe 3A.5)	Argileux très actif Argileux peu actif Sablonneux Spodique Volcanique Terres humides Organique
BIOMASSE (ZONE ÉCOLOGIQUE) (voir figure 4.1 au chapitre 4, terres forestières)	Forêt dense tropicale Forêt décidue tropicale humide Forêt sèche tropicale Terre arbustive tropicale Désert tropical Système montagneux tropical Forêt humide subtropicale Forêt sèche subtropicale Steppe subtropicale Désert subtropical Système montagneux subtropical Forêt océanique tempérée Forêt continentale tempérée Steppe tempérée Désert tempéré Système montagneux tempéré Forêt sempervirente boréale Forêt-toundra boréale Système montagneux boréal Pôles
PRATIQUES DE GESTION (possibilité d'en appliquer plus d'une par superficie de terre)	Labourage intensif/labourage réduit/pas de labourage Culture de long terme Culture d'arbres vivaces Chaulage Systèmes de récoltes à entrées élevées/faibles/moyennes Prairie améliorée Prairie non améliorée

### 3.3 REPRÉSENTATION DES SUPERFICIES D'AFFECTATION DES TERRES

La présente section décrit trois approches pouvant être utilisées pour représenter les superficies de terres en fonction des catégories définies à la section précédente. Les approches sont présentées ci-dessous dans l'ordre croissant par rapport à la quantité d'information fournie. L'approche 1 identifie la superficie totale pour toutes les catégories d'affectation des terres individuelles d'un pays, mais ne fournit pas d'information sur la nature et les superficies des conversions entre les affectations des terres. L'approche 2 introduit un suivi des conversions d'affectation des terres entre catégories (mais n'est pas explicite spatialement). L'approche 3 permet d'étendre l'approche 2 en suivant les conversions des affectations des terres sur une base spatialement explicite.

Les approches ne sont pas présentées par niveaux hiérarchiques et ne signifient pas une amélioration ou un appauvrissement de l'exactitude, mais reflètent des méthodes et des caractéristiques de collecte des données et, en conséquence, des moyens appropriés d'utiliser les données. L'exactitude est autant ou plus influencée par la qualité de l'application de l'approche que par l'approche choisie elle-même. Les approches ne s'excluent pas mutuellement, et le mélange d'approches sélectionnées par un pays doit refléter ses besoins en matière d'estimation des émissions et ses circonstances nationales. On pourra appliquer une approche de manière uniforme à toutes les superficies et catégories d'affectation des terres d'un pays ; ou utiliser différentes approches pour différentes régions ou catégories ou à différents intervalles temporels. En tout état de cause, les pays devront caractériser et prendre en compte toutes les superficies de terres pertinentes, de manière aussi cohérente et transparente que possible.

Les données devront refléter les tendances historiques d'affectation des terres, nécessaires aux méthodes d'inventaire décrites aux chapitres 2 et 4 à 9 du présent volume. Le commencement des collectes des données

historiques se base sur le temps nécessaire aux stocks de carbone de la matière organique morte et des sols pour atteindre l'équilibre après une conversion d'affectation des terres (on recommande 20 ans par défaut, mais la période peut être plus longue, par exemple dans les systèmes tempérés et boréaux). Après que la période nécessaire pour atteindre l'équilibre est passée, la terre qui a été ajoutée à une catégorie de conversion d'affectation des terres devra être transférée à la catégorie « terres restant dans une catégorie d'affectation des terres ». Les données de la série temporelle sur les conversions d'affectation des terres sont donc également utilisées pour déterminer le transfert annuel d'une superficie d'une catégorie « terres converties à une autre catégorie » à « terres restant dans une catégorie d'affectation des terres ».

### **SERIE TEMPORELLE**

Pour préparer les inventaires, il faut des données sur les superficies d'affectation des terres correspondant à au moins deux points temporels pertinents à l'année d'inventaire. Pour l'approche 1 (qui identifie seulement les changements nationaux nets de superficies pour chaque catégorie d'affectation des terres, mais ne prend pas en compte les transferts entre catégories), il est possible que l'affectation historique des terres ne soit pas encore connue. S'ils se trouvent dans ce cas de figure, les pays devront soit déduire les affectations des terres précédentes (voir la section 3.3.2.2 ci-dessous), soit supposer que la terre est restée dans la même catégorie d'affectation des terres pendant toute la période précédant la conversion d'affectation des terres. Or cette hypothèse pourrait sous-estimer les absorptions lorsque prédominent les conversions vers des affectations des terres contenant plus de carbone, ou sous-estimer les émissions dans le cas contraire.

Il est essentiel d'avoir une série temporelle cohérente lors de la préparation des données relatives aux catégories d'affectation des terres et aux conversions, pour qu'aucune artificialité due à un changement de méthode ne soit incluse en tant que conversion d'affectation des terres réelle. Il faudra aussi faire attention à ce que les superficies des terres gérées et non gérées soient définies et estimées avec cohérence. La section suivante présente en détail les manières de prendre en compte les changements dans les superficies de terres gérées (et les variations des stocks de carbone en découlant) lors de l'utilisation de méthodes de variations des stocks pour l'estimation des émissions.

### **UTILISATION COHÉRENTE DES SUPERFICIES POUR L'ESTIMATION DES STOCKS DE CARBONE**

Il est probable que la superficie totale des terres gérées augmente au cours de la série temporelle d'un inventaire national, au fur et à mesure que des terres non gérées sont converties en terres gérées. Si tel est le cas, et si la superficie de terre est utilisée pour estimer les stocks de carbone (avec une méthode d'estimation des émissions par la différence des stocks), il est possible que les entrées correspondant à la superficie supplémentaire dans l'inventaire (en raison du changement de statut, de non géré à géré) apparaissent de manière incorrecte en tant qu'augmentation des stocks de carbone. On pourrait en déduire à tort qu'il s'agit d'une absorption depuis l'atmosphère, alors qu'en réalité l'augmentation n'est due qu'à l'extension de la superficie d'affectation des terres au cours de la série temporelle de l'inventaire. Pour séparer les augmentations des stocks de carbone dues aux changements de superficies des véritables variations des stocks de carbone, les estimations des stocks de carbone devront être recalculées pour toute la superficie de la série temporelle de l'inventaire dès que la superficie totale des terres gérées change dans un inventaire annuel.

La superficie maximum (et stock de carbone associé) à n'importe quel moment de la série temporelle devra être utilisée comme base pour l'estimation des émissions et absorptions pendant toute la série temporelle de l'inventaire. On peut supposer que les stocks de carbone des terres non gérées restent constants (et donc, les variations des stocks de carbone sont nulles) jusqu'à l'année de classification de la terre dans une affectation gérée. Le recalcul modifiera donc l'estimation initiale des stocks de carbone dans la première année d'inventaire de la terre, mais n'affectera pas l'estimation des variations des stocks de carbone sur la série temporelle de l'inventaire, jusqu'à ce que la terre en question soit gérée.

### **DISPONIBILITÉ DES DONNÉES**

Dans de nombreux pays, mettre en œuvre ces lignes directrices relatives aux inventaires signifiera rassembler de nouvelles données. L'annexe 3A.3 fournit des recommandations générales relatives à des techniques d'échantillonnage ; et l'annexe 3A.4 donne des conseils sur les ensembles de données spatialement explicites (approche 3). Lorsque le pays ne dispose pas des données nécessaires à l'application de ces lignes directrices relatives aux inventaires, des données sur les catégories de terres pourront être dérivées d'ensembles de données mondiales (des exemples sont fournis à l'annexe 3A.1, mais ne traitent en général que de la couverture terrestre, et non pas de l'affectation des terres). Il sera préférable d'utiliser des données capables de produire des entrées lors du calcul des incertitudes.

Lorsqu'ils utiliseront les données d'affectation des terres, les compilateurs d'inventaires devront :

- Harmoniser les définitions existant dans les bases de données indépendantes mais aussi avec les catégories d'affectation des terres afin de réduire au maximum omissions et doubles comptages. Par exemple, il pourrait y avoir des doubles comptages si les terres boisées sur des exploitations agricoles étaient incluses à

la fois dans la foresterie et dans les ensembles de données agricoles. Pour harmoniser les données, la terre boisée devra être comptée une seule fois pour l'inventaire des gaz à effet de serre, conformément à la définition des forêts choisie par le pays. Les informations concernant l'éventualité des doubles comptages devraient être disponibles auprès des agences responsables des relevés. Harmoniser les définitions ne signifie pas l'obligation pour les agences de renoncer aux définitions qui leur sont utiles ; les liens doivent au contraire être resserrés entre les définitions utilisées afin d'éliminer les doubles comptages et les omissions. Pour conserver la cohérence de la série temporelle, il faudra effectuer ce resserrement sur tout l'ensemble de données ;

- S'assurer que les catégories d'affectation des terres utilisées suffisent à identifier toutes les activités pertinentes. Par exemple, si un pays doit suivre une catégorie d'affectation des terres gérée comme les terres forestières, son système de classification devra distinguer les terres forestières gérées des terres forestières 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 ;
- 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 paramètres. S'il y a eu des changements, il faudra utiliser les données corrigées pour un recalcul cohérent sur toute la série temporelle, et notifier dans les rapports quelles actions ont été prises. Des recommandations sur les recalculs se trouvent au chapitre 5 du volume 1 ;
- Estimer l'incertitude pour les superficies d'affectation des terres et conversions de superficies qui seront utilisées dans l'estimation des variations des stocks de carbone, des émissions et absorptions de gaz à effet de serre ;
- S'assurer que les superficies nationales sont cohérentes sur toute la série temporelle de l'inventaire ; si elles ne le sont pas les variations des stocks refléteront des augmentations ou diminutions du C fausses entraînées par un changement dans la superficie totale pris en compte lors de l'utilisation d'une méthode de variations des stocks d'estimation des émissions ;
- 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 de superficies entre deux périodes temporelle 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 la limite 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 d'égalité des sommes, les compilateurs d'inventaires devront 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 périodiques ou annuels en jeu. Les agences responsables des relevés pourront fournir des informations sur les incertitudes prévues. Les différences restant entre la somme des superficies prises en compte par les données disponibles et la superficie nationale devront se trouver dans la plage d'incertitude prévue pour l'estimation des superficies.

Pour certaines activités à inclure dans les rapports, comme l'application d'engrais azoté, le chaulage ou les produits ligneux récoltés, on ne disposera parfois que de données nationales agrégées. Si les méthodes d'estimation des émissions et absorptions sont appliquées au niveau national, il faudra alors utiliser les données sans catégorisation par affectation des terres.

### 3.3.1 Trois approches

#### **APPROCHE 1 : SUPERFICIE TOTALE D'AFFECTION DES TERRES, PAS DE DONNEES SUR LES CONVERSIONS ENTRE AFFECTATIONS DES TERRES**

L'approche 1 représente la somme des superficies d'affectation des terres à l'intérieur d'une unité spatiale définie, souvent par des frontières politiques, comme un pays, une province ou une municipalité. Autre caractéristique des données d'approche 1 : seuls les changements nets de superficies d'affectation des terres peuvent être suivis dans le temps. En conséquence, les coordonnées ou le dessin exacts des affectations des terres ne sont pas connus dans l'unité spatiale, et en outre les changements exacts de catégories d'affectation des terres ne sont pas connus avec certitude. Il est probable que les ensembles de données aient été préparés dans d'autres buts, comme les statistiques forestières ou agricoles. Il faudra souvent combiner plusieurs ensembles de données pour couvrir toutes les classifications des terres et toutes les régions d'un pays. Cette absence de base de données

unifiée peut éventuellement être la cause de doubles comptages ou d'omissions, puisque les agences en jeu ont pu utiliser des définitions différentes pour des affectations des terres spécifiques lors du renseignement de leurs bases de données. Plusieurs façons de régler le problème sont suggérées ci-dessous.

Les tableaux 3.2 et 3.3 présentent un résumé des données des superficies d'affectation des terres pour un pays hypothétique (dont la superficie totale nationale est de 140 millions ha) utilisant des classifications des terres qui lui sont pertinentes. Le tableau 3.2 se situe au niveau des grandes catégories d'affectation des terres. Le tableau 3.3 présente la même information mais avec des exemples de stratification pour l'estimation des effets de diverses activités à l'aide des méthodes d'estimation des émissions décrites dans le présent volume.

Pour déterminer la superficie de conversion d'affectation des terres de chaque catégorie, on se base sur la différence de superficie à deux points temporels différents, avec une couverture de la superficie des terres partielle ou complète. À l'approche 1, aucune spécification de conversion inter-catégorie n'est possible (par exemple, « terres restant dans une catégorie d'affectation des terres » et « terres converties à une nouvelle catégorie d'affectation des terres »), à moins que des données supplémentaires ne soient disponibles (on aurait alors un mélange d'approche 1 et 2).

Les données concernant les superficies d'affectation des terres peuvent être tirées de données de relevés d'échantillons périodiques, de cartes ou de recensements (par exemple, des enquêtes de propriété), mais ne seront probablement pas spatialement explicites. La somme de toutes les superficies correspondant à des catégories d'affectation des terres pourra ou non être égale à la superficie totale du pays ou de la région étudiés ; de même le résultat net des conversions d'affectation des terres pourra ou non être nul, en fonction de la cohérence lors du rassemblement des données et de leur application dans les inventaires pour chaque catégorie d'affectation des terres. Le résultat final de cette approche sera représenté dans un tableau des affectations des terres à des points temporels donnés. En outre, un tableau similaire au tableau 3.3 devra être renseigné, à des fins d'AQ/CQ, afin de conserver une base de terres totale constante pour les rapports annuels dans toutes les catégories d'affectation des terres. Si l'on trouve des incohérences, il faudra, selon les *bonnes pratiques*, identifier le(s) problème(s) et le(s) corriger pour les inventaires futurs. Pour cela, une collaboration plus poussée entre équipes chargées de l'inventaire des différentes catégories d'affectation des terres (si celles-ci sont analysées séparément) pourra être nécessaire, voire la mise en place de nouvelles enquêtes ou autres types de rassemblement des données.

D'autres sections du présent volume requièrent que les informations sur les superficies dans chaque catégorie d'affectation des terres présentée au tableau 3.3 soient divisées entre « terres restant dans la même catégorie d'affectation des terres » et « terres converties à une autre catégorie d'affectation des terres ». Et ce, en fonction des besoins méthodologiques présentés à d'autres chapitres du présent volume. Si les données sur l'affectation des terres ne suffisent pas à mettre en place l'approche 2 (voir ci-dessous), où la totalité des superficies de conversion des terres (brute) peut être quantifiée, les émissions et absorptions pourront être notifiées dans la catégorie « terres restant dans la même catégorie d'affectation des terres » (comme le précise le tableau 3.2). Et ce, parce que ces données peuvent ne permettre d'identifier que les changements nets de superficies pour chaque catégorie d'affectation des terres, et non pas la totalité des impacts de toutes les conversions de terres. Toutefois, en général les méthodes pour l'estimation des émissions des sols et de la biomasse requièrent des données sur les superficies des terres catégorisées en tant que « terres restant » et « converties à » et par conséquent il est préférable de fonctionner ainsi, si possible, même si l'on n'a pour cela que les opinions des spécialistes.

À noter que l'établissement de rapports présentant la seule catégorie « terres restant » signifie que les émissions et absorptions incluront sans les refléter explicitement les bases des superficies changeantes d'une catégorie d'affectation des terres dans le temps (superficies différentes, par exemple par les transitions nettes dans les superficies depuis la catégorie terres forestières ou vers celle-ci). En conséquence, les émissions pourront être surestimées ou sous-estimées pour cette catégorie « terres restant » particulière. Les inventaires complets auront cependant tendance à contrebalancer cet effet à l'aide d'émissions et absorptions d'une autre catégorie « terres restant » de l'inventaire.

En outre, il sera possible de notifier les émissions sans CO<sub>2</sub> par catégorie de source sans préciser les affectations des terres si les émissions sont estimées en fonction des statistiques nationales, sans se référer à des affectations de terres particulières (par exemple, émissions de N<sub>2</sub>O des sols). Ainsi, les méthodes expliquées dans le présent volume estiment souvent les émissions de cette manière à l'aide de statistiques nationales.

**TABLEAU 3.2**  
**EXEMPLE D'APPROCHE 1: DONNEES D'AFFECTIONATION DES TERRES DISPONIBLES AVEC COUVERTURE NATIONALE COMPLETE**

Point temporel 1			Point temporel 2			Conversion d'affectation des terres nette entre les points temporels 1 et 2		
F	=	18	F	=	19	Terres forestières	=	+1
P	=	84	P	=	82	Prairies	=	-2
C	=	31	C	=	29	Terres cultivées	=	-2
H	=	0	H	=	0	Terres humides	=	0
E	=	5	E	=	8	Établissements	=	+3
A	=	2	A	=	2	Autres terres	=	0
Total	=	140	Total	=	140	Total	=	0

Note : F = terres forestières, P = Prairies, C = Terres cultivées, H = Terres humides, E = Établissements, A = Autres terres. Les chiffres représentent les unités de superficies (ici, Mha).

TABLEAU 3.3 EXEMPLE INDICATIF DE STRATIFICATION DES DONNEES A L'APPROCHE 1				
Catégorie d'affectation des terres/strate	Superficie initiale (million ha)	Superficie finale (million ha)	Changement net de superficie (million ha)	Statut
<b>Total terres forestières</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	
Terres forestières (non gérées)	5	5	0	Non incluses dans les estimations de l'inventaire
Terres forestières (forêt continentale tempérée ; convertie à une autre catégorie d'affectation des terres)	7	8	1	Estimer les 8 millions ha
Terres forestières (boréales conifères)	6	6	0	Pas de conversion d'affectation des terres. Peut nécessiter une stratification, par exemple des différents régimes de gestion
<b>Total prairies</b>	<b>84</b>	<b>82</b>	<b>-2</b>	
Prairies (non améliorées)	65	63	-2	La diminution de superficie indique une conversion d'affectation des terres. Peut nécessiter une stratification, par exemple des différents régimes de gestion
Prairies (améliorées)	19	19	0	Pas de conversion d'affectation des terres. Peut nécessiter une stratification, par exemple des différents régimes de gestion
<b>Total terres cultivées</b>	<b>31</b>	<b>29</b>	<b>-2</b>	La diminution de superficie indique une conversion d'affectation des terres. Peut nécessiter une stratification, par exemple des différents régimes de gestion
<b>Total terres humides</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>Total établissements</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	
<b>Total autres terres</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	Non gérées – ne figure pas dans l'inventaire
<b>TOTAL</b>	<b>140</b>	<b>140</b>	<b>0</b>	Note : Les totaux des superficies doivent correspondre
Note : « 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 subdivisant une catégorie de terres appropriée.				

## APPROCHE 2 : SUPERFICIE TOTALE D'AFFECTATION DES TERRES, Y COMPRIS CHANGEMENTS ENTRE CATEGORIES

La caractéristique principale de l'approche 2 est qu'elle fournit non seulement une évaluation des pertes ou gains nets de superficie pour des catégories d'affectation des terres spécifiques mais aussi de ce qu'ils représentent (soit, des changements vers la catégorie ou depuis celle-ci). En conséquence, l'approche 2 diffère de l'approche 1 parce qu'elle inclut des informations sur les conversions entre catégories, mais continue à suivre ces changements sans données d'emplacement spatialement explicites, souvent basées sur des frontières politiques (c'est-à-dire que l'emplacement d'affectations des terres spécifiques et les conversions d'affectation des terres ne sont pas connus). Cette manière de suivre les conversions d'affectation des terres requiert normalement qu'on estime les catégories d'affectation des terres initiales et finales pour tous les types de conversions, ainsi que pour la superficie totale de terres non modifiées par catégorie. Le résultat final de cette approche pourra être présenté sous forme de matrice de conversions d'affectation des terres. La matrice offre un format compact pour la représentation des superficies ayant fait l'objet de conversions entre toutes les catégories d'affectation des terres.

Les bases de données existantes sur les affectations des terres pourront être assez détaillées, sinon il pourra être nécessaire de collecter des données par échantillonnage ou d'autres moyens. Les données d'entrées peuvent ou non avoir été spatialement explicites initialement (à savoir, cartographiées ou référencées géographiquement).

À l'approche 2, le choix des facteurs d'émissions et d'absorptions peut refléter les différences des taux de variation du carbone en fonction des conversions entre deux catégories, quelles qu'elles soient, et les différences des stocks de carbone initiaux associés aux différentes affectations des terres peuvent être prises en compte. Par exemple, avec le labourage des terres, les taux de pertes de carbone organique des sols seront généralement plus élevés qu'avec le pacage.

L'approche 2 est illustrée au tableau 3.4 avec les données de l'exemple utilisé pour l'approche 1 (tableau 3.3) ainsi que des données sur toutes les conversions en cours. Ces données peuvent être présentées sous la forme plus compacte d'une matrice (tableau 3.5). Pour illustrer la valeur ajoutée de l'approche 2 et le format de la matrice de conversion d'affectation des terres, les données du tableau 3.5 sont présentées au tableau 3.6 sans stratification des catégories d'affectation des terres. Les résultats peuvent être comparés aux informations plus limitées fournies par l'approche 1 au tableau 3.2. Le tableau 3.6 permet de suivre les conversions inter-catégories, alors que le tableau 3.2 ne permet de suivre que les variations nettes au sein d'une grande catégorie.

Aux tableaux 3.5 et 3.6, la superficie inscrite dans les cases en diagonale représente la superficie de chaque catégorie d'affectation des terres qui n'a pas été affectée par la conversion d'affectation des terres au cours de l'année d'inventaire. Pour la préparation des estimations des émissions et absorptions de gaz à effet de serre décrite ailleurs dans le présent volume, cette superficie devra être subdivisée plus avant entre la superficie restée dans la même catégorie d'affectation des terres et la superficie affectée par la conversion d'affectation des terres (soit, la terre convertie à une autre catégorie d'affectation des terres) au cours des années Y précédentes (où Y égale la période de temps au cours de laquelle les pools de C devraient atteindre l'équilibre ; la valeur par défaut fournie par le GIEC est de 20 ans, en fonction du temps d'équilibre typique des pools de C des sols après conversion de l'affectation des terres).

En conséquence, selon l'hypothèse par défaut pour chaque année d'inventaire, la superficie convertie à une catégorie d'affectation des terres devra être ajoutée à la catégorie « terres converties » et retirée des terres restant dans la catégorie d'affectation des terres. Toute superficie de terres qui aura rejoint la catégorie « terres converties » il y a 21 ans (si la période par défaut de 20 ans est utilisée) devra être retirée et ajoutée à la catégorie « terres restant ». Par exemple, si au tableau 3.5 les données indiquaient que 4 des 56 Mha de la catégorie prairies avaient été convertis en terres forestières il y a 21 ans, alors ces 4 Mha de terres devront être transférés de la catégorie *terres converties en prairies* à la catégorie *prairies restant prairies* dans l'inventaire annuel.

### APPROCHE 3 : DONNEES DE CONVERSIONS D'AFFECTION DES TERRES SPATIALEMENT EXPLICITES

L'approche 3 se caractérise par des observations spatialement explicites des catégories d'affectation des terres et des conversions d'affectation des terres, souvent par échantillonnage de points géographiques spécifiques et/ou par cartographie complète, par exemple dérivée d'images obtenues par télédétection. Les données peuvent être obtenues par diverses méthodes d'échantillonnage, techniques de cartographie complète ou une combinaison des deux méthodes. Un aperçu des méthodes possibles d'évaluation des ensembles de données d'approche 3 est fourni à l'annexe 3A.4.

Les données d'approche 3 peuvent être résumées dans des tableaux similaires aux tableaux 3.5 et 3.6. Le principal avantage de l'utilisation de données spatialement explicites est que les outils d'analyse tels que les systèmes d'information géographique peuvent être utilisés pour lier divers ensembles de données spatialement explicites (tels que ceux qu'on utilise pour la stratification) et expliquer en détails les conditions dans lesquelles se trouvait une parcelle de terre particulière avant et après la conversion d'affectation des terres. Ces avantages analytiques permettent ainsi d'améliorer les estimations d'émissions en présentant un meilleur alignement des catégories d'affectation des terres (et des conversions) avec les strates cartographiées pour la classification des stocks de carbone et des facteurs d'émissions par types de sols et de végétation. Les méthodologies d'estimation des émissions de niveau 3 pourront notamment utiliser cette méthode. Toutefois, les questions de compatibilité et de comparabilité des résolutions spatiales devront être prises en compte.

#### 3.3.2 Utilisation des données

La figure 3.1 est un diagramme décisionnel d'aide à la description et/ou l'obtention de données sur les superficies d'affectation des terres. Mises en place de manière appropriée et cohérente, ces trois approches permettent d'obtenir une estimation solide des émissions et absorptions de gaz à effet de serre. Il faut toutefois noter que l'approche 1 ne détectera probablement pas les variations de la biomasse, telles que celles dues au déboisement et au reboisement sur des superficies de terres séparées, mais seulement celles dues aux conversions nettes des superficies d'affectation des terres d'une affectation forestière à une affectation non forestière. En

général, seule l'approche 3 fournit la représentation spatiale nécessaire comme entrée dans les modèles de carbone spatiaux.

Toutefois, différentes approches pourront être plus efficaces sur différentes périodes de temps, ou pourront être nécessaires pour différents objectifs d'établissement des rapports. Il faudra faire correspondre les séries temporelles entre les différentes périodes ou utilisations.

<b>Affectation des terres initiale</b>	<b>Affectation des terres finale</b>	<b>Superficie, Mha</b>	<b>Inclusions/Exclusions</b>
Terres forestières (non gérées)	Terres forestières (non gérées)	5	Exclues de l'inventaire GES
Terres forestières (gérées, tempérées continentales)	Terres forestières (gérées, tempérées continentales)	4	Incluses dans l'inventaire GES
Terres forestières (gérées, tempérées continentales)	Prairies (non améliorées)	2	Incluses dans l'inventaire GES
Terres forestières (gérées, tempérées continentales)	Établissements	1	Incluses dans l'inventaire GES
Terres forestières (gérées, boréales conifères)	Terres forestières (gérées, boréales conifères)	6	Incluses dans l'inventaire GES
Prairies (non améliorées)	Prairies (non améliorées)	61	Incluses dans l'inventaire GES
Prairies (non améliorées)	Prairies (améliorées)	2	Incluses dans l'inventaire GES
Prairies (non améliorées)	Terres forestières (gérées, tempérées continentales)	1	Incluses dans l'inventaire GES
Prairies (non améliorées)	Établissements	1	Incluses dans l'inventaire GES
Prairies (améliorées)	Prairies (améliorées)	17	Incluses dans l'inventaire GES
Prairies (améliorées)	Terres forestières (gérées, tempérées continentales)	2	Incluses dans l'inventaire GES
Terres cultivées	Terres cultivées	29	Incluses dans l'inventaire GES
Terres cultivées	Terres forestières (gérées, tempérées continentales)	1	Incluses dans l'inventaire GES
Terres cultivées	Établissements	1	Incluses dans l'inventaire GES
Terres humides	Terres humides	0	Incluses dans l'inventaire GES
Établissements	Établissements	5	Incluses dans l'inventaire GES
Autres terres	Autres terres	2	Exclues de l'inventaire GES
<b>TOTAL</b>		<b>140</b>	

Note : Les données présentées sont une version stratifiée de celles du tableau 3.3. Les sous-catégories sont définies nationalement et présentées uniquement à titre d'illustration. « 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.

Initiale \ Finale	Terres forestières (non gérées)	Terres forestières (gérées, tempérées continentales)	Terres forestières (gérées, boréales conifères)	Prairies (non améliorées)	Prairies (améliorées)	Terres cultivées	Terres humides	Établissements	Autres terres	Superficie finale
Terres forestières (non gérées)	5									5
Terres forestières (gérées, tempérées continentales)		4		1	2	1				8
Terres forestières (gérées, boréales, conifères)			6							6
Prairies (non améliorées)		2		61						63
Prairies (améliorées)				2	17					19
Terres cultivées						29				29
Terres humides							0			0
Établissements		1		1		1		5		8
Autres terres									2	2
Superficie initiale	5	7	6	65	19	31	0	5	2	140
Changement net	0	1	0	-2	0	-2	0	+3	0	0

Note : Les totaux des colonnes et des lignes représentent la conversion nette des affectations des terres telle que présentée au tableau 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 (dernière ligne) représentent la superficie finale moins la superficie initiale pour chaque catégorie (de conversion) présentée en haut de chaque colonne correspondant. Une absence de données indique une absence de conversion d'affectation des terres pour cette transition.

Matrice de conversion d'affectation des terres nette							
Initiale \ Finale	F	P	C	H	E	A	Total finale
F	15	3	1				19
P	2	80					82
C			29				29
H				0			0
E	1	1	1		5		8
A						2	2
Total initial	18	84	31	0	5	2	140

Note :  
F = terres forestières, P = Prairies, C = Terres cultivées, H = Terres humides, E = Établissements, A = Autres terres. Les chiffres représentent les unités de superficies (ici, Mha)

### 3.3.2.1 STRATIFICATION DES DONNEES D'AFFECTATION DES TERRES

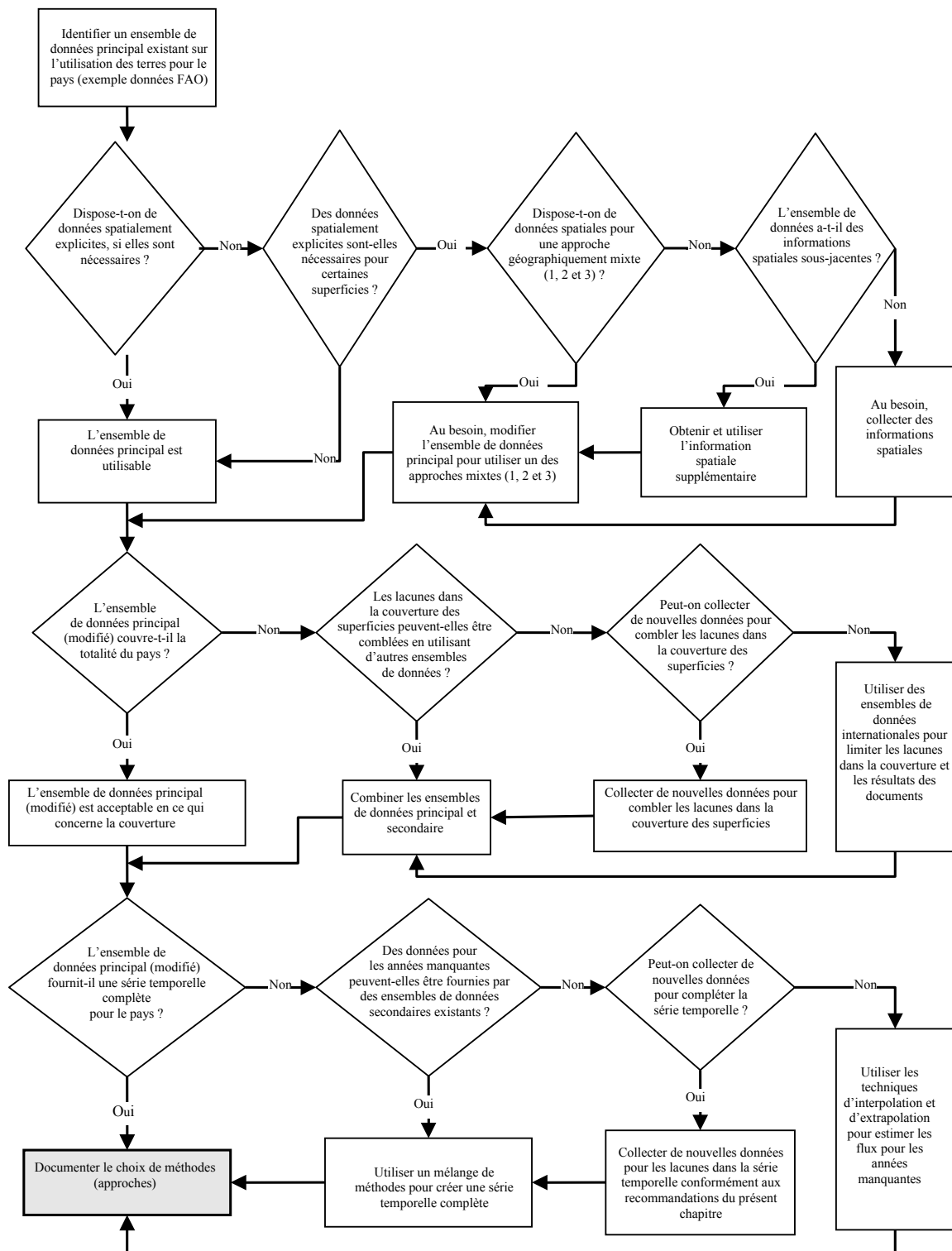
Une fois les affectations des terres et les superficies de conversion d'affectation des terres établies, il faudra estimer le besoin de stratifier plus avant, et les capacités pour le faire. Une stratification plus profonde peut être nécessaire pour l'obtention de données pertinentes tirées des chapitres suivants pour l'estimation des facteurs d'émissions et des stocks de carbone, etc. Le tableau 3.1 présente les stratifications classiques pour lesquelles des données sont disponibles pour l'application d'une méthode d'estimation des émissions et absorptions de niveau 1. Dans les tableaux par défaut utilisés pour garnir les équations pour un inventaire de niveau 1, des cases de données spécifiques sont surlignées car elles représentent les stratifications prédéfinies appliquées aux inventaires de niveau 1. En d'autres termes, les données par défaut de niveau 1 (tableaux) correspondent à une stratification cohérente pour qu'il n'y ait plus de calculs à faire, ni d'ambiguïté lors de la sélection appropriée de données par défaut pour garnir les équations. Pour les pays qui préparent des inventaires de niveaux 2 et 3, les plans de stratification pourront être différents en fonction des informations spécifiques au pays et il pourra y avoir des choix, une manipulation et des remplacements des données par défaut à faire.

À moins que toutes les données sur les superficies d'affectations des terres et la stratification ne soient spatialement explicites (approche 3), il pourra être nécessaire d'élaborer des règles sur les affectations aux différentes strates. Par exemple, les données sur les affectations des terres d'approche 1 sont stratifiées par climat et types de sols, afin d'estimer les variations des stocks de C des sols. Dans l'idéal, on pourra réduire l'échelle des données d'affectation des terres de manière à prendre en compte la proportion des affectations des terres dans chaque climat ou type de sol, avec des informations auxiliaires et les connaissances des spécialistes. S'il n'est pas possible de modifier l'échelonnage, on pourra tout de même poursuivre l'estimation de l'inventaire, mais les estimations d'émissions et d'absorptions devront refléter les incertitudes lors de l'affectation des facteurs de variation des stocks/d'émissions (et paramètres associés) qui varient en fonction du climat et/ou des sols.

Les données sur la gestion pourront n'être disponibles qu'au format de l'approche 1 (soit, par les opinions des experts ou des relevés périodiques auprès de différents ensembles de propriétaires terriens), même si les données d'approche 2 ou 3 sont disponibles pour les catégories d'affectation des terres. À ce moment-là, la gestion pourra être résumée en tant que proportion de la pratique de gestion (par exemple, pourcentage d'absence de labourage, d'exploitation intensive et de labourage réduit) dans les deux catégories d'affectation des terres « terres restant » et « terres converties ». Cette hypothèse sera limitative si les classes de gestion ne sont pas distribuées de manière homogène car l'impact de la gestion sur les émissions ou absorptions dépend de la catégorie d'affectation des terres.

Les méthodes de niveaux 2 et 3 permettront aussi d'évaluer les interactions entre les pratiques d'exploitation qui affectent les facteurs de variation des stocks/d'émissions. Le choix approprié des classifications de gestion représente un autre problème sur lequel il faudra se pencher. Généralement, les méthodes de niveau 1 ne prennent pas en compte les tendances temporelles des facteurs de variation des stocks/émissions (dans l'hypothèse d'un changement linéaire) et ne capturent pas les interactions entre les pratiques d'exploitation sur une affectation des terres spécifique, représentant au contraire un impact moyen. En conséquence, l'affectation des facteurs de variation des stocks/d'émissions peut se compliquer aux méthodes de niveau plus élevé, et requérir une explication précise des processus d'échelonnage utilisés pour délimiter les combinaisons appropriées de climats, sols, zones écologiques et/ou systèmes de gestion.

**Figure 3.1** Diagramme décisionnel de préparation des données de superficies d'affectation des terres



### **3.3.2.2 PREPARATION DES DONNEES SUR LES SUPERFICIES POUR L'ESTIMATION DES EMISSIONS ET ABSORPTIONS**

La préparation d'un inventaire des gaz à effet de serre en AFAT exige l'intégration des superficies d'affectation des terres aux données de gestion des terres et des pools de biomasse, de matière organique morte et des stocks de carbone des sols, afin d'estimer les variations des stocks de carbone et les émissions et absorptions de CO<sub>2</sub> et sans CO<sub>2</sub> associées à l'affectation des terres. Les implications pour l'utilisation subséquente des données pour la préparation des estimations des émissions et absorptions en fonction du cadre de conversion des affectations des terres représenté dans les tableaux des rapports différentes en fonction des données disponibles (approches 1, 2 ou 3).

Les pays n'ayant que des données d'approche 1 ont deux options pour l'établissement de rapports sur les conversions de catégories d'affectation des terres. Les superficies totales pour les catégories de « terres restant dans une catégorie d'affectation des terres » pourront inclure une portion de terre qui a été convertie vers cette superficie depuis le dernier inventaire. Les pays devront, autant que faire se peut, répartir les changements de superficies d'affectation des terres dans le temps afin de déduire les catégories de conversion d'affectation des terres pour en déterminer les stocks de carbone appropriés et estimer les facteurs d'émissions. Par exemple, un pays ayant 1Mha de forêt, 1 000 ha de déboisement et 1 000 ha de boisement présentera un changement net nul dans la superficie terres forestières (dans l'hypothèse où ces changements ont lieu sur des terres gérées), mais aura en revanche une réduction des stocks de C de la biomasse des forêts, au moins jusqu'à ce qu'à l'apparition d'une repousse suffisante. Il faudra faire de nouveaux choix pour relier ces conversions de superficies déduites entre catégories d'affectation des terres à des gestions des terres appropriées, aux stocks de C de la biomasse et des sols, et aux facteurs d'émissions. Les pays se trouvant dans ce cas de figure devront notifier les raisons des choix faits, et de toute méthode de vérification ou de recoupement des estimations utilisée, ainsi que les impacts sur l'incertitude des inventaires. Si cette répartition n'est pas faite, les pays devront l'indiquer, et préciser les impacts sur les incertitudes en découlant.

Pour les pays disposant de données d'approche 2, c'est-à-dire d'informations sur les superficies pour toutes les conversions d'affectation des terres, quoique non spatialement explicites, ces estimations de superficies devront toujours être liées aux stocks de carbone initiaux et facteurs d'émissions appropriés, etc. Dans certains cas, il faudra affecter les données de conversion des affectations des terres au climat et/ou au type de végétation, aux sols et aux strates de gestion. Une fois de plus, cette étape pourra être effectuée via un échantillonnage, un échelonnage ou en prenant l'opinion d'experts. Les pays devront préciser pourquoi ils ont pris ces décisions, et toute méthode de vérification ou de recoupement des estimations devra être explicitée.

Pour les pays ayant des données d'approche 3, il sera possible de répartir les superficies de conversion d'affectation des terres en croisant spatialement les données avec d'autres ensembles de données spatiales, telles que des données climatiques et/ou les strates correspondant aux types de végétation, aux sols et à la gestion. Toutefois, une intervention sera probablement nécessaire, par exemple en utilisant des données de relevés et en prenant l'opinion d'experts, afin de répartir les conversions d'affectation des terres et les données biophysiques par pratique de gestion, car les données sur les pratiques de gestion sont rarement disponibles sous des formats spatialement explicites.

## **3.4 CORRESPONDANCE ENTRE LES SUPERFICIES DE TERRES ET LES FACTEURS D'ESTIMATION DES EMISSIONS ET ABSORPTIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE**

La présente section fournit de courtes recommandations sur les correspondances à effectuer entre les données relatives aux superficies d'affectation des terres et les facteurs de stocks de carbone et d'émissions et autres données pertinentes (par exemple, les stocks de biomasse des forêts, l'accroissement annuel net moyen) afin d'estimer les émissions et absorptions de gaz à effet de serre. Pour préparer les estimations d'inventaires nationaux, il faut tout d'abord rassembler les données sur les activités requises (c'est-à-dire les superficies d'affectation des terres) et les faire correspondre aux facteurs de stocks de carbone, d'émissions et absorptions et autres données pertinentes appropriées.

Le présent volume fournit des données par défaut (indiquées spécifiquement) nécessaires aux estimations de niveau 1 pour toutes les catégories AFAT conformément aux stratifications de climats et de zones écologiques spécifiées. En outre, les pays pourront élaborer leurs propres facteurs de stocks de carbone, d'émissions et absorptions et autres données pertinentes (méthodes d'inventaires de niveaux 2 et 3). Les éléments suivants résument les principes à suivre pour faire correspondre les données sur les activités aux facteurs de stocks de carbone, d'émissions et absorptions et autres données pertinentes :

- Faire correspondre les classifications de superficies d'affectation des terres nationales au plus grand nombre de catégories d'affectation des terres possible ;
- Lorsque classifications des affectations des terres nationales ne correspondent pas aux catégories d'affectation des terres des présentes lignes directrices, prendre note des liens entre les deux systèmes de classification ;
- Utiliser les classifications de manière cohérente dans le temps et noter tout amendement fait au système de classification, le cas échéant ;
- Noter les définitions des catégories de terres, les estimations des superficies d'affectation des terres et leur correspondance avec les facteurs d'émissions et d'absorptions ; et
- Faire correspondre toutes les catégories et sous-catégories d'affectation des terres aux estimations des stocks de carbone les plus adaptées, aux facteurs d'émissions et absorptions et autres données pertinentes.

Les étapes recommandées pour faire correspondre les superficies de terres aux facteurs d'émissions et absorptions sont présentées ci-dessous :

1. Commencer par la stratification de la superficie d'affectation des terres la plus désagrégée et les facteurs d'émissions et absorptions disponibles les plus détaillés nécessaires à l'estimation. Par exemple, les méthodologies des terres forestières décrites au chapitre 4 du présent volume fournissent un facteur par défaut pour les stocks de biomasse aérienne dans les plantations de forêts qui est désagrégé jusqu'à la stratification la plus précise, par rapport à d'autres facteurs (soit, type de forêt, région, groupe d'espèce, classe d'âge et climat). Ces strates doivent être utilisées comme stratification initiale de base ;
2. N'inclure que les strates applicables au pays et les utiliser comme stratification de base ;
3. Faire correspondre les estimations de superficies d'affectation des terres à la stratification de base de niveau le plus désagrégé possible. Certains pays pourront avoir besoin de prendre l'opinion d'experts pour aligner les meilleures estimations de superficies d'affectation des terres disponibles avec la stratification de base ;
4. Cartographier les facteurs d'émissions et absorptions dans la stratification de base en les faisant correspondre le plus possible aux catégories de stratification. À noter que de nombreuses équations relatives aux facteurs de variation des stocks et d'émissions par défaut et autres paramètres de niveau 1 (par défaut) ont été dérivées statistiquement pour des strates créées à cet effet (par exemple, type de climat, type de sol) ; donc les pays souhaitant utiliser des méthodes de niveau 1 pour ces émissions et absorptions devront stratifier les catégories d'affectation des terres à l'aide des définitions spécifiées pour les facteurs et paramètres de variations de niveau 1.

Si une classification d'affectation des terres nationale correspond aux catégories (et sous-catégories) d'affectation des terres, il sera plus facile de faire correspondre les facteurs d'émissions et d'absorptions qui suivent les mêmes classifications. Par exemple, les facteurs de carbone des sols par défaut pour les terres forestières, terres cultivées, et les prairies sont désagrégés en fonction des mêmes régions climatiques (voir annexe 3A.5). En conséquence, les mêmes classifications de superficies de terres peuvent être utilisées pour estimer les variations du carbone des sols pour chaque catégorie d'affectation des terres, permettant un suivi cohérent des terres et des flux de carbone sur les terres résultant de conversions de catégories d'affectation des terres.

Dans certains pays, il pourra s'avérer que les classifications des terres nationales changent dans le temps en fonction des circonstances nationales et que les données sur les activités et facteurs d'émissions/absorptions soient plus précis. Dans certains cas, il faudra alors élaborer la stratification avec des facteurs d'émissions et d'absorptions détaillés supplémentaires. Dans les cas où les pays mettent en place de nouveaux inventaires forestiers ou conceptions d'échantillonnage par télédétection, de nouveaux systèmes de stratification seront mis en place. S'il y a des changements de système de stratification, les pays devront autant que faire se peut recalculer la totalité de la série temporelle des estimations à l'aide de la nouvelle stratification.

### 3.5 INCERTITUDES ASSOCIEES AUX APPROCHES

Les incertitudes devront être quantifiées et réduites autant que concrètement possible. Les estimations d'incertitude des superficies d'affectation des terres sont nécessaires à l'analyse générale des incertitudes. Si les incertitudes associées aux approches (1 à 3) dépendent évidemment de la qualité de leur mise en œuvre, il est toutefois possible d'avoir une idée de ce qui peut être obtenu en pratique. Le tableau 3.7 présente les *sources* d'incertitude (et non pas leur importance) des différentes approches. Il représente un guide des sources d'incertitudes indicatif du niveau d'incertitude dans certaines conditions, et la base d'une possible réduction des incertitudes.

Le nombre de sources potentielles d'incertitudes dans les estimations des superficies tend à augmenter de

l'approche 1 à l'approche 3, au fur et à mesure que de nouvelles données sont ajoutées à l'évaluation. Ceci ne signifie toutefois pas que l'incertitude augmente, car les nouvelles données permettent des vérifications par recoupement supplémentaires et en outre, les incertitudes sont globalement réduites grâce à l'annulation d'erreurs. La principale différence entre les approches 1, 2 et 3 est que le pourcentage d'incertitudes relatives aux conversions entre affectations des terres sera sans doute plus grand à l'approche 1 (s'il est connu). Et ce, parce qu'à l'approche 1 les conversions d'affectation des terres sont dérivées des différences (variations nettes) des superficies totales. Les impacts de cette incertitude d'approche 1 sur les émissions et absorptions dues aux conversions dépendront de la quantité relative de conversions des terres dans le pays par rapport à la superficie totale des terres. L'approche 3 produit des informations précises spatialement explicites, qui pourront être nécessaires par exemple pour l'utilisation d'approches à l'estimation des émissions par modélisation spatiale.

**TABLEAU 3.7**  
**RESUME DES INCERTITUDES LIEES AUX METHODES 1 A 3**

	<b>Sources d'incertitude</b>	<b>Méthodes pour la réduction de l'incertitude</b>	<b>Incertitude indicative après vérifications</b>
<b>Approche 1</b>	<p>Les sources d'incertitude peuvent inclure une partie ou la totalité des points suivants, en fonction de la nature des sources des données :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Résultats de recensements erronés</li> <li>• Différences entre les définitions adoptées par les organismes</li> <li>• Conception de l'échantillonnage</li> <li>• Erreur d'échantillonnage</li> <li>• Interprétation des échantillons</li> <li>• Seules les variations nettes sont connues pour la superficie</li> </ul> <p>De plus :</p> <p>L'approche 1 ne permet pas d'effectuer de vérifications par recoupements pour les variations de superficies entre les catégories, ce qui tend à augmenter les incertitudes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérification de la cohérence à la superficie nationale</li> <li>• Correction des différences de définitions</li> <li>• Consultation d'organismes statistiques à propos de la probabilité des incertitudes en jeu</li> <li>• Comparaison avec des ensembles de données internationales</li> </ul>	<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>
<b>Approche 2</b>	<p>Comme pour l'approche 1, mais les variations brutes de superficies sont connues, et il y a possibilité de vérifications par recoupement.</p>	<p>Comme ci-dessus, plus vérification de la cohérence entre les changements intercatégories dans la matrice</p>	<p>De l'ordre de quelques pour cent à 10 pour cent pour la superficie totale dans chaque catégorie, et plus pour des variations de superficies, puisque ces données sont obtenues directement</p>
<b>Approche 3</b>	<p>Comme pour l'approche 2 plus des incertitudes liées à l'interprétation de données télédéctées, le cas échéant, moins toute incertitude d'échantillonnage</p>	<p>Comme pour l'approche 2 plus analyse formelle des incertitudes, conformément aux principes décrits au chapitre 3 du volume 1</p>	<p>Comme pour l'approche 2, mais les superficies peuvent être identifiées géographiquement. Toutefois, avec l'approche 3, la quantité d'incertitudes peut être estimée plus exactement qu'avec l'approche 2 parce que les erreurs sont cartographiées et peuvent être vérifiées avec des données/domaines indépendants.</p>

## Annexe 3A.1 Exemples d'ensembles de données internationales sur la couverture terrestre <sup>2</sup>

<b>TABLEAU 3A.1.1</b>				
<b>EXEMPLES D'ENSEMBLES DE DONNEES INTERNATIONALES SUR LA COUVERTURE TERRESTRE</b>				
	<b>(A)</b>	<b>(B)</b>	<b>(C)</b>	<b>(D)</b>
<b>Nom de l'ensemble de données</b>	Asian Association on Remote Sensing (AARS) Global 4-Minute Land Cover	International Geosphere-Biosphere Program – Data & Information Services (IGBP-DIS) Global 1km Land Cover Data Set	Global Land Cover Dataset	Global Land Cover Dataset
<b>Auteur</b>	Center for Environmental Remote Sensing, Université de Chiba	IGBP/DIS	United States Geological Survey (USGS), États-Unis	GLCF (Global Land Cover Facility)
<b>Brève description du contenu</b>	Les catégories de couverture terrestre sont identifiées par regroupement de données mensuelles National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) Advanced Very High Resolution Radiometer (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.
<b>Type de classification</b>	Application de la classification d'origine. Compatible avec la classification IGBP/DIS.	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.
<b>Format des données</b>	Maillées	Maillées	Maillées	Maillées
<b>Couverture spatiale</b>	Mondiale	Mondiale	Mondiale	Mondiale

<sup>2</sup> Ces ensembles de données concernent surtout la couverture terrestre et/ou les variations de celle-ci. Seules quelques unes se réfèrent à l'affectation des terres réelle.

<b>TABLEAU 3A.1.1 (SUITE)</b> <b>EXEMPLES D'ENSEMBLES DE DONNEES INTERNATIONALES SUR LA COUVERTURE TERRESTRE</b>				
<b>Année d'acquisition des</b>	1990	1992-1993	avril 1992-mars 1993	1987
<b>Résolution spatiale ou taille de grille</b>	4min x 4min.	1km x 1km	1km x 1km	8km x 8km
<b>Intervalles de révision (pour les ensembles de</b>	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet
<b>Description de la qualité</b>	Comparaison de 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 %. Exactitude pondérée par superficie : 66,9 % (Scepan, 1999)	Pas de description
<b>Adresse à contacter et URL de référence</b>	<a href="http://ceres.cr.chiba-u.ac.jp:8080/usr-dir/">http://ceres.cr.chiba-u.ac.jp:8080/usr-dir/</a>	<a href="http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/">http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/</a>	<a href="http://edcdaac.usgs.gov/glcc/">http://edcdaac.usgs.gov/glcc/</a>	<a href="http://glcf.umiacs.umd.edu/">http://glcf.umiacs.umd.edu/</a>

**TABLEAU 3A.1.1 (SUITE)**  
**EXEMPLES D'ENSEMBLES DE DONNEES INTERNATIONALES SUR LA COUVERTURE TERRESTRE**

	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
<b>Nom de l'ensemble de données</b>	Geocover	1° Land Cover Map from AVHRR	Base de données sur la couverture terrestre CORINE (CLC2000)	Digital Chart of the World	Global Map
<b>Auteur</b>	MacDonald Dettwiler & Associates	Dr. Ruth De Fries University of Maryland at College Park, États-Unis	Agence européenne pour l'environnement	Produits ESRI	Produit par des organisations de cartographie nationales, et compilé par l'ISCGM.
<b>Brève description du contenu</b>	Base de données de la couverture terrestre de résolution moyenne tirée des images cartographiées thématiques orthorectifiées Landsat	L'ensemble de données décrit les distributions géographiques de onze grands types de couverture à partir des variations interannuelles des NDVI.	Fournit un inventaire paneuropéen 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.
<b>Type de classification</b>	Carte comprenant 13 catégories	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.	Voir <a href="http://www.iscgm.org/">http://www.iscgm.org/</a>
<b>Format des données (vectorielles/maillées)</b>	Maillées et vectorielles	Maillées	Maillées	Polygones vectoriels	Maillées et vectorielles
<b>Couverture spatiale</b>	Mondiale	Mondiale	Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Italie, Luxembourg, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Slovaquie, Royaume-Uni, régions du Maroc et de Tunisie.	Couverture mondiale	Pays participants (90)

**TABLEAU 3A.1.1 (SUITE)**  
**EXEMPLES D'ENSEMBLES DE DONNEES INTERNATIONALES SUR LA COUVERTURE TERRESTRE**

	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
<b>Année d'acquisition des données</b>	Diverses	1987	Selon le pays (couverture temporelle générale approximativement 1985-95)	Basé sur des cartes de navigation opérationnelle (ONC) de l'US Defence Mapping Agency. Période 1970-80. Référence à la couche de date de compilation.	Selon les pays participants.
<b>Résolution spatiale ou taille de grille</b>	Grille 30m x 30m	degré 1 x 1	Base de données à grille 250m x 250m regroupées à partir des données vectorielles d'origine au 1:100 000 <sup>e</sup> .	Échelle au 1:100 000 <sup>e</sup>	Grilles 1km x 1km
<b>Intervalles de révision (pour les ensembles de données de séries temporelles)</b>	Sans objet	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
<b>Description de la qualité</b>	Pas de description	Pas de description	Pas d'information spécifique disponible. Pour des informations nationales, voir <a href="http://dataservice.eea.eu.int/dataservice/">http://dataservice.eea.eu.int/dataservice/</a>	Des informations sur la qualité des données existent à trois niveaux dans la base de données : caractéristique, couche et source.	Voir <a href="http://www.iscgm.org/">http://www.iscgm.org/</a>
<b>Adresse à contacter et URL de référence</b>	<a href="http://www.mdafederal.com/geocover/project">http://www.mdafederal.com/geocover/project</a>	<a href="mailto:landcov@geog.umd.edu">landcov@geog.umd.edu</a> <a href="http://www.geog.umd.edu/landcover/">http://www.geog.umd.edu/landcover/</a>	<a href="mailto:dataservice@eea.eu.int">dataservice@eea.eu.int</a> <a href="http://www.terrestrial.eionet.eu.int/">http://www.terrestrial.eionet.eu.int/</a>	<a href="http://www.esri.com/data/">http://www.esri.com/data/</a>	<a href="mailto:sec@iscgm.org">sec@iscgm.org</a> <a href="http://www.iscgm.org/">http://www.iscgm.org/</a>

## Annexe 3A.2 Élaboration de bases de données sur l'affectation des terres

Trois grandes sources de données pour l'élaboration de bases de données sur l'affectation des terres sont nécessaires pour les inventaires des gaz à effet de serre :

- des bases de données préparées à d'autres fins ;
- des données rassemblées par échantillonnage ; et
- des inventaires complets des terres.

Les sous-sections suivantes fournissent des conseils généraux sur l'utilisation de ce type de données. Le personnel chargé de la préparation des inventaires peut ne pas participer à la collecte détaillée de données télédéteçtées 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.

### 3A.2.1 UTILISATION DE DONNEES PREPAREES A 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 compilateurs d'inventaires pourront utiliser des ensembles de données internationales. Les deux types sont décrits ci-dessous.

#### BASES DE DONNEES NATIONALES

Elles seront en général 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.

#### BASES DE DONNEES INTERNATIONALES

Plusieurs projets ont été entrepris pour créer des ensembles de données internationales sur l'affectation des terres et la couverture terrestre, à des niveaux régionaux et mondiaux (l'Appendice 3A.1 en répertorie certains). Le plus souvent, ces ensembles de données sont conservés sous forme de données maillées obtenues à partir de différents types d'images satellite, ainsi que des données de référence de 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 des catégories d'affectation des terres. En général, les inventaires classiques présentent seulement la somme totale de la superficie d'affectation des terres par catégorie. La distribution spatiale peut être obtenue à l'aide de données internationales sur l'affectation 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'affectation 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, les compilateurs d'inventaire devront tenir compte des points suivants :
  - (i) Le système de classification (la définition des catégories d'affectation 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 3.2 (*Catégories d'affectation des terres*) en contactant l'organisme international et en comparant ses définitions aux définitions nationales.
  - (ii) 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.

- (iii) Évaluation de l'exactitude de la classification et des risques d'erreurs de géoréférencement qui peuvent exister en dépit des tests d'exactitude effectués normalement sur les sites échantillons. Les organismes chargés des inventaires devront obtenir les détails des problèmes de classification et des tests effectués.
- (iv) 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 l'établissement des rapports.

### **3A.2.2 COLLECTE DE NOUVELLES DONNEES PAR ECHANTILLONNAGE**

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. On appliquera des principes d'échantillonnage permettant d'obtenir des procédures d'estimation cohérentes, sans biais et qui fournissent des résultats précis.

L'échantillonnage utilise habituellement des unités d'échantillonnage situées sur une grille régulière dans la superficie inventoriée. Une catégorie d'affectation des terres est affectée à chaque unité d'échantillonnage. Les unités d'échantillonnage peuvent servir à calculer les pourcentages des catégories d'affectation des terres pour la superficie inventoriée. La multiplication des pourcentages par la superficie totale fournit des estimations de la superficie pour chaque catégorie d'affectation 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'affectation 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 conversion 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. On utilisera l'intervalle de confiance pour vérifier si les variations de superficies par catégorie sont statistiquement significatives et reflètent des changements significatifs.

L'annexe 3A.3 fournit des informations supplémentaires sur l'échantillonnage.

### **3A.2.3 COLLECTE DE NOUVELLES DONNEES DANS DES INVENTAIRES COMPLETS**

Un inventaire complet sur l'utilisation de toutes les terres d'un pays nécessitera l'établissement périodique de cartes d'affectation des terres dans le pays. Les techniques de télédétection seront utiles à cette fin. Comme indiqué dans la description de l'approche 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 plus grossière pourront contribuer à la création d'une base de données 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.

### **3A.2.4 OUTILS DE COLLECTE DES DONNEES**

#### **TECHNIQUES DE TELEDETECTION (TD)**

Les données télédéteectées sont des données provenant de capteurs (optiques, radars ou lidars) 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, et/ou des zones éloignées, difficiles d'accès. De plus, les archives des données télédéteectées couvrent plusieurs décennies et permettent de recréer des séries temporelles antérieures pour la couverture terrestre et l'affectation des terres. La télédétection présente toutefois certaines difficultés, notamment le problème d'interprétation des images qui doivent être traduites en données utiles sur la couverture terrestre et l'affectation 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 la couverture terrestre/les catégories d'affectation 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.

### **Types de données télédéteectées (TD)**

Les principaux types de données télédéteectées 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, 4) les images lidar. L'association de plusieurs types de données télédéteectées (visibles/infrarouge et radar ; différentes résolutions spatiales ou spectrales ; etc.) peut être utile pour évaluer les catégories d'affectation 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'affectation des terres approprié ;
- Résolution spatiale appropriée ;
- Résolution temporelle appropriée pour l'estimation des changements d'affectation des terres ;
- 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 satellites 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). 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/affectation 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 1 ha. 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 télédéteectées. 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.

#### **4. Lidar**

Le lidar (détection et mesure de la lumière) fonctionne sur les mêmes principes que le radar. L'outil lidar émet une onde lumineuse vers une cible. La lumière émise entre en contact avec la cible, qui la modifie. Une partie de cette lumière se reflète/est rétrodiffusée vers l'outil où elle est analysée. Les modifications des propriétés de la lumière permettent de déterminer certaines propriétés de la cible. On mesure la plage vers la cible grâce au temps de trajet de la lumière vers la cible et de la cible vers la lumière. Existents trois grands types de lidars : les détecteurs de plages, les lidars à absorption différentielle, et les dopplers.

#### **Données de référence de terrain**

Pour pouvoir exploiter les données télédéteectées, et en particulier pour associer la couverture terrestre et l'affectation 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 affectations 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 affectations 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 conversions d'affectation des terres par TD**

La télédétection peut permettre de localiser les changements. 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/affectation 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 :** Il s'agit de 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.

D'autres méthodes sont possibles : par exemple, on peut utiliser le relevé des changements ou l'interprétation visuelle. Les superficies converties sont relevées grâce à un affichage des différentes combinaisons de gammes, des différences de gammes ou à travers des indices dérivés (indices de végétation, par exemple). L'attention se porte donc sur les sites potentiels de conversions d'affectation des terres qui peuvent être repérés et affectés par

des techniques manuelles ou automatiques. Si ces méthodes sont sujettes à divergences d'interprétation, elles réussissent tout de même à détecter les changements subtils et à mieux détecter et cartographier les conversions d'affectation des terres lorsque la couverture terrestre, le contexte et d'autres informations auxiliaires sont nécessaires pour les déterminer.

### Évaluation de l'exactitude de la cartographie

Les compilateurs d'inventaires qui utilisent des cartes de la couverture terrestre ou des affectations des terres devront 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. Si certaines catégories pourront avoir des caractéristiques d'identification uniques, avec d'autres les confusions seront faciles. 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 la conversion d'un travail du sol intensif à un travail du sol réduit sur une superficie donnée.

Les compilateurs d'inventaire devront donc estimer l'exactitude des cartes de couverture terrestre/affectation 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 annexe 3A.4, note de bas de page 5) 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). 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.

### RELEVÉS DE TERRAIN

Les relevés de terrain 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 permettent 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, 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 sur la gestion des terres, ainsi que des données sur l'affectation 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 prédéfinie, 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.

## Annexe 3A.3 Échantillonnage

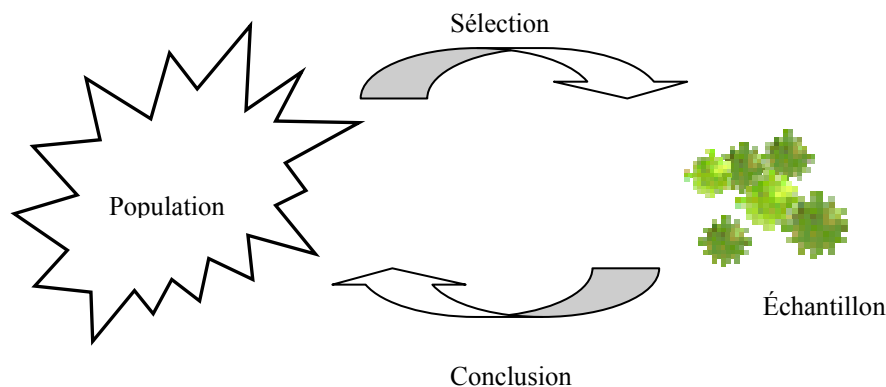
### 3A.3.1 INTRODUCTION

Les données relatives aux terres proviennent souvent de relevés échantillons et sont utilisées pour les estimations des changements d'affectation des terres ou des variations des stocks de carbone. Les inventaires forestiers nationaux sont des exemples importants des types de relevés utilisés. La présente section contient des recommandations sur l'utilisation des données provenant de relevés échantillons pour l'établissement de rapports sur les émissions et absorptions de gaz à effet de serre, et pour la planification de ces relevés.

### 3A.3.2 VUE D'ENSEMBLE DES PRINCIPES D'ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage permet d'obtenir des informations sur une population par l'observation d'une fraction de cette population : l'échantillon (voir figure 3A.3.1). On peut, par exemple, estimer des variations du carbone de la biomasse arborée au niveau régional ou national à partir de la croissance, de la mortalité et des abattages sur un nombre limité de parcelles échantillons. La théorie de l'échantillonnage permet ensuite une mise à l'échelle des données des parcelles échantillons au niveau géographique requis. Un échantillonnage bien conçu peut améliorer considérablement l'efficacité d'utilisation des ressources d'inventaires. De plus, l'échantillonnage de terrain est généralement nécessaire pour la préparation des inventaires car, même si on obtient une couverture territoriale complète avec des données télédéteectées, des données de terrain provenant de sites échantillons seront nécessaires pour l'interprétation et la vérification.

Figure 3A.3.1 Principes de l'échantillonnage



La théorie de l'échantillonnage type repose sur le choix aléatoire d'un échantillon de la population ; chaque unité de population a une probabilité spécifique d'être incluse dans l'échantillon. Ceci est le cas pour une distribution complètement aléatoire des parcelles échantillons sur une superficie, ou pour une distribution systématique des parcelles sur une grille, à condition que celle-ci soit située aléatoirement. L'échantillonnage aléatoire limite le risque de biais et permet une évaluation objective de l'incertitude des estimations. Il est donc recommandé d'utiliser des données échantillonnées aléatoirement si celles-ci sont disponibles, ou lors de l'établissement de nouveaux relevés.

On peut aussi collecter des échantillons sur des emplacements choisis subjectivement, supposés être représentatifs de la population. Il s'agit de l'échantillonnage subjectif (ou dirigé), et les données de ces relevés sont souvent utilisées dans les inventaires de gaz à effet de serre (c'est-à-dire lorsqu'on utilise des observations provenant de sites de relevés qui n'ont pas été choisis aléatoirement pour représenter une catégorie de terres complète ou une strate). Dans ces conditions, des observations relatives à des types de forêts, par exemple, pourraient être extrapolées à des superficies pour lesquelles elles ne sont pas représentatives. Cependant, en raison des ressources limitées, les inventaires des gaz à effet de serre peuvent devoir utiliser des données provenant aussi de sites choisis subjectivement ou de sites de recherches. Les *bonnes pratiques* consistent alors

à identifier, en consultation avec les organismes chargés des sites ou des parcelles, les superficies terrestres pour lesquelles les échantillons subjectifs peuvent être considérés comme représentatifs.

### 3A.3.3 CONCEPTION DE L'ÉCHANTILLONNAGE

La conception de l'échantillonnage détermine le choix des unités d'échantillonnage (les sites ou les parcelles) pour la population, et donc les procédures d'estimation statistiques à mettre en œuvre pour pouvoir exploiter l'échantillon. Des conceptions d'échantillonnage aléatoire peuvent être divisées en deux groupes principaux, à l'aide d'informations auxiliaires, suivant que la population est ou n'est pas *stratifiée* (subdivisée avant l'échantillonnage). En général, les relevés stratifiés seront plus économiques pour ce qui est de l'exactitude. Mais ils sont souvent un peu plus complexes, ce qui augmente le risque d'erreurs non liées à l'échantillonnage dues à l'utilisation incorrecte des données collectées. Les conceptions d'échantillonnage devront refléter un compromis acceptable entre simplicité et efficacité, et les trois éléments suivants en matière de *bonnes pratiques* seront utiles à cette fin :

- Utilisation de données auxiliaires et de stratification ;
- Échantillonnage systématique ;
- Parcelles échantillons permanentes et données de séries temporelles.

#### Utilisation de données auxiliaires et de stratification

La *stratification*, par laquelle la population est divisée en sous-populations sur la base de *données auxiliaires*, est une des plus importantes conceptions d'échantillonnage intégrant des informations auxiliaires. Ces données peuvent être des données sur les limites juridiques ou administratives ou les administrations forestières qu'il sera utile d'échantillonner séparément, ou des cartes ou des données télédéteectées qui différencient entre des zones de hautes terres et de basses terres ou entre des types d'écosystèmes. La stratification ayant pour but d'augmenter l'efficacité, conformément aux *bonnes pratiques*, on utilisera des données auxiliaires lorsqu'elles sont disponibles ou peuvent le devenir à peu de frais.

La stratification améliore l'efficacité sur deux plans : (i) en améliorant l'exactitude de l'estimation pour l'ensemble de la population ; et (ii) en permettant d'obtenir des résultats appropriés pour certaines sous-populations (pour certaines régions administratives, par exemple).

En ce qui concerne le premier point, la stratification améliore l'efficacité de l'échantillonnage si on subdivise la population de façon à réduire la variabilité entre les unités d'une strate, par comparaison avec la variabilité pour l'ensemble de la population. On peut, par exemple, diviser un pays en une zone de basses terres (avec certaines caractéristiques des catégories d'affectation des terres étudiées) et une zone de hautes terres (avec différentes caractéristiques des catégories correspondantes). Si chaque strate est homogène, on peut obtenir une estimation d'ensemble précise en utilisant seulement un échantillon limité de chaque strate. Le deuxième point est important pour obtenir des résultats à un degré d'exactitude spécifique pour toutes les régions administratives étudiées, mais aussi lorsque des données échantillonnées doivent être utilisées avec d'autres ensembles de données existants, qui ont été collectées avec d'autres protocoles utilisant les mêmes limites administratives ou juridiques.

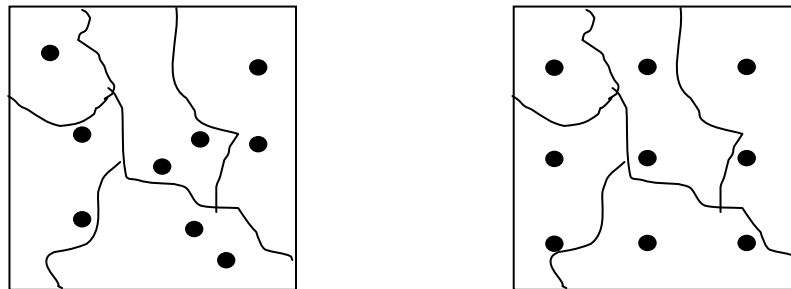
L'utilisation de données télédéteectées ou cartographiques pour l'identification des limites des strates (les subdivisions des catégories d'affectation des terres à inclure dans un relevé échantillon) peut introduire des erreurs en raison du risque de classement incorrect de certaines superficies dans certaines strates, et de l'omission d'autres superficies qui font partie de la catégorie spécifique. Ces erreurs peuvent être à l'origine d'un biais important dans les estimations finales, car la superficie identifiée pour l'échantillonnage ne correspondra pas à la population cible. Chaque fois que ce risque d'erreur existe, conformément aux *bonnes pratiques*, on évaluera les effets potentiels de ces erreurs, à l'aide de données de réalité de terrain.

Lorsque des données pour l'établissement de rapports sur les émissions ou absorptions de gaz à effet de serre proviennent d'inventaires à grande échelle existants, tels que des inventaires forestiers nationaux, on peut appliquer les procédures d'estimation type de ces inventaires, à condition qu'elles soient basées sur des principes statistiques solides. De plus, grâce à la *post-stratification* (la définition des strates basée sur des données auxiliaires télédéteectées ou cartographiques après la mise en œuvre du relevé de terrain), on peut utiliser de nouvelles données auxiliaires pour améliorer l'efficacité sans modifier la conception fondamentale (Dees *et al.*, 1998). L'application de ce principe d'estimation permet aussi de prévenir le risque de biais mentionné précédemment.

### Échantillonnage systématique

Le plus souvent, les échantillons basés sur des relevés forestiers ou d'utilisation des terres utilisent des points ou des parcelles échantillons sur lesquels les caractéristiques étudiées sont enregistrées. La disposition de ces points ou parcelles est un aspect important de la procédure d'échantillonnage. Bien souvent, il est utile de choisir une disposition groupée des parcelles (échantillonnage en grappe) pour réduire les frais de déplacement dans le cadre d'un relevé échantillon sur de grandes superficies. Avec ce type d'échantillonnage, la distance entre les parcelles doit être assez grande pour prévenir le risque de corrélation élevée entre les parcelles, tout en tenant compte de la taille du peuplement (pour l'échantillonnage des forêts). Il est important de déterminer si les parcelles (ou les grappes de parcelles) devront être disposées entièrement aléatoirement, ou systématiquement, sur une grille régulière située aléatoirement sur la superficie étudiée (voir figure 3A.3.2). En général, un échantillonnage systématique est utile, car dans la plupart des cas, il augmente la précision des estimations, et simplifie le travail sur le terrain.

**Figure 3A.3.2 Disposition de parcelles aléatoire simple (gauche) et systématique (droite)**



Fondamentalement, la supériorité de l'échantillonnage aléatoire systématique par rapport à l'échantillonnage aléatoire simple est due à la distribution uniforme des parcelles échantillons sur l'ensemble de la superficie cible.<sup>3</sup> Dans le cas d'un échantillonnage aléatoire simple, certaines parties de la superficie peuvent inclure un grand nombre de parcelles, alors que le reste ne peut en inclure du tout.

### Parcelles échantillons permanentes et données de séries temporelles

Les inventaires de gaz à effet de serre doivent évaluer l'état actuel et les variations temporelles (pour des utilisations des terres et des stocks de carbone). L'évaluation des variations est très importante et s'effectue par échantillonnage répété dans le temps. L'intervalle temporel entre les mesures devra être déterminé en fonction de la fréquence des événements à l'origine de variations, et des prescriptions relatives à l'établissement des rapports. En général, des intervalles d'échantillonnage de cinq à dix ans sont suffisants, et nombreux pays disposent de relevés bien conçus depuis des décennies, en particulier pour le secteur forestier. Cependant, étant donné que des estimations d'inventaire sont requises annuellement, on devra appliquer des méthodes d'interpolation et d'extrapolation. En l'absence de séries temporelles assez longues, une extrapolation rétrospective sera peut-être nécessaire pour refléter les interactions des variations des stocks de carbone.

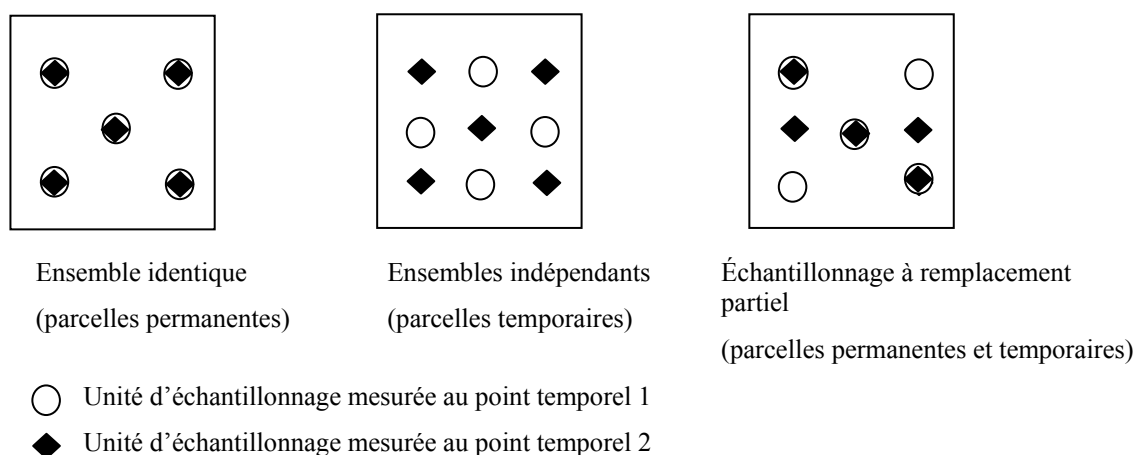
Lors de la mise en œuvre d'un échantillonnage répété, les données requises sur l'état actuel des superficies ou des stocks de carbone sont évaluées à chaque point temporel étudié. On estime ensuite les variations en calculant la différence entre l'état au point temporel  $t + 1$  à partir de l'état au point temporel  $t$ . Le plus souvent, trois conceptions d'échantillonnage sont utilisées pour l'estimation des variations :

- Utilisation des mêmes unités d'échantillonnage à chaque point temporel (unités d'échantillonnage permanentes) ;
- Utilisation d'unités d'échantillonnage différentes et indépendantes à chaque point temporel (unités d'échantillonnage temporaires) ;
- Certaines unités d'échantillonnage peuvent être remplacées entre les points temporels, alors que d'autres sont inchangées (échantillonnage à remplacement partiel).

La figure 3A.3.3 illustre ces trois approches.

<sup>3</sup> Dans des cas inhabituels, lorsqu'il existe une configuration régulière sur le terrain qui peut coïncider avec le système de grille systématique, un échantillonnage systématique peut donner des estimations moins précises qu'un échantillonnage aléatoire simple. Mais, en général, ces problèmes potentiels peuvent être résolus en orientant la grille dans un autre sens.

**Figure 3A.3.3 Utilisation de différentes conceptions d'échantillonnage (unités permanentes et temporaires) pour l'estimation des variations**



En général, les parcelles échantillons permanentes sont plus efficaces que les parcelles temporaires pour l'estimation des variations car il est plus facile de distinguer les tendances réelles des différences dues uniquement à un autre choix de parcelles. Cependant, l'utilisation de parcelles échantillons permanentes présente certains risques. Si les gestionnaires fonciers connaissent les emplacements des parcelles échantillons permanentes (en raison du marquage visible des parcelles, par exemple), la gestion sur ces parcelles peut être différente de la gestion d'autres terres. Dans ce cas, les parcelles ne seront plus représentatives et les résultats risquent de présenter un biais. Si on estime que ce risque existe, conformément aux *bonnes pratiques*, on évaluera quelques parcelles temporaires, à titre d'échantillons de contrôle, pour déterminer si les conditions sur ces parcelles diffèrent de celles sur les parcelles permanentes.

L'utilisation de l'échantillonnage à remplacement partiel peut résoudre certains problèmes potentiels liés aux parcelles permanentes, car on peut remplacer des sites sur lesquels on juge que la gestion est délibérément différente. On peut utiliser ce type d'échantillonnage, bien que les procédures d'estimation soient compliquées (Scott et Köhl, 1994 ; Köhl *et al.*, 1995).

Lorsqu'on utilise uniquement des parcelles temporaires, on peut estimer les variations globales, mais on ne peut pas étudier les conversions des terres, sauf si on parvient à inclure une dimension temporelle dans l'échantillon, ce qui peut être fait à l'aide de données auxiliaires (cartes, données télédéteectées, archives administratives sur l'état antérieur des terres, etc.). Ceci introduit une incertitude supplémentaire dans l'évaluation, qui peut être difficile à quantifier sans avoir recours à l'opinion d'experts.

### 3A.3.4 METHODES D'ECHANTILLONNAGE POUR L'ESTIMATION DES SUPERFICIES

De nombreuses méthodes d'évaluation des superficies ou des variations des superficies dans les catégories d'affectation des terres sont basées sur l'échantillonnage. Il existe deux façons d'estimer par échantillonnage les superficies et les variations des superficies :

- Estimation de la superficie au moyen des proportions ;
- Estimation directe de la superficie.

Avec la première méthode, on doit connaître la superficie totale de la région étudiée, et le relevé échantillon donne seulement les proportions des catégories d'affectation des terres. Avec la seconde méthode, il n'est pas nécessaire de connaître la superficie totale.

Dans les deux cas, on doit évaluer un nombre donné d'unités d'échantillonnage situées dans la zone d'inventaire. Le choix des unités d'échantillonnage peut être effectué par échantillonnage aléatoire simple ou systématique (voir figure 3A.3.2). En général, l'échantillonnage systématique améliore la précision des estimations, en particulier lorsque les catégories d'utilisation de terres sont représentées par de grands groupes de parcelles. La stratification peut aussi améliorer l'efficacité des estimations des superficies ; et les *bonnes pratiques*, dans ce cas, consistent à mettre en œuvre les procédures décrites ci-dessous indépendamment pour chaque strate.

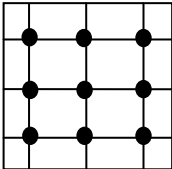
Pour l'estimation des proportions, on suppose que les unités d'échantillonnage sont des points adimensionnels,

toutefois on doit prendre en compte une petite superficie autour de chaque point pour la détermination de la catégorie d'affectation des terres. On peut aussi utiliser des parcelles échantillons pour l'estimation, mais ceci n'est pas examiné plus en détail ici.

### 3A.3.5 ESTIMATION DE LA SUPERFICIE AU MOYEN DES PROPORTIONS

En général, on connaît la superficie totale d'une région inventoriée, et on peut baser l'estimation des superficies des catégories d'utilisation des terres sur des évaluations des proportions de la superficie. Avec cette méthode, la superficie inventoriée est couverte par un certain nombre de points échantillons, et on détermine l'affectation des terres pour chaque point. On calcule la proportion de chaque catégorie d'affectation des terres en divisant le nombre de points situés dans la catégorie donnée par le nombre total de points. Pour obtenir des estimations des superficies pour chaque catégorie d'utilisation des terres, on multiplie la proportion de chaque catégorie par la superficie totale.

Le Tableau 3A.3.1 présente un exemple de cette méthode. L'erreur type d'une estimation de superficie est obtenue par  $S\sqrt{(p_i \cdot (1 - p_i)) / (n - 1)}$ , où  $p_i$  est la proportion de points dans la catégorie d'utilisation des terres particulière,  $S$  la superficie totale connue, et  $n$  le nombre total de points échantillons.<sup>4</sup> L'intervalle de confiance de 95 pour cent pour  $S_i$ , l'estimation de superficie de la catégorie d'utilisation des terres  $i$ , sera approximativement  $\pm 2$  fois l'erreur type.

TABLEAU 3A.3.1 EXEMPLE D'ESTIMATION DE LA SUPERFICIE AU MOYEN DE PROPORTIONS			
Procédure d'échantillonnage	Estimation des proportions	Estimation des superficies des catégories d'affectation des terres	Erreur type
	$p_i = n_i / n$	$S_i = p_i \cdot A$	$s(S_i)$
	$p_1 = 3/9 \cong 0,333$	$S_1 = 300$ ha	$s(S_1) = 150,0$ ha
	$p_2 = 2/9 \cong 0,222$	$S_2 = 200$ ha	$s(S_2) = 132,2$ ha
	$p_3 = 4/9 \cong 0,444$	$S_3 = 400$ ha	$s(S_3) = 158,1$ ha
	Somme = 1,0	Total = 900 ha	

Où :

$S$  = Superficie totale (= 900 ha dans cet exemple)

$S_i$  = Superficie totale de catégorie d'affectation des terres

$n_i$  = nombre de points situés dans une affectation des terres  $i$

$n$  = nombre de points total

On peut estimer les superficies faisant l'objet de changements d'affectation des terres en introduisant des catégories de type  $S_{ij}$  dans lesquelles des terres passent de la catégorie  $i$  à la catégorie  $j$  entre des relevés successifs.

### 3A.3.6 ESTIMATION DIRECTE DE LA SUPERFICIE

Si l'on connaît la superficie totale inventoriée, il est recommandé d'estimer les superficies et les variations de superficies par une évaluation des proportions, étant donné que cette méthode donnera l'exactitude la plus

<sup>4</sup> On notera que cette formule est seulement approximative dans le cas de l'application d'un échantillonnage systématique.

élevée. Si l'on ne connaît pas cette superficie totale ou si elle est entachée d'une incertitude inacceptable, on peut utiliser une autre méthode par estimation directe des superficies des catégories d'utilisation des terres. Cette méthode ne peut être utilisée qu'avec un échantillonnage systématique ; chaque point d'échantillonnage représente une superficie correspondant à la taille de la maille de la configuration de l'échantillon.

Dans le cas, par exemple, de points échantillons choisis sur une grille carrée systématique, avec une distance de 1000 mètres entre les points, chaque point échantillon représentera une superficie de  $1\text{ km} \bullet 1\text{ km} = 100\text{ ha}$ . Donc, si 15 parcelles sont dans une catégorie d'utilisation des terres étudiée, la superficie estimée sera :  $15 \bullet 100\text{ ha} = 1500\text{ ha}$ .



Figure 3A.4.1B L'échantillon de mailles peut être distribué régulièrement.

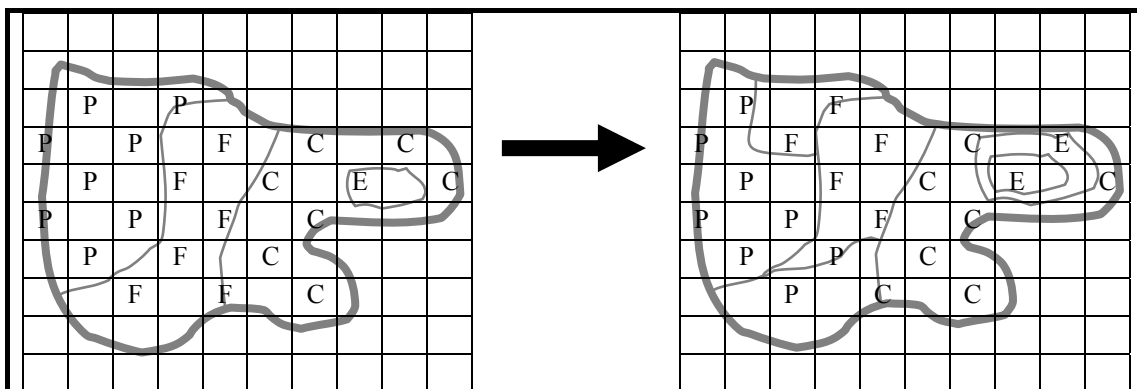


Figure 3A.4.1C L'échantillon de mailles peut être distribué de manière irrégulière

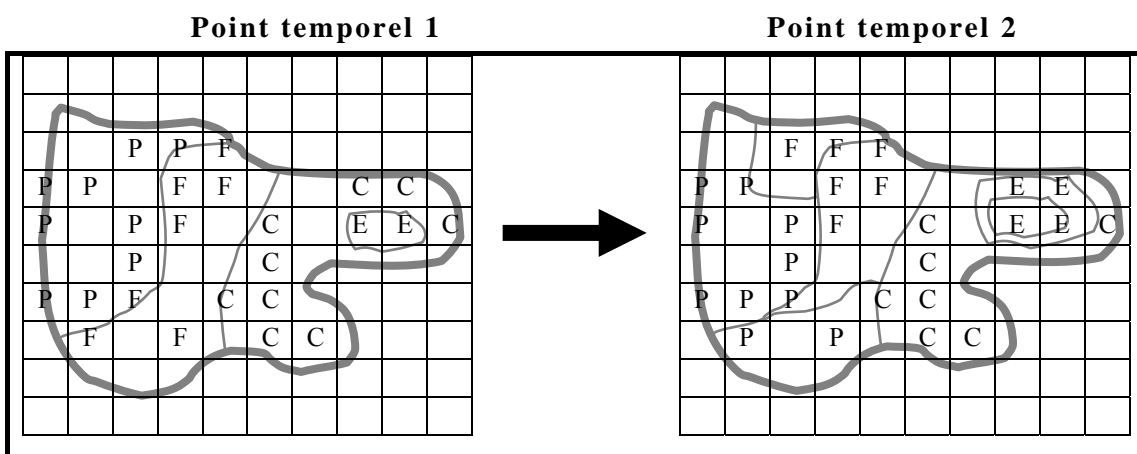
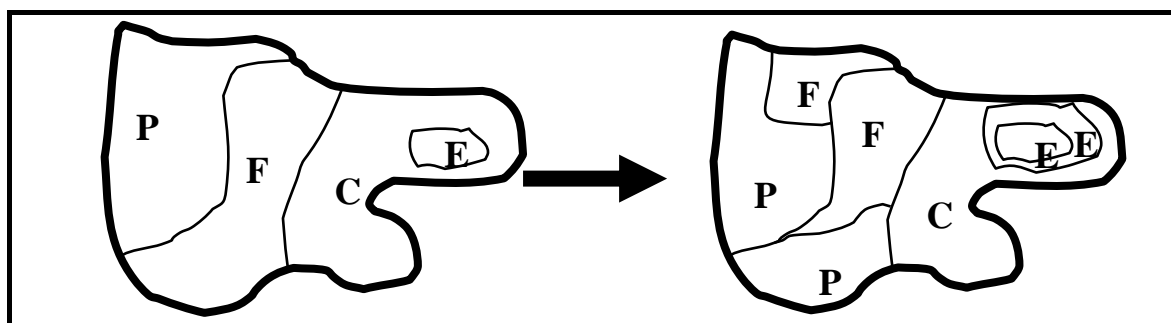


Figure 3A.4.1D On peut préparer des cartes en utilisant les mailles, qui peuvent elles-mêmes également être agrégées en polygones.



Note : F = Terres forestières, P = Prairies, C = Terres cultivées, H = Terres humides, E = Établissements, A = Autres terres.

Lors de l'utilisation de l'approche 3, les compilateurs d'inventaires doivent :

- Utiliser une stratégie d'échantillonnage conforme aux recommandations figurant dans le présent chapitre. 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 ;
- 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 dans le présent chapitre (techniques de télédétection). Il est important de prévenir le risque de classement incorrect des types de couverture terrestre obtenus par télédétection. Les inventaires forestiers ou d'autres données d'enquêtes classiques peuvent être utilisés à cet effet. Il est nécessaire de prévenir autant que faire se peut toute classification erronée des types de terres et d'établir l'exactitude des cartes obtenues par références de terrain ou données télédéteectées de très haute résolution. La méthode classique consiste à créer une matrice<sup>5</sup> indiquant, pour une classification de terre, la probabilité d'une classification incorrecte et l'autre classification possible ;
- Établir des intervalles de confiance pour les superficies d'affectation des terres et conversions de superficies qui seront utilisées dans l'estimation des variations des stocks de carbone, des émissions et absorptions ;
- Établir des tableaux récapitulatifs des superficies nationales classées par changements d'affectation des terres.

---

<sup>5</sup> Dite également *matrice de confusion*.

## Annexe 3A.5 Classification des climats et des sols par défaut

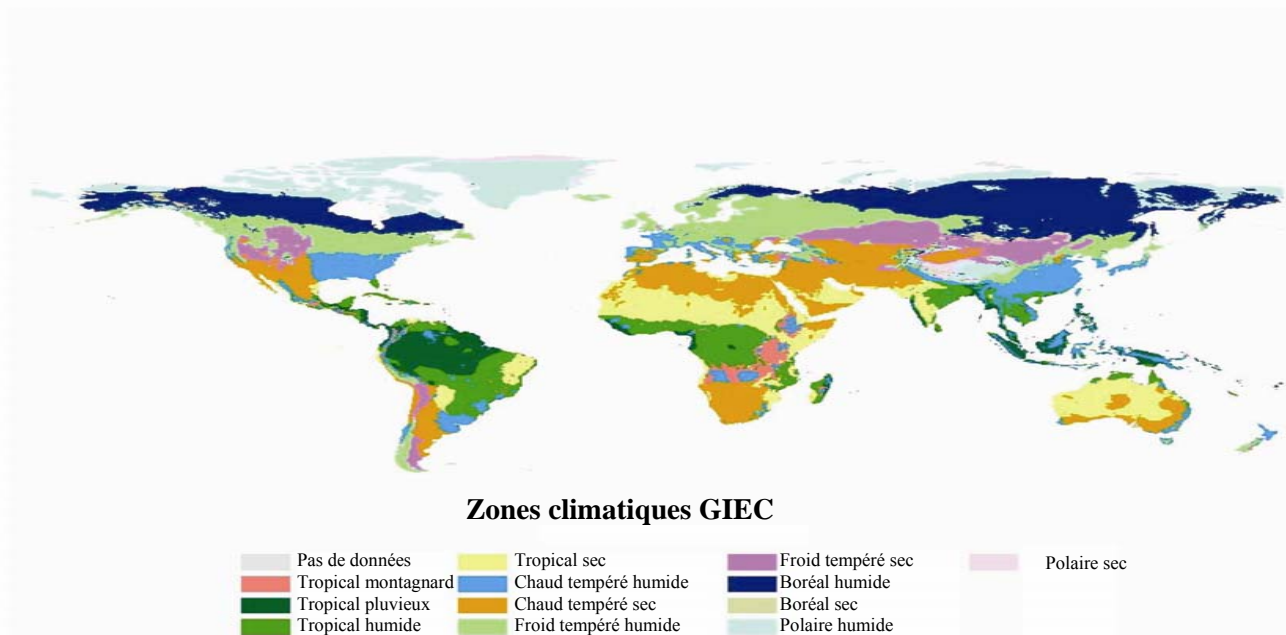
Pour pouvoir appliquer les facteurs d'émissions et de variation des stocks en vue d'estimer les variations des stocks de la biomasse, de la matière organique morte et des sols, on a classifié les régions en zones climatiques. La figure 3A.5.1 présente la classification climatique par défaut, qui peut être dérivée à l'aide du plan de classification de la figure 3A.5.2. Aux méthodes de niveau 1, cette classification doit être utilisée parce que les facteurs de variation des stocks et d'émissions par défaut ont été calculés en l'utilisant. À noter que les régions climatiques sont subdivisées plus avant en zones écologiques afin d'appliquer la méthode de niveau 1 pour l'estimation des variations des stocks de C de la biomasse (voir tableau 4.1 au chapitre 4). Aux méthodes de niveaux 2 ou 3, les compilateurs d'inventaires pourront choisir d'élaborer une classification climatique nationale, avec des facteurs de variation des stocks et d'émissions spécifiques au pays. Selon les *bonnes pratiques*, on appliquera la même classification sur tous les types d'affectation des terres, qu'elle soit par défaut ou spécifique au pays. Ainsi, les facteurs de variations des stocks et d'émissions seront affectés à chaque pool de l'inventaire national suivant une classification climatique uniforme.

Quant aux sols, ils sont classifiés pour pouvoir appliquer des stocks de C et facteurs de variation des stocks de référence à l'estimation des variations des stocks de C des sols, mais aussi des émissions de N<sub>2</sub>O des sols (en d'autres termes, les sols organiques doivent être classifiés afin d'estimer les émissions de N<sub>2</sub>O suite à un drainage). On trouve les sols organiques dans les terres humides ou lorsqu'ils ont été drainés et convertis à d'autres affectations des terres (par exemple, terres forestières, terres cultivées, prairies ou établissements). Les sols organiques sont identifiés à l'aide des critères 1 et 2 ou 1 et 3 présentés ci-dessous (FAO 1998) :

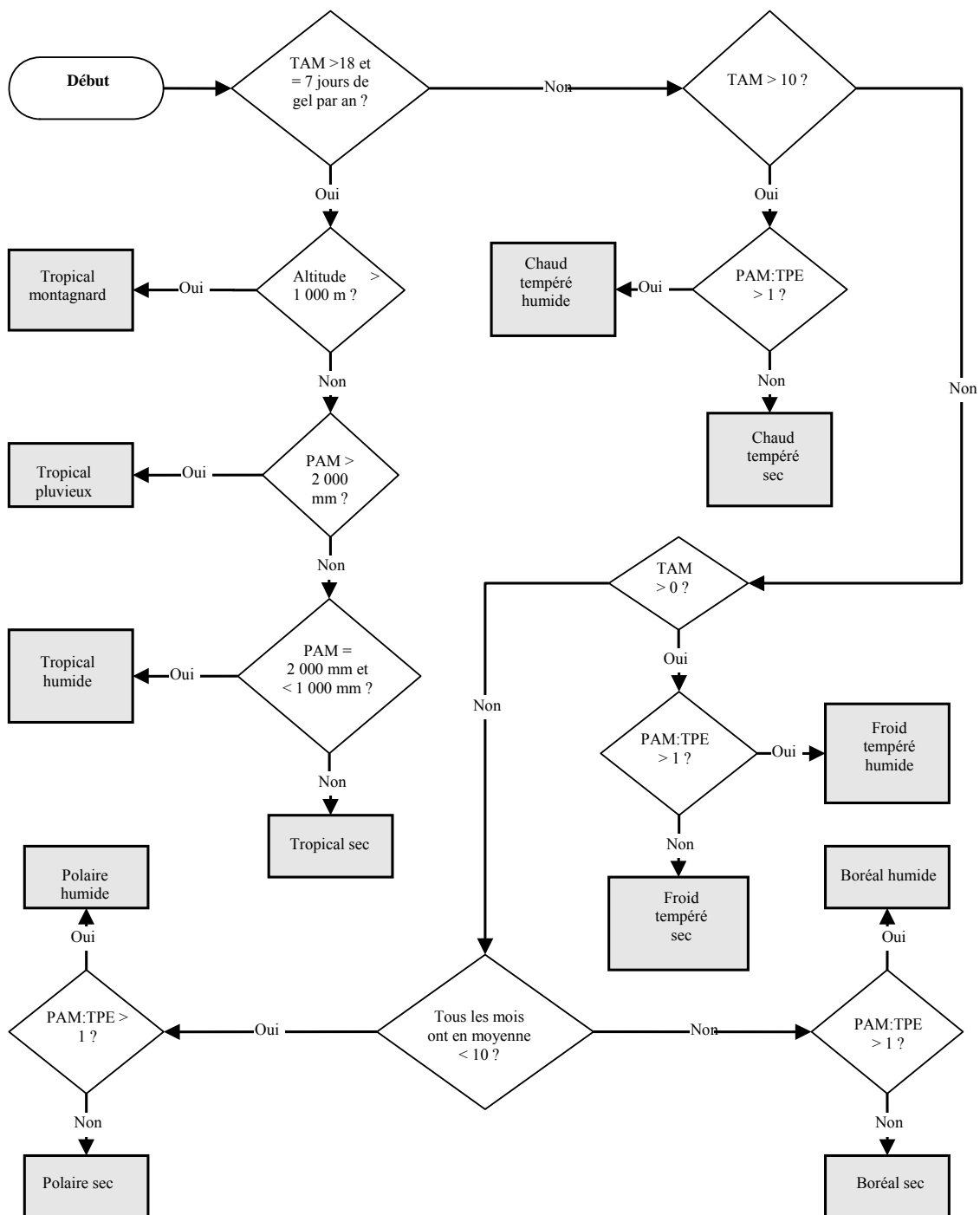
1. Épaisseur d'horizon organique égale ou supérieure à 10 cm. Un horizon d'épaisseur inférieure à 20 cm doit avoir 12 pour cent ou plus de carbone organique lorsqu'il est mélangé à une profondeur de 20 cm.
2. Si le sol n'est jamais saturé pendant plus de quelques jours, et contient plus de 20 pour cent (par poids) de carbone organique (environ 35 pour cent de matière organique).
3. Si le sol est saturé périodiquement et a :
  - a. Au moins 12 pour cent (par poids) de carbone organique (environ 20 pour cent de matière organique) s'il ne contient pas d'argile ; ou
  - b. Au moins 18 pour cent (par poids) de carbone organique (environ 30 pour cent de matière organique) s'il contient 60 pour cent ou plus d'argile ; ou
  - c. Une quantité intermédiaire et proportionnelle de carbone organique pour des quantités intermédiaires d'argile.

Tous les autres types de sols sont considérés comme des sols minéraux. La figure 3A.5.3 présente une classification des sols minéraux par défaut, permettant de catégoriser les types de sols en fonction de la nomenclature USDA (USDA, 1999) et la figure 3A.5.4 suit la nomenclature de la *Base de référence sur les ressources en sols du monde* (FAO, 1998) (Note : on obtient les mêmes types de sols GIEC par défaut avec ces deux nomenclatures). Aux méthodes de niveau 1, la classification des sols minéraux par défaut doit être utilisée parce que les stocks de C de référence et les facteurs de variation des stocks par défaut ont été calculés en fonction de ces types de sols. Aux méthodes de niveaux 2 ou 3, les compilateurs d'inventaires pourront choisir d'élaborer une classification nationale des sols minéraux et/ou organiques, avec des stocks de C de référence et des facteurs de variation des stocks et d'émissions spécifiques au pays (ou des facteurs d'émissions pour les sols organiques). Selon les *bonnes pratiques*, on appliquera la même classification sur tous les sols.

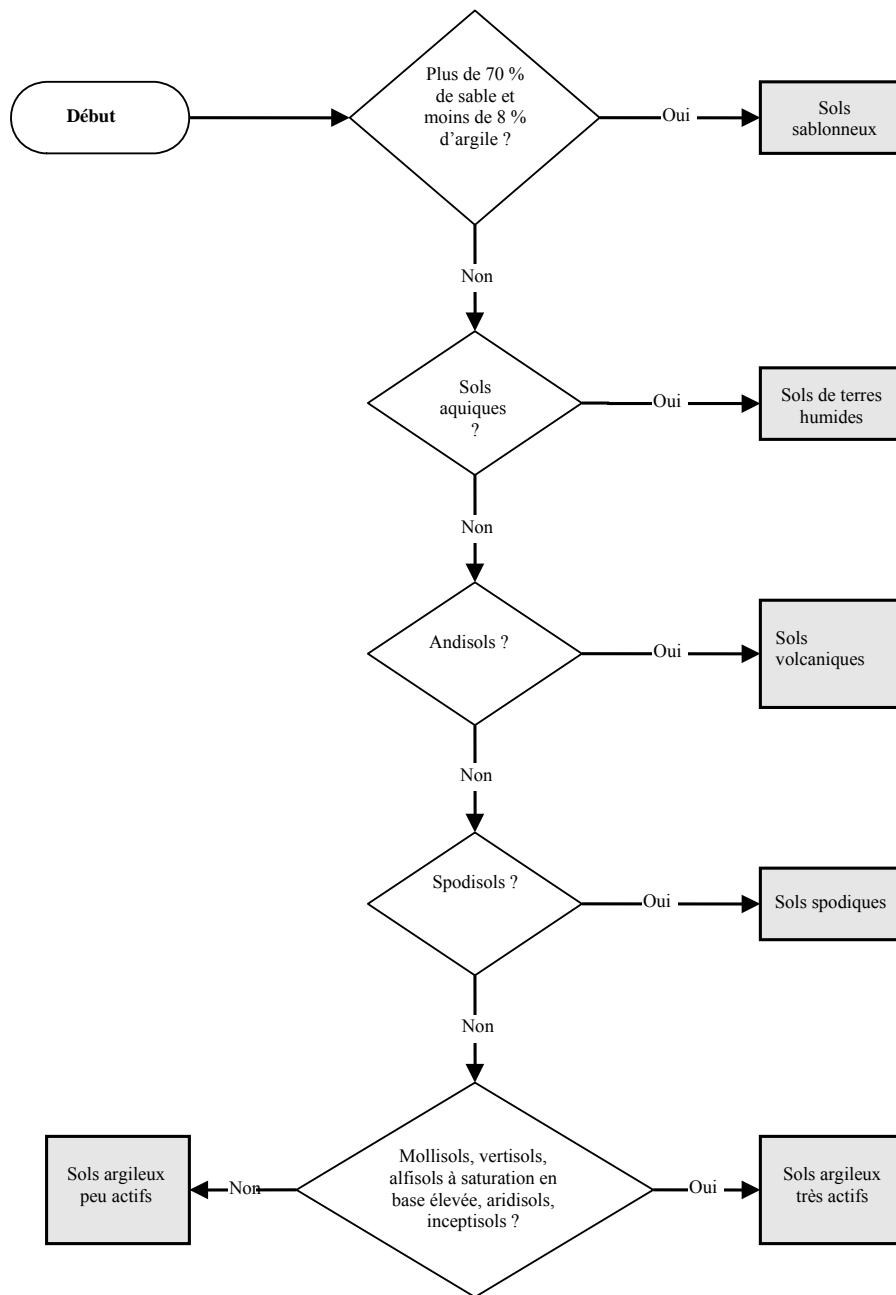
Figure 3A.5.1 Délimitation des principales zones climatiques, mises à jour à partir des *Lignes directrices du GIEC*.



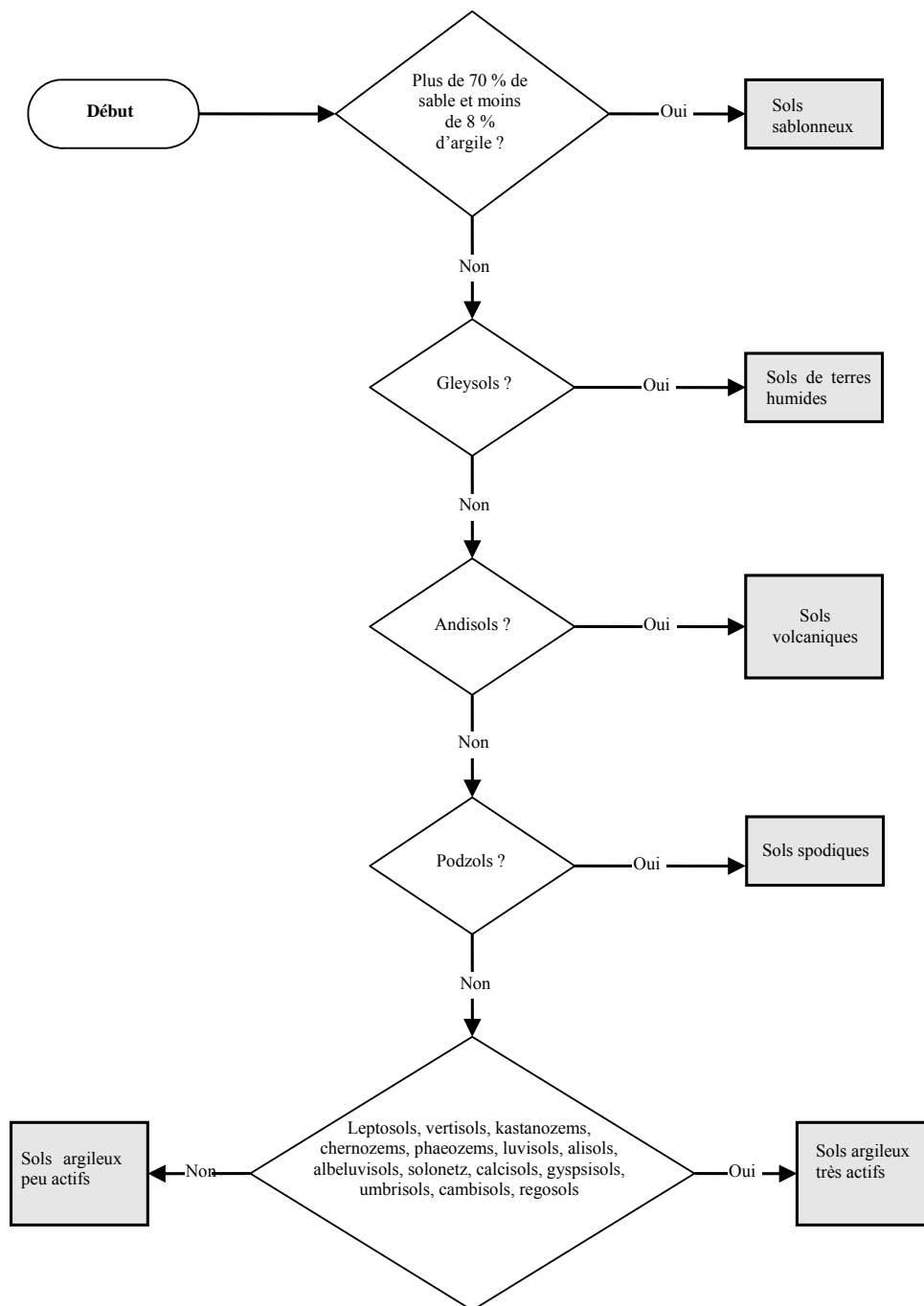
**Figure 3A.5.2** Système de classification pour les régions climatiques par défaut. La classification se base sur l'élévation, la température annuelle moyenne (TAM), les précipitations annuelles moyennes (PAM), le rapport précipitations annuelles moyennes/taux potentiel d'évapotranspiration (PAM:TPE), et les occurrences du gel.



**Figure 3A.5.3** Système de classification des types de sols minéraux, en fonction de la nomenclature USDA



**Figure 3A.5.4** Système de classification des types de sols minéraux en fonction de la nomenclature de la Base de référence sur les ressources en sols du monde (WRB).



---

## Références

- 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.
- Darby, H.C. (1970). Doomsday Book – The first land utilization survey. *The Geographical Magazine* **42**(6), pp. 416 – 423.
- FAO (1995). Planning for Sustainable use of Land Resources: Towards a New Type. Land and Water Bulletin 2, Food and Agriculture Organisation, Rome Italy, 60 pp.
- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- Scott, C.T. and Kohl, M. (1994). Sampling with partial replacement and stratification. *Forest Science* **40** (1):30-46.
- 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. and Sofranco, A.J. (Eds.). (1997). Improving agricultural extension. A reference manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- USGS (2001). <http://edcdaac.usgs.gov/glcc/>