

CHAPITRE 8

ÉTABLISSEMENTS

Auteurs

Jennifer C. Jenkins (États-Unis), Hector Daniel Ginzo (Argentine), Stephen M. Ogle (États-Unis) et Louis V. Verchot (ICRAF/États-Unis)

Mariko Handa (Japon) et Atsushi Tsunekawa (Japon)

Table des matières

8	Établissements	8.5
8.1	Introduction.....	8.5
8.2	Établissements restant établissements.....	8.6
8.2.1	Biomasse	8.6
8.2.1.1	Choix de la méthode.....	8.6
8.2.1.2	Choix des facteurs d'émission/absorption.....	8.8
8.2.1.3	Choix des données sur les activités	8.11
8.2.1.4	Évaluation des incertitudes.....	8.13
8.2.2	Matière organique morte.....	8.13
8.2.2.1	Choix de la méthode.....	8.14
8.2.2.2	Choix des facteurs d'émission/absorption.....	8.14
8.2.2.3	Choix des données sur les activités	8.15
8.2.2.4	Évaluation des incertitudes.....	8.16
8.2.3	Carbone des sols.....	8.16
8.2.3.1	Choix de la méthode.....	8.17
8.2.3.2	Choix des facteurs d'émissions et de variations des stocks.....	8.17
8.2.3.3	Choix des données sur les activités	8.18
8.2.3.4	Évaluation des incertitudes.....	8.18
8.3	Terres converties en établissements.....	8.19
8.3.1	Biomasse	8.20
8.3.1.1	Choix de la méthode.....	8.20
8.3.1.2	Choix des facteurs d'émission/absorption.....	8.21
8.3.1.3	Choix des données sur les activités	8.21
8.3.1.4	Évaluation des incertitudes.....	8.22
8.3.2	Matière organique morte.....	8.22
8.3.2.1	Choix de la méthode.....	8.23
8.3.2.2	Choix des facteurs d'émission/absorption.....	8.23
8.3.2.3	Choix des données sur les activités	8.24
8.3.2.4	Évaluation des incertitudes.....	8.26
8.3.3	Carbone des sols.....	8.26
8.3.3.1	Choix de la méthode.....	8.26
8.3.3.2	Choix des facteurs d'émissions et de variations des stocks.....	8.27
8.3.3.3	Choix des données sur les activités	8.28
8.3.3.4	Évaluation des incertitudes.....	8.29
8.4	Exhaustivité, séries temporelles, AQ/CQ et établissement de rapports.....	8.29
8.4.1	Exhaustivité.....	8.29
8.4.2	Développement d'une série temporelle cohérente.....	8.29

8.4.3	Assurance de la qualité / contrôle de la qualité de l'inventaire	8.29
8.4.4	Établissement de rapports et documentation	8.30
8.5	Base d'une future méthodologie à développer	8.30
	Références	8.32

Équations

Équation 8.1	Variations annuelles du carbone des pools de biomasse vivante des établissements restant établissements	8.7
Équation 8.2	Gains annuels de biomasse en fonction de la superficie totale de couvert forestier.....	8.7
Équation 8.3	Croissance annuelle de la biomasse basée sur le nombre de plantes ligneuses individuelles par grandes catégories.....	8.8

Tableaux

Tableau 8.1	Niveau 2a : taux de croissance par défaut basé sur la superficie de couvert forestier (CVT) pour le couvert forestier urbain par régions	8.10
Tableau 8.2	Niveau 2b : accumulation annuelle moyenne de carbone par défaut par arbre pour les arbres urbains par catégories d'espèces	8.11
Tableau 8.3	Données sur les activités par défaut par type de végétation naturelle potentielle (VNP) (Kuchler, 1969) pour le pourcentage de couvert arboré.....	8.12
Tableau 8.4	Valeurs par défaut des stocks de carbone de la biomasse absorbés suite à une conversion de terres en établissements.....	8.21

8 ÉTABLISSEMENTS

8.1 INTRODUCTION

Le présent chapitre fournit des méthodes d'estimation des variations des stocks de carbone et des émissions et absorptions de gaz à effet de serre associées aux variations du carbone de la biomasse, de la matière organique morte (MOM) et des sols sur les terres classées dans la catégorie *Établissements*. Les établissements sont définis au chapitre 3 comme incluant toutes les terres développées : infrastructures résidentielles, infrastructures destinées aux transports, infrastructures commerciales ou de production (commerciale, fabrication) de toutes tailles, à moins qu'elles ne soient déjà incluses dans d'autres catégories d'affectation des terres. La catégorie d'affectation des terres *Établissements* inclut les sols, la végétation herbacée vivace comme la pelouse et les plantes de jardins, les arbres des établissements ruraux, les jardins de fermes et les zones urbaines. Parmi les exemples d'établissements sont incluses les terrains situés le long de rues, qu'il s'agisse de pelouses commerciales ou résidentielles (rurales ou urbaines), de jardins publics ou privés, de cours de golf et terrains de sports, ou de parcs, si tant est que ces terres sont associées fonctionnellement ou administrativement avec des villes, villages ou autres types d'établissements et qu'elles ne sont pas comptabilisées dans une autre catégorie d'affectation des terres. Lire au chapitre 3 les lignes directrices relatives aux superficies pour l'établissement de rapports et la définition des six catégories d'affectation des terres.

Environ 2 % de la surface terrestre du monde sont couverts de zones urbaines, qui abritent plus de 3 milliards de personnes. Aujourd'hui, plus de la moitié de la population mondiale vit en ville, et le chiffre devrait doubler dans les cinquante ans à venir (Crane et Kinzig, 2005). Dans de nombreuses régions, les terres considérées comme urbaines, en fonction de la densité de population ou des frontières des villes, sont un sous-ensemble de terres qu'on peut classer comme établissements à l'aide des critères décrits ci-dessus. Ces zones d'établissements moins denses peuvent s'étendre bien au-delà des frontières officielles des villes, et dans de nombreuses régions ces superficies sont en forte croissance (Elvidge *et al.*, 2004 ; Gallo *et al.*, 2004 ; Theobald, 2004). Dans les zones principalement rurales, les terres utilisées à des fins résidentielles peuvent occuper une proportion significative du paysage, même si les affectations des terres ne connaissent pas de changements rapides. Les conversions de terres forestières, terres cultivées et prairies en établissements peuvent avoir des impacts importants sur les stocks et flux de carbone (Imhoff *et al.*, 2000 ; Milesi *et al.*, 2003).

La gestion de la végétation dans les établissements peut entraîner des gains, des pertes ou des transferts de carbone entre les différents pools. Par exemple, on peut abandonner sur le site les branches extraites lors de l'émondage, les coupes d'herbe (on a donc des pertes de biomasse), auquel cas on a un transfert à la litière ; on peut aussi s'en débarrasser sous forme de déchets solides (transfert aux déchets), ou les brûler (émissions). Les émissions des gaz à effet de serre pertinents sont comptabilisées dans les sections appropriées des présentes recommandations. Par exemple, le tableau 2.3 du chapitre 2, volume 5 (*Déchets*) inclut dans les statistiques d'échelle nationale sur le devenir des déchets solides au plan national les déchets ligneux/de dépôts. La biomasse extraite des arbres d'établissements pour en faire du bois de chauffage et utilisée comme combustible est comptabilisée dans le secteur *Énergie*. C'est l'impact net de la conversion ou de la gestion entraînant d'un côté des gains et de l'autre des pertes (comme lors du brûlage ou de la décomposition), qui détermine l'équilibre général du C des établissements.

Les sols et la MOM des *établissements restant établissements* ou des *terres converties en établissements* peuvent être des sources ou puits de CO₂, en fonction de l'ancienne affectation des terres, de l'enfouissement de la terre végétale ou de son extraction lors des constructions, de la gestion actuelle, notamment par rapport à l'irrigation et aux ajouts de nutriments, et du type et de la quantité de couvert végétal situé entre les routes, bâtiments et infrastructures associées (Goldman *et al.*, 1995 ; Jo, 2002; Pouyat *et al.*, 2002 ; Qian et Follett, 2002 ; Kaye *et al.*, 2004 ; Kaye *et al.*, 2005).

Les *Lignes directrices GIEC 1996* couvraient la biomasse aérienne des arbres des établissements ruraux, mais aucune autre catégorie d'établissements ou pools associés.

Les *Lignes directrices GIEC 2006* diffèrent du *GPG-LULUCF* sur les points suivants :

- La discussion et la présentation des méthodologies précises ont été déplacées de l'appendice au texte principal et le domaine est considéré comme un secteur d'absorption ou une source d'émissions de gaz à effet de serre ;
- La discussion et les méthodologies ont été étendues pour inclure les cinq pools de biomasse décrits au chapitre 1 ;
- Des méthodologies par défaut, de niveau 1, sont présentées ;

- Des données supplémentaires, adaptées aux niveaux 2 et 3, ont été publiées depuis le *GPG-LULUCF*, et son incluses ici ; et
- Une discussion étendue sur l'élaboration et l'application de méthodologies et de valeurs de niveaux 2 et 3, spécifiques au pays, est incluse, avec des méthodes permettant de travailler avec des données sur les activités plus précises.

Les pools de carbone estimés pour les établissements sont la biomasse aérienne et souterraine, la MOM et les sols. Les sections 8.2 et 8.3 traitent respectivement de la méthodologie d'estimation des variations des stocks de carbone des *établissements restant établissements*, et des *terres converties en établissements*. La méthodologie de la seconde section est généralement applicable aux *terres converties en établissements* à partir de tout autre type de terres.

8.2 ÉTABLISSEMENTS RESTANT ÉTABLISSEMENTS

La présente catégorie se réfère à toutes les catégories de formations urbaines utilisées comme établissements depuis la dernière collecte de données (par exemple, zones fonctionnellement ou administrativement associées aux terres publiques ou privées de villes, villages ou autres types d'établissements). Les émissions et absorptions de CO₂ de cette catégorie sont estimées en fonction des sous-catégories de variations des stocks de carbone de la biomasse (éléments ligneux et vivaces non ligneux), de la MOM et des sols, comme le résume l'équation 2.3 du chapitre 2.

Le pool de la biomasse des établissements présente des composantes ligneuses et herbacées. Pour la biomasse ligneuse, les variations des stocks de carbone sont calculées en tant que différence entre les gains et les pertes de biomasse, en raison d'activités de gestion. Pour la biomasse herbacée des *établissements restant établissements* (comme la pelouse ou les plantes de jardin), on suppose que les variations des stocks de carbone de la biomasse sont généralement nulles.

Les pools de MOM des établissements contiennent du bois mort et de la litière aux composantes herbacées et ligneuses. Pour la végétation ligneuse, les variations du pool peuvent être quantifiées en tant que production de litière fine et grossière des plantes ligneuses. Pour la végétation herbacée, la production annuelle de MOM est estimée en tant qu'accumulation d'éteule plus production de matériau herbacé comme les déchets de jardins et les coupes d'ébranchage. Les émissions de gaz à effet de serre associées au secteur des déchets sont estimées au volume 5 (*Déchets*) ; les méthodes du présent chapitre ne décrivent donc que les composantes de la production annuelle qui devraient rester sur le site, en toute hypothèse raisonnable.

Les pools de C des sols varient dans le temps en fonction de l'équilibre entre les entrées de C provenant de la litière des plantes et d'autres formes de matière organique, et les sorties de C dues à la décomposition, à l'érosion et à la lixiviation. Estimer l'impact de la gestion des établissements sur le stockage de C des sols sera particulièrement important dans les pays dont le territoire est largement couvert de villes, ou dont les établissements se développent rapidement. Pour les sols minéraux, l'impact de la gestion et de l'affectation des terres d'établissements sur les stocks de C des sols pourra être estimé en fonction des différences en matière de stockage entre les catégories de couvert d'établissements par rapport à une condition de référence, comme des terres naturelles. Si les sols organiques sont moins fréquents pour les établissements, ils émettent du C s'ils sont drainés à des fins de constructions sur les terres, en raison de leur décomposition renforcée, comme lors de drainage à des fins agricoles (Armentano, 1986). En outre, il pourrait y avoir récolte de tourbe sur les sols organiques lors de la construction d'un établissement, ce qui entraînera aussi des émissions vers l'atmosphère.

8.2.1 Biomasse

8.2.1.1 CHOIX DE LA METHODE

La méthode générale pour les variations des stocks de carbone de la biomasse des *établissements restant établissements* est conforme à l'approche présentée par l'équation 2.7 du chapitre 2. Elle estime les variations des stocks de carbone de la biomasse en comptabilisant les gains des stocks de carbone de la biomasse résultant de la croissance et en ôtant les pertes des stocks de carbone dues à l'émondage et à la mortalité. Le rapport entre les termes des gains et des pertes fournira des variations annuelles moyennes positives ou négatives des stocks de carbone de la biomasse dans les établissements.

Les variations de la biomasse des *établissements restant établissements* sont la somme des variations de la biomasse de trois éléments : arbres, arbustes et plantes herbacées vivaces (par exemple, pelouse et plantes de jardin), comme à l'équation 8.1.

ÉQUATION 8.1
VARIATIONS ANNUELLES DU CARBONE DES POOLS DE BIOMASSE VIVANTE DES ETABLISSEMENTS
RESTANT ETABLISSEMENTS

$$\Delta C_B = \Delta C_{Arbres} + \Delta C_{Arbustes} + \Delta C_{Herbes}$$

Où :

ΔC_B = accumulation annuelle de carbone due aux gains de biomasse des *établissements restant établissements*, tonnes C an⁻¹

ΔC_{Arbres} = accumulation annuelle de carbone due aux gains de biomasse des arbres des *établissements restant établissements*, tonnes C an⁻¹

$\Delta C_{Arbustes}$ = accumulation annuelle de carbone due aux gains de biomasse des arbustes des *établissements restant établissements*, tonnes C an⁻¹

ΔC_{Herbes} = accumulation annuelle de carbone due aux gains de biomasse de la biomasse herbacée des *établissements restant établissements*, tonnes C an⁻¹

Tous les niveaux méthodologiques décrits ci-dessous peuvent être utilisés, en fonction de la disponibilité de données sur les activités pertinentes et de facteurs d'émissions appropriés. La figure 2.2 du chapitre 2 fournit également des recommandations sur l'identification du niveau approprié pour estimer les variations du carbone de la biomasse.

Niveau 1

Au niveau 1, on suppose qu'il n'y a pas de variations des stocks de carbone de la biomasse vivante des *établissements restant établissements* ; en d'autres termes il y a équilibre entre les termes des gains et des pertes. Si la catégorie *établissements restant établissements* est considérée comme une catégorie clé, les pays devront alors rassembler des données sur les activités appropriées et/ou développer des facteurs d'émissions appropriés à la région et passer à un niveau 2 ou 3.

Niveau 2

Au niveau 2, deux options existent pour l'estimation des variations de la biomasse des *établissements restant établissements*. Au niveau 2a, on utilise comme facteur d'absorptions les variations des stocks de carbone par unité de superficie de couvert de plantes ; et au niveau 2b, les variations des stocks de carbone par nombre de plantes. Le choix de la méthode dépendra de la disponibilité des données sur les activités. Les deux niveaux, 2a et 2b, fournissent des méthodes d'estimation de ΔC_G à l'aide de l'équation 2.7 (méthode gains-pertes), et sont utiles aux pays ne disposant pas d'un inventaire continu des *établissements restant établissements*.

Les principaux types de plantes vivaces sont les arbres, les arbustes et les plantes vivaces herbacées (comme la pelouse et les plantes de jardin). Les méthodes présentées ici émettent l'hypothèse de variations nulles de la biomasse des herbacées annuelles dans les *établissements restant établissements*, car la croissance de la biomasse herbacée (vivace ou herbacées annuelles) est égale aux pertes dues aux récoltes ou à la mortalité. Les pays pourront choisir de définir les types d'arbres et de plantes vivaces ligneuses de manière appropriée, et de les diviser ensuite par catégories en fonction des espèces, des zones climatiques, des saisons et autres critères appropriés, si les données sont disponibles.

Niveau 2a : Méthode de la superficie de couvert forestier

La méthode présentée ici se réfère à l'équation 8.2 et doit être utilisée lorsqu'on dispose de données sur la superficie totale de couvert végétal par types (*j*) et catégories (*i*) de plantes vivaces dans les *établissements restant établissements*.

ÉQUATION 8.2
GAINS ANNUELS DE BIOMASSE EN FONCTION DE LA SUPERFICIE TOTALE DE COUVERT
FORESTIER

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} ST_{i,j} \cdot CVT_{i,j}$$

Où :

ΔC_G = accumulation annuelle de carbone due aux gains de biomasse des *établissements restant établissements*, tonnes C an⁻¹

ST_{ij} = couvert forestier total de catégorie i du type de plantes ligneuses vivaces¹ j , ha

CVT_{ij} = taux de croissance basé sur la superficie du couvert de catégorie i du type de plantes ligneuses vivaces j , tonnes C (ha couvert forestier)⁻¹ an⁻¹

Niveau 2b : Méthode de la croissance individuelle des plantes²

La méthode présentée ici se réfère à l'équation 8.3 et devra être utilisée par les pays disposant de données sur le nombre de plantes ligneuses par grandes catégories d'espèces dans les *établissements restant établissements*. Lors de l'estimation des arbres, on pourra passer entre les méthodes du niveau 2a au niveau 2b en supposant qu'un arbre individuel d'une zone urbaine couvre environ 50 m² de superficie de couvert à l'âge mature (voir Akbari, 2002).

ÉQUATION 8.3

CROISSANCE ANNUELLE DE LA BIOMASSE BASEE SUR LE NOMBRE DE PLANTES LIGNEUSES INDIVIDUELLES PAR GRANDES CATEGORIES

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} NA_{i,j} \cdot C_{i,j}$$

Où :

ΔC_G = accumulation annuelle de carbone due aux gains de biomasse vivante des *établissements restant établissements*, tonnes C an⁻¹

NA_{ij} = nombre d'arbres de catégorie i du type vivace j

C_{ij} = accumulation annuelle moyenne de carbone par catégorie i de type vivace j , tonnes C an⁻¹ par arbre

Niveau 3

Les approches de niveau 3 peuvent se baser soit sur les méthodes de niveau 2 décrites ci-dessus (équations 8.2 et 8.3) en employant des mesures des paramètres plus précises et à un niveau désagrégé pour différents systèmes d'établissements comme les parcs, les zones résidentielles rurales ou urbaines, les avenues, etc., soit sur la méthode de différence des stocks de l'équation 2.8. Les variations des stocks de carbone sont estimées à deux points temporels différents : les différences enregistrées permettent de comptabiliser les gains et pertes de carbone de la biomasse. Avec cette méthode, l'approche générique requiert qu'on dispose de facteurs d'expansion de la biomasse spécifiques aux forêts (FEB), mais ceux-ci ne s'appliquent pas aux établissements. Les pays ayant opté pour la méthode de différence des stocks pour estimer les variations de la biomasse des *établissements restant établissements* devront éventuellement employer des méthodes allométriques comme celles qui se basent sur le diamètre d'arbres individuels à hauteur de poitrine (dhp) (Jenkins *et al.*, 2004), ajustées pour les arbres de champs décrits ci-dessus, plutôt que des FEB spécifiques aux forêts de la biomasse des arbres.

8.2.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION/ABSORPTION

En raison des lacunes en matière d'équations allométriques relatives à la biomasse des arbres ou des arbustes dans les zones urbaines (Nowak, 1996 ; Jo, 2002), les chercheurs ont eu tendance à appliquer les équations des arbres des forêts, et à ajuster la biomasse en résultant à l'aide d'un coefficient (comme 0,80 (Nowak, 1994 ; Nowak et Crane, 2002)) permettant de comptabiliser l'allométrie des arbres de champs dans les villes où la biomasse aérienne d'un diamètre donné est en général plus faible que celle d'arbres croissant en forêt (Nowak, 1996). On dispose d'équations allométriques pour certaines espèces d'arbustes, mais elles ont rarement été appliquées à des zones urbaines (Smith et Brand, 1983, et Nowak *et al.*, 2002 pour des estimations de la biomasse des feuilles d'arbustes). La biomasse souterraine des arbres peut être dérivée à partir de la biomasse aérienne, en multipliant celle-ci par une estimation du rapport système racinaire/système foliacé, comme le décrivent Cairns *et al.* (1997), puis en l'appliquant à des zones urbaines (Nowak *et al.* (2002). Voir au chapitre 4 (*Terres forestières*) des exemples de rapports système racinaire/système foliacé souvent employés pour les forêts (Tx, également appelé taux de biomasse souterraine par rapport à la biomasse aérienne). On peut supposer que les taux appropriés à la région étudiée s'appliquent sans modifications aux établissements.

La croissance et la mortalité des arbres dans les établissements peut être affectée par les conditions urbaines comme les variations de la qualité de l'air, les dépôts atmosphériques, les concentrations renforcées de CO₂ et la

¹ Sauf mention contraire, les références aux plantes ligneuses vivaces incluent les arbres.

² Sauf mention contraire, les références aux plantes incluent les arbres.

diminution des échanges d'air dans la zone racinaire en raison de surfaces de dallages imperméables (par exemple, Pouyat *et al.*, 1995 ; Idso *et al.*, 1998 ; Idso *et al.*, 2001 ; Gregg *et al.*, 2003 ; Pouyat et Carreiro, 2003). En conséquence, les valeurs et les équations utilisées à des niveaux plus élevés pour prévoir la croissance des arbres des établissements devront, si possible, prendre en compte l'environnement et les conditions subies par les arbres.

Le carbone stocké dans les composantes ligneuses des arbres représente la plus grande part de l'accroissement annuel de biomasse et des stocks de biomasse des établissements. Les données restent rares, mais elles sont de plus en plus disponibles. Par exemple, Nowak et Crane (2002) estimaient qu'au niveau des villes, le stockage annuel net de carbone par les arbres de villes limitrophes des États-Unis allait de 600 à 32 200 tonnes C an⁻¹. Jo (2002) estimait quant à lui la quantité de C séquestrée annuellement dans trois villes coréennes comme allant de 2 900 à 40 300 tonnes. En Australie, Brack (2002) estimait qu'à Canberra, la quantité de C séquestrée par les arbres entre 2008 et 2012 était de 6 000 tonnes C an⁻¹. Les estimations dépendent bien sûr des définitions et donc des terres d'établissements prises en compte.

Les variations sont moindres par unité de superficie de terres : pour dix villes des États-Unis, les mesures du C stocké dans la biomasse ligneuse allaient de 150 à 940 kg C ha⁻¹ an⁻¹ (Nowak et Crane, 2002), et pour trois villes coréennes le C de la biomasse ligneuse stocké annuellement variait de 530 à 800 kg C ha⁻¹ an⁻¹ (Jo, 2002). Les arbres d'espaces verts urbains au Colorado (États-Unis) stockaient 1 590 kg C ha⁻¹ an⁻¹ (Kaye *et al.*, 2005). On a encore moins d'estimations des variations du stockage annuel de C par unité de couvert forestier. Nowak et Crane (2002) estimaient les taux de séquestration annuelle comme allant de 0,12 à 0,26 kg C m⁻² couvert forestier an⁻¹, alors que Brack (2002) employait un modèle pour estimer que la séquestration annuelle à Canberra entre 2008 et 2012 était de 0,27 kg C m⁻² an⁻¹.

Niveau 1

Avec cette méthode, l'hypothèse prudente est que les variations des stocks de carbone de la biomasse dues à la croissance de la biomasse s'équilibrent entièrement par la diminution des stocks de carbone due aux extractions (soit, récoltes, émondage, élagage) de la biomasse vivante et morte (par exemple, bois de chauffage, branches cassées, etc.). On a donc au niveau 1 $\Delta C_G = \Delta C_P$ pour toutes les composantes des plantes, et $\Delta C_B = 0$ à l'équation 2.7.

Niveau 2

Arbres

Au niveau 2, il faudra disposer de valeurs paramétriques pour CVT_{ij} (équation 8.2) et pour C_{ij} (équation 8.3). Un facteur d'absorption pour la biomasse des arbres (CVT) de 2,9 tonnes C (ha couvert forestier)⁻¹ an⁻¹ sera normalement utilisable pour le niveau 2a (voir tableau 8.1). Cette estimation se base sur un échantillon de dix villes des États-Unis, présentant des valeurs allant de 1,8 à 3,4 tonnes C (ha couvert forestier)⁻¹ an⁻¹ (Nowak et Crane, 2002). On pourra aussi développer des valeurs appropriées aux circonstances nationales. Au niveau 2b, le facteur d'absorption est C_{ij} . Le tableau 8.2 présente des taux d'accumulation de carbone par défaut pour les catégories d'espèces d'arbres, à utiliser au niveau 2b. Ces estimations se basent sur diverses équations allométriques et données de terrain limitées pour des zones urbaines des États-Unis, et sont des moyennes pour des arbres de toutes tailles (pas uniquement matures). Les méthodes de niveaux 2a et 2b permettent d'obtenir des estimations de la biomasse ligneuse totale souterraine et aérienne combinées. Si nécessaire, la biomasse souterraine peut être estimée séparément à l'aide d'un rapport système racinaire/système foliacé de 0,26 (Nowak *et al.*, 2002).

Aux niveaux 2a et 2b, on suppose par défaut que ΔC_P est nul lorsque l'âge moyen de la population d'arbres est inférieur ou égal à 20 ans. Cette supposition se base sur l'hypothèse selon laquelle les arbres urbains sont des puits nets de carbone lorsqu'ils sont en croissance active, et que la période de croissance active (PCA) est d'environ 20 ans, en fonction de l'espèce d'arbre, de la densité de plantation et de l'emplacement. En conséquence, la méthode suppose que l'accumulation de carbone de la biomasse ralentit avec l'âge, et donc pour les arbres ayant dépassé la PCA, on suppose que les augmentations du carbone de la biomasse sont équilibrées par les pertes dues à l'émondage et la mortalité. Pour les arbres ayant dépassé la PCA, on fait une comptabilisation prudente en supposant que $\Delta C_{G_{bois}} = \Delta C_{P_{bois}}$. Les pays pourront définir leur propre PCA en fonction de leurs circonstances.

Autres types de plantes ligneuses vivaces

Pour toutes les plantes vivaces, les pays pourront développer leurs propres valeurs pour CVT_{ij} (équation 8.2) et C_{ij} (équation 8.3). On peut également supposer de manière prudente qu'il n'y a aucune variation, dans aucune composante (c'est-à-dire que $CVT_{ij} = 0$ et $C_{ij} = 0$).

Aux deux niveaux (2a et 2b), on suppose qu'il n'y a pas de variations de la biomasse herbacée. Avec cette méthode, $\Delta C_{G_{Herbe}} = \Delta C_{P_{Herbe}}$ et ΔC_B se base sur la différence entre les gains et les pertes de la biomasse ligneuse uniquement.

Niveau 3

Au niveau 3, les pays devront développer des facteurs d'accroissement de la biomasse spécifiques aux diverses plantes, et appropriés aux circonstances nationales. Les paramètres et équations de croissance spécifiques au pays devront se baser sur les principales zones climatiques et la composition particulière en espèces des principales zones d'établissements du pays, permettant ensuite de faire des estimations pour les établissements moins grands. Si l'on a élaboré des paramètres d'accroissement de la biomasse spécifiques au pays à partir d'estimations de la biomasse sur une base de matière sèche, il faudra les convertir en unités de carbone à l'aide d'une fraction de carbone par défaut (FC) de 0,5 tonne C (tonne m.s.)⁻¹ ou d'une fraction de carbone plus appropriée aux circonstances.

Aux niveaux plus élevés, les hypothèses relatives à ΔC_P devront être évaluées et modifiées pour mieux correspondre aux circonstances nationales. Par exemple, les pays pourraient disposer d'informations sur les pertes de carbone en fonction de l'âge et/ou des espèces des arbres d'établissements, auquel cas ils devront développer un terme relatif aux pertes et documenter les ressources et la logique employée pour obtenir ce terme.

Si un pays adopte la méthode de différence des stocks (équation 2.8), il devra se doter d'un système d'échantillonnage représentatif et de mesures périodiques lui permettant d'estimer les variations des stocks de carbone.

TABLEAU 8.1	
NIVEAU 2A : TAUX DE CROISSANCE PAR DEFAUT BASE SUR LA SUPERFICIE DE COUVERT FORESTIER (CVT) POUR LE COUVERT FORESTIER URBAIN PAR REGIONS	
Région	Accumulation de carbone annuelle par défaut, par ha de couvert forestier [tonnes C (ha couvert forestier)⁻¹ an⁻¹]
États-Unis (valeur par défaut)	2,9 ^a
Australie	3,6 ^b
^a Nowak et Crane 2002 ; moyenne de 10 villes des États-Unis. ^b Brack 2002 ; analyse de la modélisation à Canberra.	

TABLEAU 8.2	
NIVEAU 2B : ACCUMULATION ANNUELLE MOYENNE DE CARBONE PAR DEFAUT PAR ARBRE POUR LES ARBRES URBAINS PAR CATEGORIES D'ESPECES	
Grande catégorie d'espèces	Accumulation annuelle par défaut par arbre (tonnes C an⁻¹)
Peuplier tremble	0,0096
Érable argenté	0,0118
Feuillu mixte	0,0100
Érable dur	0,0142
Genévrier	0,0033
Cèdre/mélèze	0,0072
Douglas taxifolié	0,0122
Sapin/Pérusse	0,0104
pin	0,0087
Épicéa	0,0092
Source : D. Nowak (2002 ; communication personnelle)	

8.2.1.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Niveau 1

Aucune donnée sur les activités n'est requise.

Niveau 2

Les données sur les activités nécessaires pour développer une méthode de niveau 2 sont soit ST_{ij} , superficie de couvert forestier pour chaque catégorie par plante vivace (équation 8.2), soit NA_{ij} , nombre d'arbres individuels pour chaque catégorie par type de plante vivace (équation 8.3). Le couvert forestier est défini comme le pourcentage de sol couvert par une projection verticale du plus grand périmètre de l'étendue naturelle du feuillage. Au niveau 2a, les données sur les superficies du couvert forestier (ST_{ij}) pourront être obtenues à partir de photographies aériennes des zones urbaines analysées par des experts en interprétation de photographies, en échantillonnage d'images et en mesures de superficies (Nowak *et al.*, 1996). Les valeurs du couvert forestier en pourcentages devront être converties en superficie totale de couvert forestier afin d'utiliser l'équation 8.2, en multipliant le pourcentage de couvert forestier par la superficie totale des plantes (arbres ou arbustes) du plus grand périmètre.

Si l'on ne dispose pas de données pour déterminer le pourcentage de couvert forestier, il faudra utiliser les données sur les activités par défaut. Cette approche se base sur des recherches qui ont montré que des établissements situés dans différents biomes, c'est-à-dire possédant une végétation naturelle potentielle (VNP) différente (Kuchler, 1969), présentaient des valeurs similaires en termes de pourcentage de couvert forestier, espace vert total, et espace vert de couvert forestier (Nowak *et al.*, 1996) (tableau 8.3). Les établissements situés dans des régions où la VNP se caractérise par des forêts, par exemple, présentent un pourcentage de couvert forestier beaucoup plus élevé que les établissements situés dans les régions dont la VNP se caractérise par le désert (tableau 8.3). Au tableau 8.3, le pourcentage total d'espaces verts se caractérise par la proportion de superficies de terres couvertes par de la végétation ou du sol (c'est-à-dire où il n'y a pas de surfaces imperméables ou d'eau), et les espaces verts de couvert forestier se caractérisent par la proportion d'espaces verts couverte de couvert forestier (calculée en tant que pourcentage de couvert forestier par rapport au pourcentage d'espace vert total). Les données par défaut sur le pourcentage de couvert forestier devront être multipliées par la superficie d'établissements et utilisées avec les taux de croissance par défaut du tableau 8.1, dans une version simplifiée de l'équation 8.2, afin d'estimer l'accumulation annuelle de carbone du type d'arbre vivace étudié. Les données sur le pourcentage total d'espaces verts et le pourcentage de couvert forestier présentées au tableau 8.3 ne sont pas nécessaires au niveau 2 pour estimer les stocks de carbone de la biomasse, mais pourront servir au moment des vérifications par recoupement.

Au niveau 2b, les données relatives aux populations de plantes, désagrégées en espèces ou grandes catégories d'espèces, pourront être obtenues auprès des agences municipales chargées de la végétation urbaine, ou en effectuant des échantillonnages.

Niveau 3

Au niveau 3, le type de données sur les activités à rassembler dépend de l'approche méthodologique choisie. Si l'on opte pour la méthode de différence des stocks, il faudra alors estimer puis désagréger la superficie couverte de différents types de végétation (parcs, établissements ruraux ou urbains, avenues, aires de jeu, etc.) à l'aide de techniques de télédétection dans différents climats ou indices de développement économique. Plus le niveau d'évaluation sera élevé, plus il faudra désagréger les données sur les activités, et plus les méthodes d'estimations seront précises. Les méthodes d'échantillonnage des superficies décrites à l'annexe 3A.3 du chapitre 3 sont fournies à cet effet.

Végétation naturelle potentielle (VNP)	Pourcentage de couvert forestier (± S.E.)	Pourcentage total d'espaces verts (± S.E.)	Pourcentage total d'espace de couvert forestier (± S.E.)
Terres forestières	31,1 (± 2,6)	58,4 (± 2,9)	50,9 (± 3,3)
Prairies	18,9 (± 1,5)	54,8 (± 2,1)	32,9 (± 2,3)
Désert	9,9 (± 2,4)	64,8 (± 4,2)	16,9 (± 4,6)

Source : Nowak *et al.* (1996)

RESUME ETAPE PAR ETAPE DE LA METHODE D'ESTIMATION DES VARIATIONS DES STOCKS DE BIOMASSE

Niveau 1

Au niveau 1, on suppose qu'il n'y a pas de variations des stocks de carbone de la biomasse dans les établissements restant établissements.

Niveau 2

Méthode A : Méthode de la superficie du couvert forestier

Étape 1 : Définir la superficie totale de couvert forestier pour tous les types de plantes ligneuses vivaces de l'établissement. Si l'on ne dispose pas de données pour tous les types, on pourra appliquer la méthode uniquement pour les arbres, et supposer que la superficie des autres types de plantes vivaces est nulle. Les données sur les activités par défaut pour le couvert forestier se trouvent au tableau 8.3. Pour estimer le couvert forestier total d'un établissement situé dans une région où la VNP se caractérise par des prairies, par exemple, multiplier la superficie totale de l'établissement par 18,9 %, c'est-à-dire le pourcentage moyen de couvert forestier des établissements situés dans les zones dont la VNP se caractérise par des prairies, tel que donné au tableau 8.3. La superficie totale de couvert forestier pour toute végétation (y compris les arbres) est calculée en tant que superficie totale d'espace vert = pourcentage d'espace vert x superficie de l'établissement ; et le couvert forestier agrégé des autres types de végétation vivace est la différence entre la superficie totale d'espace vert et la superficie de couvert forestier.

Étape 2 : Calculer ΔC_G pour tous les types de végétation vivace, à l'aide de l'équation 8.2. La valeur de la superficie de couvert forestier obtenue à l'étape 1 devra être utilisée pour le type d'arbres vivaces. Les pays pourront employer une valeur par défaut pour le CVT tirée du tableau 8.1 ; ils devront développer et appliquer leurs propres valeurs pour CVT_{ij} . Les valeurs par défaut ne sont disponibles que pour le CVT des arbres de la végétation. Si l'on ne dispose pas de CVT pour d'autres types de végétation vivace, et s'il est impossible de les développer, ou si les données sur les activités de ces types de végétation n'existent pas, on pourra estimer que ces paramètres sont nuls, et estimer uniquement l'élément « arbres » de la croissance de la biomasse.

Étape 3 : Calculer ΔC_P pour l'élément « plantes », à utiliser à l'équation 2.7 du chapitre 2. Pour l'élément « arbres » de la végétation, selon les *bonnes pratiques* on supposera que leur valeur est nulle lorsque l'âge moyen de la population forestière est inférieur ou égal à la période de croissance active (PCA ; voir section 8.2.1.2). Si l'âge moyen des arbres est supérieur à la PCA, il faudra alors supposer que $\Delta C_G = \Delta C_P$ ou employer des données spécifiques à la situation. À défaut de données prouvant le contraire, supposer que $\Delta C_G = \Delta C_P$ pour les arbustes et les plantes herbacées.

Étape 4 : Utiliser les valeurs obtenues pour ΔC_G et ΔC_P à l'équation 2.7 du chapitre 2 pour quantifier les variations totales du carbone de la biomasse des établissements restant établissements.

Méthode B : Méthode de la croissance individuelle des plantes

Étape 1 : Estimer le nombre de plantes des *établissements restant établissements* par type de végétation vivace (par exemple arbres, arbustes et plantes herbacées). Si l'on ne dispose pas de données pour tous les types de plantes vivaces, on pourra appliquer la méthode, en tant qu'approche minimum, pour les arbres seulement, et supposer que la superficie des autres types de plantes vivaces est nulle. Il n'existe pas de données sur les activités par défaut pour cette méthode.

Étape 2 : À l'aide de l'équation 8.3, multiplier toutes les estimations par le taux approprié d'accroissement du carbone par plante (C_{ij}) afin d'obtenir la quantité de carbone séquestrée annuellement. Les valeurs par défaut de C_{ij} pour les arbres se trouvent au tableau 8.2 ; il n'y a pas de valeurs par défaut pour les arbustes et les espèces herbacées. Les pays pourront choisir d'utiliser leurs propres valeurs le cas échéant, ou de supposer que les valeurs manquantes sont nulles et ne faire d'estimations que pour les arbres.

Étape 3 : Comme pour l'équation 8.2, additionner la quantité de carbone séquestré, ΔC_G , par type de végétation vivace dans toutes les catégories présentes dans les *établissements restant établissements*.

Étape 4 : Utiliser l'estimation de ΔC_G de l'équation 2.7 au chapitre 2 pour estimer les variations annuelles des stocks de carbone de la biomasse. Pour les arbres, supposer que $\Delta C_P = 0$ si l'âge moyen de la population d'arbres est inférieur ou égal à la période de croissance active (PCA) ; si l'âge moyen des arbres est supérieur à la PCA (section 8.2.1.2), supposer alors que $\Delta C_G = \Delta C_P$ ou utiliser des données spécifiques à la situation.

Niveau 3

Au niveau 3, des informations plus précises seront nécessaires qu'au niveau 2, notamment :

- décompte des différentes affectations des terres dans les établissements (zones résidentielles, de loisirs, industrielles, etc.) ;
- estimations et modèles précis de la croissance et de l'espérance de vie des plus importantes espèces de plantes ;
- devenir du bois mort et émondé et d'autres biomasses transférées au pool de MOM ; et
- autres éléments selon les circonstances nationales.

8.2.1.4 ÉVALUATION DES INCERTITUDES**Niveau 1**

Il n'est pas nécessaire d'évaluer les incertitudes, parce que les variations de la biomasse vivante sont supposées être nulles.

Niveau 2 et niveau 3

L'incertitude générale de toute estimation des variations du stock de carbone de la biomasse vivante sera une combinaison d'incertitudes individuelles relatives aux éléments étudiés. Celles-ci seront influencées par l'hétérogénéité entre les types d'affectations des terres urbaines et parmi ceux-ci, mais aussi par l'intensité et la fréquence des soins apportés aux plantes dans les espaces publics et privés. L'incertitude sera probablement élevée car on a peu d'expérience en matière de mesures des variations des stocks de carbone dans les établissements urbains et ruraux. Les quelques études faites sur les capacités des villes en tant que puits de CO_2 diffèrent en termes d'étendue et de méthodologie, mais il est peu probable que l'incertitude générale relative des estimations des variations des stocks de carbone soit inférieure à 30-50 % de la moyenne.

8.2.2 Matière organique morte

La plupart des variations des stocks de carbone associées à la matière organique morte (MOM) seront associées aux variations du couvert forestier des établissements. Les méthodes fournies concernent deux types de pools de MOM : 1) le bois mort et 2) la litière. Ces pools sont définis précisément au chapitre 1 du présent volume.

Le bois mort est un pool varié, présentant de nombreux problèmes pratiques relatifs aux mesures sur le terrain et aux incertitudes associées des taux de transfert à la litière, au sol, ou des émissions vers l'atmosphère. Les quantités de bois mort dépendent du moment de la dernière perturbation, de la quantité d'entrées (mortalité) au moment de la perturbation, des taux de mortalité naturelle, des taux de décomposition et de la gestion.

L'accumulation de litière dépend de la quantité annuelle de chute de litière, y compris toutes les feuilles, brindilles et petites branches, fruits, fleurs, et écorce, moins le taux annuel de décomposition. La masse de litière est influencée par le temps écoulé depuis la dernière perturbation, et le type de perturbation. Les pratiques de

gestion telles que la récolte de bois et d'herbe, le brûlage et le pacage altèrent énormément les propriétés de la litière, mais peu d'études existent sur leur impact spécifique.

Pour les pelouses herbacées vivaces, l'éteule s'accumule en fines couches sur la surface du sol. La taille de la couche d'éteule dépend de l'équilibre entre l'accumulation (production d'herbe) et la décomposition, qui varie beaucoup en fonction du climat et du régime de gestion. Si la fonction de cette couche est reconnue (Raturi *et al.*, 2004), il n'existe pour l'instant pas de données publiées sur l'impact général de l'accumulation de carbone dans ce pool de MOM au niveau du paysage. En conséquence, les présentes *Lignes directrices* reconnaissent l'importance potentielle de l'éteule dans la MOM des établissements, mais supposent que les entrées sont égales aux sorties, et donc que les variations nettes des stocks de carbone sont nulles.

Il n'existe aujourd'hui aucune étude publiée sur les taux d'accumulation de bois mort dans les établissements, même si certaines recherches ont décrit la production de litière des feuilles dans les établissements (voir Jo et McPherson, 1995). Kaye *et al.* (2005) fournit les seules mesures de cet élément du flux de carbone : la litière des arbustes et des feuilles des pelouses résidentielles au Colorado (États-Unis) égale $49 \text{ g C m}^{-2} \text{ an}^{-1}$, soit environ 13 % de la productivité aérienne totale ($383 \text{ g C m}^{-2} \text{ an}^{-1}$). Puisque le taux de respiration des sols des établissements est généralement assez élevé par rapport aux paysages naturels (Koerner et Klopatek, 2002 ; Kaye *et al.*, 2005), il est improbable que la chute de litière fine se décompose rapidement. L'approche prudente est donc de considérer que le taux d'accumulation de l'élément litière de la MOM est nul.

8.2.2.1 CHOIX DE LA METHODE

Pour estimer les variations des stocks de carbone de la MOM, on devra estimer les variations des stocks de bois mort et de litière (voir équation 2.17 au chapitre 2). Les pools de MOM doivent être traités séparément, mais la méthode est la même pour tous les pools. Le diagramme décisionnel de la figure 2.3 du chapitre 2 permet de choisir le niveau approprié.

Niveau 1

À la méthode de niveau 1, on suppose que les stocks de litière et de bois mort sont à l'équilibre, donc il n'est pas nécessaire d'estimer les variations des stocks de carbone de ces pools. Les pays dans lesquels il y a beaucoup de variations du couvert forestier des établissements devront rassembler des données nationales de manière à pouvoir les quantifier et passer à des estimations de niveaux 2 ou 3.

Niveaux 2 et 3

Aux niveaux 2 et 3, on calcule les variations du carbone de la litière et du bois mort imputables aux variations du couvert forestier. Deux méthodes sont fournies pour estimer les variations des stocks de carbone associées.

Méthode 1 (également nommée **méthode gains-pertes**, voir équation 2.18 au chapitre 2) : Cette méthode implique l'estimation de la superficie des catégories d'établissements et du transfert annuel moyen vers les stocks de litière et de bois mort et en provenance de ceux-ci. Elle suppose qu'on estime la superficie correspondant aux *établissements restant établissements* en fonction des différents climats ou zones écologiques ou types d'établissements, régimes de perturbations, régimes de gestion ou autres facteurs affectant de manière significative les pools de carbone de la litière et du bois mort. Elle exige aussi qu'on connaisse la quantité de biomasse transférée vers les stocks de litière et de bois mort ainsi que la quantité de biomasse transférée hors des stocks de litière et de bois mort par hectare, et en fonction de différents types d'établissements.

Méthode 2 (également nommée **méthode de différence des stocks**, voir équation 2.19 au chapitre 2) : Cette méthode implique l'estimation de la superficie d'établissements et des stocks de litière et de bois mort à deux points temporels différents, t_1 et t_2 . Les variations des stocks de litière et de bois mort pendant l'année d'inventaire sont obtenues en divisant les variations des stocks par la période (années) passée entre les deux mesures. La méthode de différence des stocks est utilisable pour les pays disposant d'inventaires périodiques des établissements. Elle correspond mieux aux pays ayant choisi des méthodes de niveau 3. Les méthodes de niveau 3 sont utilisées par les pays qui disposent de facteurs d'émissions spécifiques et de données nationales substantielles. Les pays définissant leur propre méthodologie pourront se baser sur des inventaires précis de parcelles échantillons permanentes correspondant à leurs établissements, et/ou des modèles.

8.2.2.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION/ABSORPTION

Fraction de carbone : La fraction de carbone du bois mort et de la litière est variable (surtout pour la litière), et dépend de l'état de décomposition. On pourra utiliser une valeur de $0,50 \text{ tonne C (tonne m.s.)}^{-1}$ par défaut pour les deux éléments.

Niveau 1

Il n'est pas nécessaire de disposer de facteurs d'émissions.

Niveau 2

Selon les *bonnes pratiques*, on utilisera des données nationales sur la MOM pour différentes catégories d'établissements, en plus des valeurs par défaut, si l'on ne dispose pas de valeurs spécifiques au pays ou à la région pour toutes les catégories d'établissements. Les valeurs spécifiques au pays sur le transfert de carbone d'arbres et d'herbes vivants récoltés aux résidus de récoltes, sur les taux de décomposition (lorsqu'on a choisi la méthode de gains-pertes) ou les variations nettes des pools de MOM (pour la méthode de différence des stocks) pourront être tirées de facteurs d'expansion spécifiques au pays prenant en compte le type d'établissements, le taux d'utilisation de la biomasse, la mortalité, les pratiques de récoltes et de gestion et la quantité de végétation endommagée lors des récoltes et par la gestion.

Niveau 3

Les pays devront se doter de méthodologies et de paramètres propres pour estimer les variations de la MOM. Ces méthodologies pourront être tirées des méthodes 1 ou 2 décrites ci-dessus, ou se baser sur d'autres approches d'échantillonnage ou de modélisation (voir les méthodes d'échantillonnage présentées à l'annexe 3A.3 du chapitre 3).

8.2.2.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Les données sur les activités comprennent les superficies des *établissements restant établissements* résumées par grands types d'établissements. La superficie totale des établissements devra correspondre à celle des autres sections du présent chapitre, notamment la section sur la biomasse des *établissements restant établissements*. Si l'on dispose également de données nationales sur les sols et les climats, d'inventaires sur la végétation et d'autres données géophysiques, l'évaluation des variations de la MOM sera grandement facilitée.

Résumé étape par étape de la méthode d'estimation des variations des stocks de carbone de la MOM**Niveau 1**

Au niveau 1, on suppose que les entrées et les sorties de MOM sont égales ; il n'y a donc pas de variations annuelles des stocks de carbone du bois mort et de la litière et aucune autre évaluation à faire.

Niveau 2 ou niveau 3 (méthode 1, méthode gains-pertes)

Tous les pools de MOM (bois mort et litière) doivent être traités séparément, mais la méthode est la même.

Étape 1 : Déterminer les catégories à utiliser pour l'évaluation, et les superficies représentatives. La catégorie consiste en des définitions du type d'établissements. Les données des superficies sont obtenues à l'aide des méthodes décrites au chapitre 3.

Étape 2 : Identifier les valeurs des entrées et sorties moyennes du bois mort et de la litière pour chaque catégorie, à l'aide d'inventaires ou d'études scientifiques. Il n'existe aucun facteur par défaut pour les entrées et sorties de ces pools : les pays devront donc utiliser des données disponibles localement. Calculer les variations nettes des pools de MOM en soustrayant les sorties des entrées. Une valeur négative indique une diminution nette du stock (équation 2.18).

Étape 3 : Déterminer les variations nettes des stocks de carbone de la MOM pour chaque catégorie. Multiplier les variations des stocks de MOM par la fraction de carbone du bois mort ou de la litière afin de déterminer les variations nettes des stocks de carbone de la litière et du bois mort.

Étape 4 : Déterminer les variations totales des pools de carbone de la MOM à chaque catégorie en multipliant la superficie représentative de chaque catégorie par les variations nettes des stocks de carbone de la MOM de la catégorie en question.

Étape 5 : Déterminer les variations totales des stocks de carbone de la MOM en additionnant les variations totales de la MOM de toutes les catégories.

Niveau 2 ou niveau 3 (méthode 2, différence des stocks)

Les pools de MOM doivent être traités séparément, mais la méthode est la même pour tous les pools.

Étape 1 : Déterminer les catégories d'établissements et les superficies comme à l'étape 1 ci-dessus.

Étape 2 : En utilisant les données d'inventaires, identifier l'intervalle temporel de l'inventaire, le stock moyen de MOM lors de l'inventaire initial (t_1), et le stock moyen de MOM lors de l'inventaire final (t_2). Utiliser ces chiffres pour calculer les variations annuelles nettes des stocks de MOM en soustrayant le stock de MOM au point temporel t_1 du stock de MOM au point temporel t_2 et en divisant cette différence par l'intervalle de temps. Une valeur négative indique une diminution du stock de MOM (équation 2.19).

Étape 3 : Déterminer les variations nettes des stocks de carbone de la MOM pour chaque catégorie. Déterminer les variations nettes des stocks de carbone de la MOM en multipliant les variations nettes des stocks de MOM de chaque catégorie par la fraction de carbone de la MOM.

Étape 4 : Déterminer les variations totales des pools de carbone de la MOM à chaque catégorie en multipliant la superficie représentative de chaque catégorie par les variations nettes des stocks de carbone de la MOM de la catégorie en question.

Étape 5 : Déterminer les variations totales des stocks de carbone de la MOM en additionnant les variations totales de la MOM de toutes les catégories d'activités.

8.2.2.4 ÉVALUATION DES INCERTITUDES

Au niveau 1, il n'est pas nécessaire d'estimer les incertitudes, car on suppose que les pools de MOM sont stables. Aux niveaux 2 et 3, parmi les sources d'incertitude, on compte le degré d'exactitude des estimations des superficies de terres, des pertes et gains de carbone, des stocks de carbone et des termes du facteur d'expansion. Les données sur les superficies et les estimations des incertitudes devront être tirées des méthodes du chapitre 3, qui présente les incertitudes par défaut associées aux différentes approches. Les incertitudes associées aux stocks de carbone et à d'autres valeurs paramétriques seront probablement d'un facteur d'au moins 3 à moins qu'on ne dispose de données spécifiques au pays tirées d'enquêtes bien conçues.

8.2.3 Carbone des sols

Les sols des établissements peuvent être soit des sources soit des puits de CO₂, en fonction de l'ancienne affectation des terres, de l'enfouissement ou de la collecte de sols pendant la construction de l'établissement, et de la gestion actuelle, notamment par rapport à l'irrigation et à l'ajout de nutriments, en plus du type et de la quantité de couvert végétal intercalé entre les routes, bâtiments et infrastructure associée (Goldman *et al.*, 1995 ; Pouyat *et al.*, 2002 ; Jo, 2002 ; Qian et Follett, 2002 ; Kaye *et al.*, 2004). Seules quelques études existaient, au moment de la rédaction du présent rapport, sur les impacts de la gestion des établissements sur le C des sols, et les études existantes se concentrent surtout sur l'Amérique du Nord (par exemple, Pouyat *et al.*, 2002) : il est donc difficile de généraliser. Par exemple, il est probable que les différences sont grandes, mais peu étudiées, entre les établissements des pays développés et ceux des pays en développement.

Estimer l'impact de la gestion des établissements sur le stockage de C des sols sera particulièrement important dans les pays dont le territoire est largement couvert de villes, ou dont les établissements se développent rapidement. Pour les sols minéraux, l'impact de la gestion et de l'affectation des terres d'établissements sur les stocks de C des sols pourra être estimé en fonction des différences en matière de stockage entre les catégories de gestion des établissements par rapport à une condition de référence, comme des terres naturelles ou d'autres affectations des terres. Parmi les catégories de gestion des établissements, on peut compter la pelouse (par exemple gazons et cours de golf), les terres boisées urbaines, les jardins, les zones de dépôt d'ordures (par exemple dépotoirs), les terrains vagues (sol en exposition) et les infrastructures (par exemple routes, maisons, bâtiments). Si les sols organiques sont moins fréquents pour les établissements, ils émettent du C s'ils sont drainés, en raison de leur décomposition renforcée, comme lors du drainage agricole (Armentano et Menges, 1986).

La section 2.3.3 du chapitre 2 fournit des informations générales et des lignes directrices sur l'estimation des variations des stocks de C des sols : elle est à lire avant d'étudier les lignes directrices spécifiques aux établissements. Les variations totales des stocks de C des sols des établissements sont estimées à l'aide de l'équation 2.24 du chapitre 2, qui combine les variations des stocks de C organique des sols pour les sols minéraux et organiques, et les variations des stocks des pools de C inorganique des sols (niveau 3 uniquement). La section suivante fournit des recommandations spécifiques pour l'estimation des variations des stocks de C organique des sols des établissements. Une discussion générale du C inorganique des sols se trouve à la section 2.3.3.1 (aucune autre information n'est fournie dans les paragraphes ci-dessous traitant des établissements).

Pour comptabiliser les variations des stocks de C des sols associées aux *établissements restant établissements*, les pays doivent disposer d'estimations des superficies d'établissements pertinentes, stratifiées par régions climatiques et types de sols. Des estimations d'inventaire plus précis peuvent être effectuées en menant des enquêtes de terrain et/ou en faisant des analyses périodiques d'images télédéteectées afin de déterminer les catégories de gestion des établissements (par exemple, pelouses, terres boisées urbaines, jardins, zones de dépôt d'ordures, terrains vagues et infrastructures).

Les inventaires pourront être élaborés suivant des approches de niveau 1, 2 ou 3, le niveau 3 requérant plus de précisions et de ressources. Les pays pourront également utiliser différents niveaux pour préparer leurs estimations des différents éléments de cette catégorie de source, y compris les sols minéraux et organiques, en

plus des pools de C inorganique des sols, pour l'approche de niveau 3. Des diagrammes décisionnels sont proposés aux figures 2.4 et 2.5 du chapitre 2 ; ils fournissent des recommandations permettant de choisir le niveau approprié pour l'estimation des variations des stocks de carbone des sols minéraux et organiques, respectivement.

8.2.3.1 CHOIX DE LA METHODE

Sols minéraux

Niveau 1

Aux méthodes de niveau 1, on suppose que les entrées sont égales aux sorties, et donc que les stocks de C des établissements ne varient pas dans les *établissements restant établissements*.

Niveau 2

À l'approche de niveau 2, pour les sols minéraux, on emploie l'équation 2.25 (chapitre 2), mais avec des stocks de C de référence et/ou des facteurs de variation des stocks spécifiques aux régions ou au pays et éventuellement des données sur les activités désagrégées relatives aux affectations des terres et à l'environnement.

Niveau 3

Le niveau 3 est une méthode avancée d'estimation des stocks de C des sols associés aux catégories d'établissements, comme par exemple des modèles dynamiques ou des réseaux de surveillance/de mesures. À ce jour, à peine quelques modèles ou systèmes de mesures créés à des fins d'estimation des stocks de C des sols des établissements peuvent être utilisés comme méthodes de niveau 3 : les pays dont le C des sols des établissements est une catégorie de source clé devront en être conscients. La section 2.3.3 du chapitre 2 propose des recommandations supplémentaires.

Sols organiques

Niveaux 1 et 2

La construction d'établissements sur des sols organiques profonds est peu probable ; néanmoins si nécessaire les émissions pourront être calculées à l'aide de l'équation 2.26 du chapitre 2. Au niveau 2, l'approche incorporera des informations spécifiques au pays permettant d'estimer des facteurs d'émissions, en plus d'une classification des différents établissements. Au niveau 2, on pourra toutefois aussi utiliser une classification plus précise des climats et des sols que celle des catégories par défaut.

Niveau 3

Les approches de niveau 3 relatives aux sols organiques prendront en compte les systèmes de gestion de manière plus précise, en intégrant des modèles dynamiques et/ou des réseaux de mesures. La section 2.3.3 du chapitre 2 propose des recommandations supplémentaires.

8.2.3.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSIONS ET DE VARIATIONS DES STOCKS

Sols minéraux

Niveau 1

Aux méthodes de niveau 1, on suppose que les entrées sont égales aux sorties, et donc que les stocks de C des établissements ne varient pas dans les *établissements restant établissements*.

Niveau 2

Au niveau 2, l'approche implique une estimation de facteurs de variation des stocks spécifiques au pays, puisqu'on ne dispose pas de valeurs par défaut. L'équation 2.25 du chapitre 2 emploie trois niveaux de facteurs de variation des stocks, en fonction de l'affectation des terres, de la gestion des terres et du niveau d'entrées. Les compilateurs d'inventaires devront définir des catégories de gestion pertinentes aux établissements (comme la pelouse) et dériver des facteurs de variation des stocks pour l'affectation des terres (F_{AFF}) en fonction du stockage de C pour chaque catégorie, par rapport à une condition de référence qui sera certainement l'état naturel des terres. Les facteurs de gestion (F_{Gestion}) permettent de spécifier la manière dont l'affectation des terres est gérée (par exemple terrains de sport ou utilisation ornementale), et les facteurs d'entrées (F_{E}) peuvent servir à représenter l'influence de la gestion sur le C des entrées, comme les pratiques d'irrigation ou les apports d'engrais.

Niveau 3

Au niveau 3, il faudra combiner des modèles de processus précis avec des données, en employant une stratégie d'échantillonnage périodique permettant de capturer les impacts de l'affectation des terres et de la gestion. Lire à la section 2.3.3.1 (chapitre 2) une discussion plus élaborée du sujet.

Sols organiques

Niveau 1

Si les sols sont drainés et si la tourbe n'est pas extraite, les émissions pourront être calculées à l'aide des facteurs d'émissions des sols organiques cultivés, car le drainage profond des établissements est similaire à celui des terres cultivées. Si la tourbe est extraite, on devra supposer que le carbone est émis dans l'année de l'extraction (voir chapitre 5, *Terres cultivées*).

Niveau 2

À l'approche de niveau 2, les facteurs d'émissions sont tirés de données expérimentales spécifiques au pays. Selon les *bonnes pratiques*, les facteurs d'émissions seront dérivés pour des catégories de gestion des établissements spécifiques et/ou une classification plus fine des régions climatiques, si les nouvelles catégories peuvent capturer les différences les plus importantes en matière de taux de pertes de C. La section 2.3.3.1 du chapitre 2 propose des recommandations supplémentaires.

Niveau 3

Les conseils sont les mêmes qu'à la section précédente sur les sols minéraux.

8.2.3.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Sols minéraux

Niveau 1

Aux méthodes de niveau 1, on suppose que les entrées sont égales aux sorties, et donc que les stocks de C des établissements ne varient pas dans les *établissements restant établissements*.

Niveau 2

Au niveau 2, les données sur les activités sont les superficies d'établissements divisées par climats, types de sols et/ou catégories de gestion, le cas échéant, afin de correspondre aux facteurs de variation des stocks décrits ci-dessus. Les archives municipales pourront servir à déterminer la proportion de diverses catégories de gestion (par exemple les centres commerciaux, sous-divisions, entreprises, parcs, écoles, etc.) ; on pourra aussi utiliser les connaissances d'experts du pays sur la distribution approximative de catégories d'établissements (soit, pelouse, terres boisées urbaines, jardins, zones de dépôt d'ordures, terrains vagues et infrastructures). Aux approches de niveau 2, on pourra devoir stratifier plus finement les données sur l'environnement, y compris les régions climatiques et les types de sols, si tant est que les facteurs de variation des stocks correspondant existent.

Niveau 3

Les données sur les activités nécessaires aux modèles dynamiques et/ou à un inventaire basé sur des mesures directes concerneront les climats, sols, et régimes topographiques et de gestion, en fonction du modèle ou du plan d'échantillonnage.

Sols organiques

Niveau 1

Il faudra disposer de la superficie totale de sols organiques cultivés dans les établissements, stratifiée par région climatique pour correspondre au tableau 5.6 du chapitre 5 ou au tableau 6.3 du chapitre 6. Une valeur par défaut peut être obtenue en multipliant la superficie urbaine totale, en tant que fonction de région climatique, par la proportion de superficie d'espaces verts tirée du tableau 8.3 ci-dessus.

Niveau 2

Les approches de niveau 2 relatives aux sols organiques requièrent une spécification plus précise des catégories de gestion, et éventuellement une division plus fine de ces catégories par drainage ou régions climatiques. Il faudra effectuer la stratification en se basant sur des données empiriques démontrant l'existence de différences importantes en termes de taux de pertes de C pour les catégories proposées.

Niveau 3

Les conseils sont les mêmes qu'à la section précédente sur les sols minéraux.

8.2.3.4 ÉVALUATION DES INCERTITUDES

Aux niveaux 1 et 2, les incertitudes des inventaires du C des sols sont liées à la représentation des éléments suivants : 1) activités d'affectation et de gestion des terres ; 2) stocks de C de références des sols minéraux ; 3) facteurs d'émissions et de variations des stocks. Les incertitudes de niveau 3 dépendent de la structure et des paramètres du modèle, ou d'erreurs de mesures/stratégie d'échantillonnage. L'incertitude est généralement réduite en utilisant plus d'échantillons et en faisant des estimations de niveaux plus élevés incorporant des informations spécifiques au pays.

Les incertitudes relatives aux stocks de C de référence et facteurs d'émissions sont présentées au tableau 2.3 du chapitre 2, aux tableaux 5.5 et 5.6 du chapitre 5, et aux tableaux 6.2 et 6.3 du chapitre 6. Les incertitudes relatives aux données sur les affectations et la gestion des terres devront être évaluées par le compilateur d'inventaire, et combinées avec les incertitudes des facteurs par défaut et des stocks de C de référence à l'aide d'une méthode appropriée, comme de simples équations de propagation d'erreur. Si les données sur les activités sont tirées de statistiques agrégées sur les superficies d'affectations des terres (par exemple celles de la FAO), le compilateur d'inventaire pourra devoir utiliser un niveau d'incertitude par défaut pour les estimations des superficies de terres ($\pm 50\%$). Conformément aux *bonnes pratiques*, le compilateur d'inventaire devra toutefois dériver les incertitudes à partir de données sur les activités spécifiques au pays plutôt qu'employer un niveau par défaut.

Les stocks de C de référence par défaut pour les sols minéraux et les facteurs d'émissions pour les sols organiques peuvent présenter des taux d'incertitude élevés lorsqu'on les applique à certains pays. Les valeurs par défaut sont des valeurs moyennées mondialement correspondant aux impacts de l'affectation et de la gestion des terres ou des stocks de C de référence, qui peuvent varier en fonction des régions (Powers *et al.*, 2004 ; Ogle *et al.*, 2006). Pour réduire les biais, on peut dériver des facteurs spécifiques au pays en employant une méthode de niveau 2, ou élaborer un système d'estimation spécifique au pays, de niveau 3. Les approches de niveaux plus élevés se basent sur des recherches menées dans le pays ou les régions avoisinantes traitant des impacts des affectations et de la gestion des terres sur le C des sols. En outre, les pays chercheront à réduire encore les biais, conformément aux *bonnes pratiques*, en prenant en compte les différences d'impacts significatives, à l'intérieur du pays, de l'affectation et de la gestion des terres ; par exemple les différentes régions climatiques et/ou types de sols, et ce parfois même lorsque la précision des estimations des facteurs s'en trouve réduite. (Ogle *et al.*, 2006). On considère le biais comme un problème plus important lors de l'établissement de rapports sur les variations des stocks parce qu'il ne se voit pas toujours dans la plage d'incertitude calculée (c'est à dire que les véritables variations des stocks peuvent se trouver à l'extérieur de la plage d'incertitude notifiée si le biais des facteurs est important).

Pour améliorer la précision des statistiques sur les affectations des terres, on pourra chercher à adopter un meilleur système national, en élaborant par exemple une enquête de terrain incluant des emplacements nouveaux et/ou incorporant des données télédéteectées, ou en développant les enquêtes existantes, afin d'avoir une couverture plus vaste. Les *bonnes pratiques* exigent que l'on élabore un plan de classification qui capture la plupart des activités d'affectation et de gestion des terres à l'aide d'échantillons de taille suffisamment grande pour réduire au maximum l'incertitude au niveau national.

Pour les méthodes de niveau 2, on incorpore des informations spécifiques au pays dans l'analyse de l'inventaire, afin de réduire le biais. Par exemple, Ogle *et al.* (2003) employaient des données nationales pour élaborer des fonctions de densité de la probabilité pour les facteurs, données d'activités et stocks de C de référence des sols agricoles des États-Unis. Selon les *bonnes pratiques*, on évaluera les dépendances existant parmi les facteurs, les stocks de C de référence ou les données sur les activités correspondant aux affectations et à la gestion des terres. Il est notamment commun d'observer de fortes dépendances au niveau des données sur les activités relatives à l'affectation et la gestion des terres, parce que les pratiques de gestion ont tendance à être corrélées dans le temps et l'espace.

Les modèles de niveau 3 sont plus complexes et une simple équation de propagation d'erreur pourra s'avérer inefficace lors de la quantification des incertitudes associées dans les estimations obtenues. On pourra employer des analyses Monte Carlo (Smith et Heath, 2001), mais celles-ci pourront s'avérer difficiles à mettre en place si le modèle comprend de nombreux paramètres (certains modèles peuvent présenter plusieurs centaines de paramètres), parce que les fonctions de densité de probabilité communes devront être construites en quantifiant la variance en plus de la covariance des paramètres. D'autres méthodes sont également possibles, comme des approches empiriques (Monte *et al.*, 1996), qui utilisent des mesures prises sur un réseau de surveillance afin d'évaluer statistiquement la relation entre les résultats mesurés et obtenus par modèle (Falloon et Smith, 2003). À l'inverse des modèles, les incertitudes des inventaires de niveau 3 basés sur des mesures peuvent être déterminées directement, à partir de la variance de l'échantillon, de l'erreur de mesure et d'autres sources pertinentes d'incertitude.

8.3 TERRES CONVERTIES EN ÉTABLISSEMENTS

La conversion de terres forestières, terres cultivées, prairies, etc. en établissements entraîne des émissions et absorptions de gaz à effet de serre. Les méthodes d'estimation des variations des stocks de carbone associées aux conversions d'affectation des terres sont présentées aux chapitres 2, 4, 5 et 6 du présent volume. Le diagramme décisionnel de la figure 1.3 du chapitre 1 peut être utilisé pour estimer les variations des stocks de carbone des terres forestières, terres cultivées et prairies converties en établissements ; on pourra aussi employer les mêmes méthodes de base.

Les terres converties en établissements pourront connaître des pertes de carbone relativement rapides au cours de la première année de conversion, suivies d'une augmentation graduelle des pools de carbone, en fonction de la taille des stocks de carbone de la catégorie d'affectation des terres précédente. Par exemple, les terres forestières converties en établissements subiront normalement ces variations abruptes puis connaîtront une augmentation graduelle des stocks de carbone. Si les stocks de carbone de l'affectation des terres précédente étaient moins grands que ceux de l'établissement, la transition abrupte n'aura pas lieu lors de la première année. Par exemple, des terres cultivées abandonnées et converties en établissements ne connaîtront que l'augmentation graduelle du stock de carbone, mais pas la transition abrupte initiale.

Les méthodes décrites ont parfois été simplifiées en estimant les impacts de la conversion sur une seule année puis en employant les méthodes décrites ci-dessus pour les *établissements restant établissements*. Toutefois on devra dans ce cas conserver la superficie de terres à l'état de conversion pendant la période de transition adoptée, sinon il faudra s'attendre à avoir des difficultés pour maintenir la cohérence de la matrice d'affectation des terres.

Lorsqu'on utilise l'approche 1 sous sa forme la plus simple pour représenter les superficies de terres (voir chapitre 3) et qu'aucune autre information supplémentaire n'est disponible permettant de déduire les affectations des terres précédentes, seule la superficie totale d'établissements sera connue en tant que fonction du temps ; les anciennes affectations des terres ne seront pas connues. Dans ces circonstances, les stocks de biomasse avant la conversion (B_{Avant}) ne pourront être estimés et on ne pourra pas employer l'équation 2.16. Les terres converties en établissements devront alors être estimées avec les terres restant établissements, et les émissions et absorptions dues à la conversion en établissements ainsi que d'autres changements d'affectations des terres seront représentés comme changements d'étapes des catégories restantes plutôt qu'attribuées correctement dans les conversions correspondant à la matrice des changements d'affectation des terres. En réalité, les transitions deviennent des changements d'étapes du paysage. Il sera donc nécessaire de coordonner chaque secteur pour que la base des terres totale soit toujours constante, en gardant à l'esprit que certains secteurs perdront ou gagneront des superficies de terres à chaque année d'inventaire, en raison des changements d'affectation des terres.

8.3.1 Biomasse

8.3.1.1 CHOIX DE LA METHODE

L'approche générale permettant de calculer les variations immédiates de la biomasse vivante dues à la conversion en établissements est représentée par les équations 2.15 et 2.16 au chapitre 2. L'accroissement annuel moyen de biomasse résultant de la transition est représenté par la différence entre la biomasse de la catégorie d'affectation des terres établissements juste après la transition ($B_{\text{Après}}$) et la biomasse de l'ancienne catégorie (B_{Avant}).

La présente méthode suit l'approche des *Lignes directrices* pour d'autres transitions d'affectation des terres : les variations annuelles des stocks de carbone de la biomasse dues aux conversions de terres sont estimées (à l'aide de l'équation 2.16) en multipliant la superficie convertie annuellement en établissements par la différence en matière de stocks de carbone entre la biomasse du système avant la conversion (B_{Avant}) et celle des établissements après la conversion ($B_{\text{Après}}$).

Niveau 1

Au niveau 1, pendant la première année suivant la conversion en établissements, l'approche la plus prudente est de supposer que $B_{\text{Après}}$ est nulle, c'est-à-dire que le processus de développement des établissements anéantit complètement les stocks de carbone. Pour ce faire il faudra ajouter la croissance pendant l'année d'inventaire (ΔC_G) et soustraire les pertes (ΔC_P) afin d'obtenir les variations nettes des stocks de carbone sur les terres converties en établissements (équation 2.15).

Niveau 2

Au niveau 2, on pourra appliquer des stocks de carbone spécifiques au pays aux données sur les activités désagrégées à un niveau de précision adapté aux circonstances nationales. Aux niveaux plus élevés, on devra prendre en compte la superficie correspondant à chaque affectation des terres ou type de couverture terrestre convertie en un autre type d'établissement parce que cette superficie est associée à la quantité de carbone avant mais aussi après la conversion (des exemples d'affectations des terres et de types de couvertures terrestres sont fournis à la section 8.2). Les différentes affectations des établissements ou types de couvertures terrestres présenteront probablement des variations relatives à la densité de carbone.

Niveau 3

Au niveau 3, les pays pourront employer la méthode de différence des stocks (équation 2.8) ou d'autres méthodes d'estimation avancées, par exemple des modèles complexes et des données sur les activités très désagrégées y compris, le cas échéant, des informations précises sur $B_{\text{Après}}$ sur une base nationale/en fonction des biomes.

8.3.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION/ABSORPTION**Niveau 1**

Les méthodes de niveau 1 requièrent des estimations de la biomasse des affectations des terres avant et après la conversion. On suppose que toute la biomasse est défrichée avant de préparer le site pour construire des établissements ; en conséquence la valeur par défaut de la biomasse juste après la conversion est de 0 tonne ha^{-1} . Les valeurs par défaut de la biomasse avant la conversion (B_{Avant}) se trouvent au tableau 8.4.

TABLEAU 8.4 VALEURS PAR DEFAUT DES STOCKS DE CARBONE DE LA BIOMASSE ABSORBES SUITE A UNE CONVERSION DE TERRES EN ETABLISSEMENTS		
Catégorie d'affectation des terres	Stock de carbone de la biomasse avant conversion (B_{Avant}) (tonnes C ha^{-1})	Plage d'erreur #
Terres forestières	Voir aux tableaux 4.7 à 4.12 du chapitre 4 les stocks de carbone pour divers types de forêts par régions climatiques. Les stocks sont exprimés en termes de matière sèche. Multiplier les valeurs par une fraction de carbone (FC) de 0,5 pour convertir la matière sèche en carbone.	Voir section 4.3 : <i>Terres converties en terres forestières</i>
Prairies	Voir au chapitre 6, tableau 6.4, les stocks de carbone pour divers types de prairies par régions climatiques.	$\pm 75 \%$
Terres cultivées	Les terres cultivées contenant des cultures annuelles : utiliser les valeurs par défaut de 4,7 tonnes de carbone ha^{-1} ou 10 tonnes de matière sèche ha^{-1} (voir la section 6.3.1.2 du chapitre 6).	$\pm 75 \%$.
# Représente une estimation d'erreur nominale, équivalente à deux fois l'écart type, en tant que pourcentage de la moyenne.		

Niveaux 2 et 3

Les méthodes de niveau 2 remplacent les données par défaut par des données spécifiques au pays ; au niveau 3 on a une modélisation ou des données de mesures précises, pertinentes aux processus de conversion.

8.3.1.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Les données sur les activités nécessaires à l'estimation des variations de la biomasse sur les *terres converties en établissements* pourront être tirées des statistiques nationales, ou obtenues auprès d'agences responsables de la gestion des forêts, d'agences de préservation de l'environnement, de municipalités, et d'organismes chargés de la cartographie et des enquêtes, conformément aux principes généraux présentés au chapitre 3. On devra effectuer des vérifications par recoupement pour s'assurer que les terres converties annuellement sont représentées de manière exhaustive et cohérente, et pour éviter tout double comptage ou omission. Les données devront être désagrégées en fonction des catégories climatiques et grands types d'établissements. Les inventaires de niveau 3 devront disposer d'informations plus complètes sur la construction de nouveaux établissements, avec des classes de sols et de climats, et une résolution spatiale et temporelle plus fine. Toutes les variations ayant eu lieu pendant la période sélectionnée comme période de transition devront être incluses avec les transitions précédant la période de transition (20 ans par défaut) en tant que subdivision de la catégorie *établissements restant établissements*.

Aux niveaux plus élevés, il faudra disposer de données plus précises ; mais l'exigence minimale des *Lignes directrices GIEC* est que les superficies de conversions de forêts soient identifiées séparément, et ce, parce que les forêts présentent en général une densité en carbone plus élevée avant la conversion. En conséquence, il faudra connaître au moins en partie la matrice des changements d'affectation des terres, et si les estimations des superficies des terres se font à l'aide des approches 1 et 2 du chapitre 3, on pourra devoir consulter des enquêtes supplémentaires permettant d'identifier la superficie de terres convertie de terres forestières en établissements. Comme précisé au chapitre 3, lorsqu'on devra mener des enquêtes il sera souvent plus exact de déterminer directement les superficies soumises à une conversion que de les estimer à partir des divergences entre les superficies de terres totales soumises à une affectation particulière à différents points temporels.

Étapes de mise en place

Niveau 1

Utiliser les valeurs par défaut de B_{Avant} tirées des chapitres correspondant aux catégories d'affectation des terres respectives (terres forestières, prairies, etc.) et supposer que $B_{\text{Après}}$ est nul à l'équation 2.16.

Étape 1 : Appliquer l'équation 2.16 à chaque type d'affectation des terres converties en établissements ;

Étape 2 : Additionner les variations de la biomasse de tous les types d'affectation des terres ; et

Étape 3 : Multiplier le résultat obtenu par 44/12 pour obtenir la quantité de CO₂ équivalent due à la conversion des terres (la somme obtenue à l'étape 2 sera un chiffre négatif).

Niveau 2

Pour mettre en place une méthode de niveau 2, les étapes typiques sont les suivantes :

Étape 1 : Utiliser les méthodes décrites au chapitre 3, y compris, le cas échéant, des données cadastrales ou relatives à l'urbanisme pertinentes, ou l'analyse d'images télédéteectées (ou les deux), et estimer les variations de superficies entre la dernière enquête et l'enquête présente.

Étape 2 : Définir, comme première approximation, les types d'affectation des terres d'établissements en fonction de la proportion d'espaces verts. Par exemple, trois catégories d'affectation des terres pourraient être : faibles (moins de 33 % d'espaces verts), moyennes (de 33 à 66 % d'espaces verts) et élevées (plus de 66 % d'espaces verts). On pourra attribuer à toutes ces catégories une teneur en carbone moyenne, obtenue à partir des espèces étudiées dans des catégories similaires lors de l'estimation des variations de la biomasse à la section 8.2.

Étape 3 : Créer une matrice des superficies d'affectation des terres pour les transitions d'affectation des terres définies à l'étape 2.

Étape 4 : Estimer les stocks de biomasse des types d'affectation des terres définies et les types d'affectation des terres convertis à l'aide d'équations (pour obtenir B_{Avant} et $B_{\text{Après}}$), appliquer l'équation 2.16 à toutes les cases remplies de la matrice des changements d'affectation des terres, additionner les variations des stocks de carbone puis multiplier la somme par 44/12 afin d'obtenir les émissions/absorptions de CO₂ équivalents.

Étape 5 : Calculer ΔC_G à l'aide de la méthode A ou B de la section 8.2.1, *Établissements restant établissements* (le choix de la méthode dépendra des possibilités d'appliquer les facteurs d'émissions et d'absorptions, ainsi que de la disponibilité des données sur les activités). Le résultat sera utilisé à l'équation 2.15.

Étape 6 : Calculer ΔC_p à l'aide des méthodes décrites à la section 8.2.1.3, *Établissements restant établissements*.

Étape 7 : Calculer les variations des stocks de carbone de la biomasse vivante dues aux transitions d'affectation des terres en établissements, en prenant en compte l'accroissement de la biomasse, les pertes de biomasse et les variations de biomasse dues aux conversions d'affectation des terres telles que trouvées avec l'équation 2.15.

8.3.1.4 ÉVALUATION DES INCERTITUDES

Lire les recommandations à la section 8.2.1.4.

8.3.2 Matière organique morte

Les méthodes fournies concernent deux types de pools de MOM : 1) le bois mort et 2) la litière. Le chapitre 1 du présent rapport fournit la définition de ces pools ; la section 8.2.2 présente la MOM des établissements.

Certaines terres converties en établissements ne subiront pas de transition abrupte (par exemple les terres cultivées abandonnées et converties en établissements). Dans ce cas, les méthodes de phase 1 seront inappropriées et on aura une transition graduelle dans les pools de MOM, qui atteindront un nouvel équilibre. Lorsqu'on a ce type de conversion, il faudra estimer toute la conversion suivant les méthodes de phase 2.

8.3.2.1 CHOIX DE LA METHODE

Pour estimer les variations des stocks de carbone de la MOM, on devra estimer séparément les variations des stocks de bois mort et de litière (voir équation 2.17 au chapitre 2). Le diagramme décisionnel de la figure 2.3 du chapitre 2 permet de sélectionner le niveau approprié.

Niveau 1

Le niveau 1 suppose par défaut que tout le carbone contenu dans le bois mort et la litière est perdu lors de la conversion ; aucune accumulation n'est donc prise en compte.

Niveau 2

Les approches de niveau 2 requièrent une désagrégation plus forte que celle du niveau 1. Aux niveaux 2 et 3, les variations des stocks de carbone du bois mort immédiates et abruptes dues à la conversion d'autres terres en établissements seront estimées à l'aide de l'équation 2.23, où C_0 est nul et T_{an} est fixé à un an. Au niveau 2, on suppose qu'il y a une fonction des changements linéaire ; néanmoins pendant la période de transition, les pools gagnant ou perdant du C présentent souvent une courbe de pertes ou d'accumulation non linéaire, qui peut être représentée, au niveau 3, par des matrices de transitions successives.

Pour calculer les variations du carbone du bois mort et de la litière pendant la phase de transition, il existe deux méthodes :

Méthode 1 (également nommée **méthode gains-pertes**, voir équation 2.18 au chapitre 2) : Avec cette méthode, on doit estimer la superficie de tous les types de conversions de terres et le transfert annuel moyen vers les stocks de litière et de bois mort et en provenance de ceux-ci. Pour cela il faut estimer les superficies de *terres converties en établissements* en fonction de différents types de climats, zones écologiques ou établissements, régimes de perturbation, de gestion, ou autres facteurs affectant significativement les pools de carbone de la litière et du bois mort et la quantité de biomasse transférée aux stocks de litière et de bois mort, ainsi que la quantité de biomasse transférée depuis les stocks de litière et de bois mort, par hectare et en fonction de différents types d'établissements.

Méthode 2 (également nommée **méthode de différence des stocks**, voir équation 2.19 au chapitre 2) : Cette méthode implique l'estimation de la superficie de terres converties en établissements et des stocks de litière et de bois mort à deux points temporels différents, t_1 et t_2 . Les variations des stocks de litière et de bois mort pendant l'année d'inventaire sont obtenues en divisant les variations des stocks par la période (années) passée entre les deux mesures. La méthode de différence des stocks est utilisable pour les pays disposant d'inventaires périodiques.

Niveau 3

Au niveau 3, les pays devront se doter de méthodologies et de paramètres propres pour estimer les variations de la MOM. Ces méthodologies pourront être tirées des méthodes 1 ou 2 décrites plus haut, ou se baser sur d'autres approches, mais la méthode choisie devra toujours être documentée précisément. Au niveau 3, les approches devront employer les véritables formes des courbes des pertes ou des accumulations, ou rester en cohérence avec elles. Ces courbes s'appliquent à toutes les cohortes en transition pendant l'année de l'inventaire, afin d'estimer les variations annuelles des pools de litière et de bois mort.

8.3.2.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSION/ABSORPTION

Fraction de carbone : La fraction de carbone du bois mort et de la litière est variable et dépend de l'état de décomposition. Le bois est beaucoup moins variable que la litière ; on peut employer une valeur de 0,50 tonne C (tonne m.s.)⁻¹ pour la fraction de carbone. Les valeurs de la litière des établissements se situent entre 0,30 et 0,50. Si le pays ne dispose pas de données nationales ou spécifiques à ses écosystèmes, la valeur de 0,40 est suggérée pour la fraction de carbone de la litière.

Niveau 1

On suppose que les stocks de carbone de la litière et du bois mort des terres converties en établissements sont entièrement perdus lors de la conversion, et qu'il n'y a pas d'accumulation suivante de nouvelle MOM dans les établissements après la conversion. Les valeurs par défaut pour la litière forestière avant la conversion sont fournies au tableau 2.2 du chapitre 2, mais on ne dispose pas de valeurs par défaut pour le bois mort et la litière de la plupart des systèmes. Les pays devront améliorer au maximum leurs estimations et utiliser des données locales provenant d'instituts de recherche agricole et forestière pour obtenir les meilleures estimations du bois mort et de la litière du système initial avant la conversion, ou employer les valeurs par défaut du tableau 2.2, en l'absence de toute autre information. On suppose que les stocks de carbone des pools de bois mort et de litière de toutes les catégories non forestières sont nuls. Les pays dans lesquels il y a beaucoup de conversions d'autres

écosystèmes en établissements devront rassembler des données nationales de manière à pouvoir en quantifier l'impact et passer à des estimations de niveaux 2 ou 3.

Niveau 2

Selon les *bonnes pratiques*, on utilisera des données nationales sur le bois mort et la litière de différentes catégories d'établissements, en plus des valeurs par défaut, si l'on ne dispose pas de valeurs spécifiques au pays ou à la région pour toutes les catégories de conversions. Les valeurs spécifiques au pays sur le transfert de carbone d'arbres et d'herbes vivants récoltés aux résidus de récoltes, sur les taux de décomposition (lorsqu'on a choisi la méthode de gains-pertes) ou les variations nettes des pools de MOM (pour la méthode de différence des stocks) pourront être tirées de facteurs d'expansion spécifiques au pays prenant en compte le type d'établissements, le taux d'utilisation de la biomasse, les pratiques de récoltes et la quantité de végétation endommagée lors des récoltes. Pour les régimes de perturbations, les valeurs spécifiques au pays devront être dérivées de recherches scientifiques.

Niveau 3

Pour estimer le carbone de la MOM à un niveau désagrégé national, on devra employer un inventaire national, des modèles nationaux, ou un programme d'inventaire des gaz à effet de serre spécifique, avec des échantillonnages périodiques suivant les principes présentés à l'annexe 3A.3 du chapitre 3. Les données des inventaires pourront être associées à des études de modélisation qui capturent la dynamique de tous les pools de carbone des établissements.

Au niveau 3, les méthodes permettent d'obtenir des estimations plus certaines qu'aux niveaux moins élevés, et la corrélation entre les pools de carbone individuels est plus grande. Certains pays ont élaboré des matrices de perturbations permettant de réattribuer le carbone de différents pools pour toutes les perturbations. Parmi les autres paramètres importants pour les modèles de budget de carbone de la MOM, on a les taux de décomposition, qui peuvent varier en fonction du type de bois et des conditions microclimatiques, et les procédures de préparation du site (par exemple, le brûlage contrôlé diffus ou le brûlage de javelles).

8.3.2.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Les données sur les activités devront être les mêmes que celles utilisées pour la biomasse, décrites à la section 8.3.1.3

Résumé étape par étape de la méthode d'estimation des variations des stocks de MOM

Niveau 1

Étape 1 : Déterminer les catégories de conversions de terres à utiliser pour l'évaluation, et les superficies représentatives des conversions par année. Les données sur les superficies seront obtenues à l'aide des méthodes décrites au chapitre 3. Aux niveaux plus élevés, il faudra disposer de données plus précises ; mais au niveau 1 l'exigence minimale des *Lignes directrices GIEC* est que les superficies de conversions de forêts soient identifiées séparément.

Étape 2 : Déterminer les stocks de litière et de bois mort (séparément) par hectare avant la conversion, pour toutes les catégories d'activités (voir au tableau 2.2 du chapitre 2 les valeurs par défaut).

Étape 3 : Déterminer les stocks de litière et de bois mort (séparément) par hectare après la conversion, par type d'établissement, pour toutes les catégories d'activités. Au niveau 1, on suppose que les stocks de litière et de bois mort après la conversion sont nuls.

Étape 4 : Calculer les variations nettes des stocks de litière et de bois mort par hectare pour tous les types de conversions en soustrayant les stocks initiaux des stocks finaux. Une valeur négative indiquera une diminution du stock (équation 2.23).

Étape 5 : Convertir les variations nettes des stocks individuels en unités de tonnes C ha⁻¹ en multipliant les variations nettes d'un stock par la fraction de carbone de ce même stock (0,40 tonne C (tonne m.s.)⁻¹ pour la litière, et 0,50 tonne C (tonne m.s.)⁻¹ pour le bois mort).

Étape 6 : Multiplier les variations nettes de chaque stock de C par la superficie convertie pendant l'année d'inventaire.

Niveaux 2 et 3

Étape 1 : Déterminer les catégories de conversions de terres à utiliser pour l'évaluation, et les superficies représentatives des conversions par année. Des superficies représentatives des divers stades de la conversion seront nécessaires pour l'estimation des terres lors de la phase de transition. Aux niveaux plus élevés, il faudra

disposer de données plus précises ; mais l'exigence minimale des *Lignes directrices GIEC* est que les superficies de conversions de forêts soient identifiées séparément.

Étape 2 : Changements abrupts

- Déterminer les catégories d'activités à utiliser pour l'évaluation, et les superficies représentatives. La catégorie se définit par le type de conversion et, le cas échéant, la nature de la gestion de l'ancienne couverture terrestre et de la gestion des établissements, par exemple : « conversion d'une forêt tropicale saisonnière abattue en pâturage de bétail avec fourrage exotique ». Les données des superficies sont obtenues à l'aide des méthodes décrites au chapitre 3.
- Déterminer les stocks de litière et de bois mort (séparément) par hectare avant la conversion, pour toutes les catégories d'activités.
- Déterminer les stocks de litière et de bois mort (séparément) par hectare un an après la conversion en établissements, pour toutes les catégories d'activités.
- Calculer les variations nettes des stocks de litière et de bois mort par hectare pour tous les types de conversions en soustrayant les stocks initiaux des stocks finaux. Une valeur négative indiquera une diminution du stock.
- Convertir les variations nettes des stocks individuels en unités de tonnes C ha⁻¹ en multipliant les variations nettes d'un stock par la fraction de carbone de ce même stock (0,40 tonne C (tonne m.s.)⁻¹ pour la litière, et 0,50 tonne C (tonne m.s.)⁻¹ pour le bois mort).
- Multiplier les variations nettes de chaque stock de C par la superficie convertie pendant l'année d'inventaire.

Étape 3 : Changements transitoires

- Déterminer les catégories et les cohortes à utiliser pour l'évaluation, et les superficies représentatives. La catégorie se définit par le type de conversion et, le cas échéant, la nature de la gestion de l'ancienne couverture terrestre et de la gestion des établissements. Les données des superficies sont obtenues à l'aide des méthodes décrites au chapitre 3.
- Déterminer le taux annuel de variations des stocks de bois mort et de litière (séparément) par type d'activités à l'aide de la **méthode gains-pertes** ou de la **méthode de différence des stocks (voir ci-dessous)** pour chaque cohorte de terres actuellement en phase de transition entre la conversion et un nouveau système stable.
- Déterminer les stocks de litière et de bois mort de la cohorte au cours de l'année précédente (en utilisant, normalement, l'inventaire précédent).
- Calculer les variations des stocks de litière et de bois mort pour chaque cohorte en ajoutant le taux de variations nettes aux stocks de l'année précédente.
- Convertir les variations nettes des stocks individuels en unités de tonnes C ha⁻¹ en multipliant les variations nettes d'un stock par la fraction de carbone de ce même stock (0,40 tonne C (tonne m.s.)⁻¹ pour la litière, et 0,50 tonne C (tonne m.s.)⁻¹ pour le bois mort).
- Multiplier les variations nettes de chaque stock de C par la superficie de chaque cohorte pour l'année d'inventaire.

Méthode gains-pertes :

- Déterminer les gains annuels moyens de bois mort et de litière (séparément).
- Déterminer les pertes annuelles moyennes de bois mort et de litière (séparément).
- Calculer les variations nettes des pools de bois mort et de litière en soustrayant les sorties des entrées.

Méthode de différence des stocks :

- Déterminer l'intervalle choisi pour l'inventaire, les stocks moyens de bois mort et de litière lors de l'inventaire initial, et les stocks moyens de bois mort et de litière lors de l'inventaire final.
- Utiliser ces chiffres pour calculer les variations nettes des stocks de litière et de bois mort en soustrayant le stock initial du stock final et en divisant cette différence par le nombre d'années entre les inventaires. Une valeur négative indiquera une diminution du stock.

- À l'approche de niveau 3, il faudra disposer de facteurs d'expansion spécifiques au pays ou à la région. Au niveau 2, il n'y a pas de facteurs d'expansion par défaut ; il faudra donc utiliser les meilleures données disponibles localement (et les documenter).

8.3.2.4 ÉVALUATION DES INCERTITUDES

Au niveau 1, les incertitudes sont les mêmes que celles des stocks de carbone de la superficie de terres soumise à une conversion annuelle. On suppose donc que les variations de la MOM sont nulles, et il n'y a donc pas d'incertitude associée après la transition initiale. Aux niveaux 2 et 3, parmi les sources d'incertitude, on compte le degré d'exactitude des estimations des superficies de terres, des pertes et gains de carbone, du stock de carbone, de la quantité de carbone brûlé et des termes du facteur d'expansion. On obtiendra les données sur les superficies et les estimations des incertitudes à l'aide des méthodes du chapitre 3, qui fournissent des incertitudes par défaut associées aux différentes approches. Les incertitudes associées aux stocks de carbone et autres valeurs paramétriques seront probablement d'un facteur d'au moins 3, à moins qu'on dispose de données nationales tirées d'enquêtes bien conçues.

8.3.3 Carbone des sols

Les conversions de terres en établissements sont dues au développement et à l'expansion des villes sur d'anciennes terres forestières, terres cultivées, prairies, terres humides et autres terres. Elles modifient les stocks de C des sols en raison des perturbations mécaniques des sols, de l'enfouissement ou de la collecte de sols pendant la construction, du type et de la quantité de couvert végétal, en plus du nouveau régime de gestion, notamment par rapport à l'irrigation et à l'apport de nutriments.

Des informations et recommandations générales sur l'estimation des variations des stocks de C des sols se trouvent à la section 2.3.3 du chapitre 2 (avec des équations). Les variations totales des stocks de C des sols des terres converties en établissements sont estimées à l'aide de l'équation 2.24 du chapitre 2, qui combine les variations des stocks de C organique des sols pour les sols minéraux et organiques, et les variations des stocks des pools de C inorganique des sols (niveau 3 uniquement).

Pour estimer les variations des stocks de C des sols associées aux terres converties en établissements, les pays doivent disposer d'estimations de la superficie des terres converties en établissements au moment de la période d'inventaire, stratifiées par région climatique et type de sol. Si l'on n'a pas de données agrégées sur les affectations des terres et si l'on ne connaît pas les conversions spécifiques entre les affectations, les variations des stocks de C organique des sols (COS) pourront quand même être calculées à l'aide des méthodes fournies à la section établissements restant établissements, mais la base terrestre sera probablement différente pour les établissements pendant l'année en cours par rapport à l'année initiale de l'inventaire, et la dynamique des transitions sera moins bien représentée. Le chapitre 3 (*Représentation cohérente des terres*) souligne l'importance du maintien de la cohérence en matière de superficie totale des terres.

8.3.3.1 CHOIX DE LA METHODE

Les inventaires pourront être élaborés suivant des approches de niveau 1, 2 ou 3, chaque niveau requérant successivement plus de précisions et de ressources que le précédent. Certains pays emploieront différents niveaux pour préparer leurs estimations des diverses sous-catégories de C des sols (soit, variations des stocks du C organique des sols dans les sols minéraux et organiques, et variations des stocks associées aux pools de C inorganique des sols, au niveau 3). La section 2.3.3.1 du chapitre 2 propose des diagrammes décisionnels pour les sols minéraux (figure 2.4) et les sols organiques (figure 2.5) afin d'aider les compilateurs d'inventaires à sélectionner le niveau approprié.

Sols minéraux

Niveau 1

Les variations des stocks du C organique des sols minéraux peuvent être estimées, pour la conversion d'affectation des terres en établissements, à l'aide de l'équation 2.25 du chapitre 2. Au niveau 1, les stocks initiaux (avant la conversion) du C organique des sols ($COS_{(0-T)}$) et les stocks de C pendant la dernière année de la période d'inventaire (COS_0) sont calculés à partir des stocks de C organique des sols de référence par défaut (COS_{REF}) et des facteurs de variation des stocks par défaut (F_{Af} , $F_{Gestion}$, F_E). À noter que les superficies de roches exposées dans les terres forestières ou l'ancienne affectation des terres ne sont pas incluses dans le calcul des stocks de C des sols (hypothèse d'un stock nul). Les taux annuels d'émissions (source) ou d'absorptions (puits) sont calculés en tant que différence entre les stocks (dans le temps) divisée par la dépendance temporelle (D) des facteurs de variation des stocks (20 ans par défaut).

Niveau 2

À l'approche de niveau 2 pour les sols minéraux, on emploie aussi l'équation 2.25 (chapitre 2), mais avec des stocks de C de référence et/ou des facteurs de variation des stocks spécifiques aux régions ou au pays et éventuellement des données sur les activités désagrégées relatives aux affectations des terres et à l'environnement. L'extraction, le transfert ou l'enfouissement du C des sols pendant la construction est une question importante dans les établissements, si le C des sols ne se décompose pas pendant la phase de construction, et s'enfouit plus profondément dans le profil, est transféré à une autre zone, ou voire même utilisé. Conformément aux *bonnes pratiques*, au niveau 2 on ajustera le facteur de variation des stocks de manière à pouvoir refléter la réduction des pertes de C vers l'atmosphère sous forme de CO₂.

Niveau 3

Aux approches de niveau 3, on aura des modèles spécifiques au pays plus précis, et/ou des approches basées sur des mesures et des données d'affectation et de gestion des terres très désagrégées. Conformément aux *bonnes pratiques*, les approches de niveau 3 d'estimation des variations du C des sols imputables aux conversions d'affectation des terres vers des établissements utiliseront des modèles, des réseaux de surveillance et/ou des ensembles de données capables de représenter les transitions dans le temps à partir d'autres affectations des terres, comme les terres forestières, les terres cultivées, les prairies ou autres affectations des terres. Il est recommandé d'intégrer les méthodes de niveau 3 aux estimations d'extraction de la biomasse et du traitement des résidus de plantes post-défrichage (y compris débris ligneux et litière), car les variations de l'extraction et du traitement des résidus (par exemple, brûlage, préparation du site) affecteront les entrées de C à la formation de la matière organique des sols et les pertes de C dues à la décomposition et à la combustion. Les modèles devront avoir été évalués en faisant des observations indépendantes sur des emplacements spécifiques au pays ou à la région représentatifs des influences du climat, des sols et de la gestion sur les variations des stocks de C des sols post conversion.

Sols organiques**Niveaux 1 et 2**

Les *terres converties en établissements* sur des sols organiques pendant la période d'inventaire sont traitées de la même manière que les *établissements restant établissements*. Les pertes de carbone sont calculées à l'aide de l'équation 2.26 du chapitre 2. Des recommandations supplémentaires sur les niveaux 1 et 2 sont données à la section 8.2.3.1.

Niveau 3

Comme pour les sols minéraux, l'approche de niveau 3 signifie l'utilisation de modèles spécifiques au pays et/ou d'approches basées sur des mesures, ainsi que des données d'affectation et de gestion des terres très désagrégées.

8.3.3.2 CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSIONS ET DE VARIATIONS DES STOCKS

Sols minéraux**Niveau 1**

Les stocks de C de référence par défaut se trouvent au tableau 2.3 du chapitre 2, et les facteurs de variation des stocks des anciennes affectations des terres se trouvent dans les chapitres leur correspondant (terres forestières à la section 4.2.3.2, terres cultivées à la section 5.2.3.2, prairies à la section 6.2.3.2 et autres terres à la section 9.3.3.2). Les facteurs de variation des stocks par défaut de l'affectation des terres après la conversion (établissements) ne sont pas nécessaires au niveau 1 pour les *établissements restant établissements* parce que l'hypothèse par défaut est que les entrées sont égales aux sorties et qu'il n'y a donc pas de variations nettes des stocks de carbone des sols une fois que l'établissement est construit. Néanmoins les conversions peuvent entraîner des variations nettes, et selon les *bonnes pratiques* on fera les hypothèses suivantes :

- (i) pour la proportion de l'établissement qui est pavée, supposer que le produit de F_{AIT} , F_{Gestion} et F_E est 0,8 fois le produit correspondant à l'ancienne affectation des terres (c'est-à-dire que 20 % du carbone des sols par rapport à l'ancienne affectation des terres est perdu en raison des perturbations, de l'extraction ou du transfert) ;
- (ii) pour la proportion d'établissement qui est caractérisée par de la pelouse, utiliser les valeurs appropriées pour les prairies améliorées, tirées du tableau 6.2, chapitre 6 ;
- (iii) pour la proportion d'établissement qui est caractérisée par des sols cultivés (par exemple utilisée pour l'horticulture), utiliser les valeurs de F_{Gestion} sans travail du sol du tableau 5.5 (chapitre 5) avec $F_E = 1$; et

- (iv) pour la proportion d'établissement qui est boisée, supposer que tous les facteurs de variation des stocks sont de 1.

Niveau 2

Pour l'approche de niveau 2, l'élément le plus important est l'estimation de facteurs de variation des stocks spécifiques au pays. Les différences des stocks de C organique des sols entre les affectations des terres sont calculées par rapport à une condition de référence, à l'aide des facteurs d'affectation des terres (F_{Aff}). Les facteurs d'entrées (F_E) et les facteurs de gestion (F_{Gestion}) sont ensuite utilisés pour affiner encore les stocks de C des catégories de gestion de l'établissement. Des recommandations supplémentaires sur la manière de dériver ces facteurs de variation des stocks se trouvent à la section 8.2.3.2, *Établissements restant établissements*. Pour obtenir des informations sur la dérivation des facteurs de variation des stocks pour d'autres secteurs d'affectation des terres, voir la section leur correspondant (chapitre 4 pour les terres forestières, chapitre 5 pour les terres cultivées, chapitre 6 pour les prairies, et chapitre 9 pour les autres terres). Les stocks de C de référence peuvent également être dérivés de données spécifiques au pays, lors d'une approche de niveau 2, et doivent bien sûr être cohérents pour toutes les affectations des terres (c'est-à-dire terres forestières, terres cultivées, prairies, établissements et autres terres) ; les diverses équipes gérant les inventaires de C des sols au secteur AFAT doivent donc se coordonner.

Niveau 3

Il est peu probable qu'on puisse estimer des facteurs de taux d'émissions en soi constants, mais plutôt des taux variables qui captureront plus exactement les effets des affectations et de la gestion des terres. Lire à la section 2.3.3.1 (chapitre 2) une discussion plus élaborée du sujet.

Sols organiques

Niveaux 1 et 2

Les terres converties en établissements sur des sols organiques pendant la période d'inventaire sont traitées de la même manière que les établissements restant établissements. Au niveau 2, les facteurs d'émissions sont dérivés de données spécifiques au pays ou à la région ; des recommandations supplémentaires se trouvent à la section 8.2.3.2.

Niveau 3

Il est peu probable qu'on puisse estimer des facteurs de taux d'émissions en soi constants, mais plutôt des taux variables qui captureront plus exactement les effets des affectations et de la gestion des terres. Lire à la section 2.3.3.1 (chapitre 2) une discussion plus élaborée du sujet.

8.3.3.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

Sols minéraux

Niveaux 1 et 2

Au niveau 1, la quantité de terres converties en établissements, stratifiée par régions climatiques et types de sols, devra être connue afin d'estimer des stocks appropriés. Pour ce faire, on pourra superposer des cartes des sols et des climats, et utiliser en plus des données spatialement explicites sur l'emplacement des conversions de terres. Des descriptions précises des méthodes de classification des climats et des sols par défaut sont fournies au chapitre 3. En l'absence d'informations spécifiques, il faudra estimer la superficie pavée par défaut dans les établissements, en tant que proportion non espace vert de la superficie totale, à l'aide des données du tableau 8.3, ce même tableau pourra être utilisé pour diviser la superficie d'espaces verts en zones boisées et zones non boisées. On pourra supposer que les zones non boisées seront de la pelouse, sauf si l'on dispose de données montrant qu'elles sont cultivées autrement.

Niveau 3

Au niveau 3, pour appliquer des modèles dynamiques et/ou effectuer un inventaire direct basé sur des mesures, les pays devront disposer de données aussi précises, voire plus précises sur les combinaisons de climats, de sols, de topographie et de gestion ; toutefois les besoins exacts dépendront du modèle ou du plan de mesures.

Sols organiques

Niveaux 1 et 2

Les terres converties en établissements sur des sols organiques pendant la période d'inventaire sont traitées de la même manière que les établissements restant établissements et les recommandations relatives aux données sur les activités se trouvent à la section 8.2.3.3.

Niveau 3

Comme pour les sols minéraux, les approches de niveau 3 nécessiteront des données plus précises qu'aux niveaux 1 et 2 sur les combinaisons de climats, de sols, de topographie et de gestion ; toutefois les besoins exacts dépendront du modèle ou du plan de mesures.

8.3.3.4 ÉVALUATION DES INCERTITUDES

Lire les recommandations à la section 8.2.3.4.

8.4 EXHAUSTIVITE, SERIES TEMPORELLES, AQ/CQ ET ETABLISSEMENT DE RAPPORTS**8.4.1 Exhaustivité**

Conformément aux *bonnes pratiques*, les inventaires du C des sols suivront les variations de superficie totale dans le temps, et si l'approche employée est de niveau 2 ou 3, l'inventaire devra suivre les superficies associées aux principales catégories de gestion (par exemple, la pelouse, les terres boisées urbaines, les jardins, les zones de dépôt d'ordures, les terrains vagues et les infrastructures). La superficie totale couverte par la méthodologie de l'inventaire des établissements sera la somme des terres correspondant à des *établissements restant établissements* et des *terres converties en établissements* pendant la période de l'inventaire. La méthodologie de l'inventaire pourra ne pas inclure certaines superficies d'établissements dont on estime que les émissions et absorptions de gaz à effet de serre sont insignifiantes ou constantes dans le temps car il y a eu peu de changements de gestion des établissements (voire aucun) ou pas de changements importants relatifs aux entrées dues à la gestion. Néanmoins, on encourage les pays à suivre la superficie totale des terres des établissements de leur pays dans le temps, et à conserver des archives faciles à consulter sur les parties de ces terres utilisées pour l'estimation des émissions et absorptions de dioxyde de carbone. Dans ce cas, selon les *bonnes pratiques* les pays devront documenter les différences de superficies incluses dans les calculs d'inventaires, et les expliquer, et présenter la superficie d'établissements totale de la base terrestre.

8.4.2 Développement d'une série temporelle cohérente

Pour maintenir une série temporelle cohérente, conformément aux *bonnes pratiques* les pays devront appliquer les mêmes méthodes d'inventaires pendant toute la durée de la période d'inventaire, y compris les définitions des affectations des terres et des systèmes d'établissements, la superficie incluse dans l'inventaire du C, et les méthodes de calcul. Si des changements sont apportés, conformément aux *bonnes pratiques* on conservera des archives faciles à consulter des changements, et on recalculera les variations des stocks de C de toute la période d'inventaire. Des recommandations sur les recalculs correspondant à ces circonstances sont fournies au chapitre 5 du volume 1. Pour obtenir des estimations cohérentes (et donc des rapports cohérents), il faudra aussi employer des définitions communes des activités de gestion, des climats et des types de sols pendant toute la série temporelle de la période d'inventaire.

8.4.3 Assurance de la qualité / contrôle de la qualité de l'inventaire

Conformément aux *bonnes pratiques*, on mettra en place des procédures de contrôle de la qualité et une révision externe par des experts des estimations d'inventaire et des données. Il faudra faire particulièrement attention aux estimations spécifiques au pays des variations des stocks et des facteurs d'émissions, et s'assurer qu'elles se basent sur des données de grande qualité et des options d'experts vérifiables.

Pour les méthodologies relatives aux établissements, les vérifications d'AQ/CQ spécifiques comprennent :

Établissements restant établissements : Selon les *bonnes pratiques*, les superficies d'établissements devront être cohérentes dans les rapports sur les stocks de biomasse et les variations des stocks des sols. Les établissements peuvent inclure les superficies où les variations des stocks des sols sont comptabilisées mais pour lesquelles on suppose que les variations de la biomasse sont nulles (par exemple lorsqu'on n'a quasiment pas de biomasse non ligneuse), les superficies où les stocks de biomasse et des sols varient (par exemple lors de la construction d'un parc) et les superficies où ni les stocks de biomasse ni les stocks des sols ne varient (par exemple les infrastructures ou les terrains vagues). Pour améliorer la transparence et éliminer les erreurs, conformément aux *bonnes pratiques* on inclura dans les rapports la superficie totale d'établissements, que les stocks varient ou non.

Terres converties en établissements : Le total de superficies agrégées des terres converties en établissements devra être égal aux estimations de la biomasse et des sols. Si les pools de sols et de biomasse pourront être désagrégés à différents niveaux de précision, les bonnes pratiques requièrent tout de même que les catégories générales de désagrégation des données sur les superficies soient les mêmes.

Pour toutes les estimations des variations des stocks de C des sols, la superficie totale devra être la même pour toutes les combinaisons de types de sols/climats au début de la période d'inventaire (année_(0-T)) et lors de la dernière année (année₍₀₎), à moins qu'on ait démontré qu'une partie de la base terrestre a été incorporée dans un autre secteur d'affectation des terres ou transférée depuis un autre secteur. Au bout du compte, la somme de toute la base terrestre d'un pays, comprenant tous les secteurs, devra être égale chaque année de la période d'inventaire.

8.4.4 Établissement de rapports et documentation

Les *bonnes pratiques* exigent que l'on note et archive toutes les informations requises par les estimations d'inventaire nationales, notamment : (i) les sources des données, les bases de données, les sources des données relatives aux informations utilisées pour estimer les facteurs spécifiques au pays, et les procédures employées pour estimer les facteurs ; (ii) les données sur les activités et les définitions utilisées pour catégoriser ou agréger les données sur les activités ; et (iii) les classifications des régions climatiques et des types de sols (aux niveaux 1 et 2), qui devront être documentées précisément. Pour les approches de niveau 3 utilisant des modèles, les *bonnes pratiques* exigent la documentation de la version du modèle et une description du modèle, ainsi qu'un archivage permanent des copies de tous les fichiers d'entrées du modèle, du code source et des programmes exécutables.

Tableaux et feuilles de travail des rapports

Les catégories décrites dans le présent chapitre pourront être incluses dans les rapports à l'aide des tableaux du chapitre 8, volume 1. Les estimations de la catégorie *Établissements* correspondent aux catégories des établissements de rapports des *Lignes directrices GIEC* comme suit :

- Les émissions et absorptions de dioxyde de carbone de la biomasse ligneuse des *établissements restant établissements* correspondent à la catégorie GIEC d'établissement de rapports 5A et les *terres converties en établissements* à la catégorie GIEC d'établissement de rapports 5B ; et aux catégories GIEC 4E et 4F pour les gaz sans CO₂ ;
- Les émissions et absorptions de dioxyde de carbone des sols des *établissements restant établissements* correspondent aux catégories GIEC d'établissement de rapports 5D et 5E pour le CO₂, et à la catégorie GIEC d'établissement de rapports 4D pour les gaz sans CO₂ ; et
- Les émissions et absorptions de dioxyde de carbone dues aux conversions de terres en établissements correspondent à la catégorie GIEC d'établissement de rapports 5B (biomasse), 5D et 5E (sols) ; et 4D, 4E, et 4F (gaz sans CO₂).

Des feuilles de travail sont fournies à l'annexe 1 pour le calcul des émissions et absorptions de gaz à effet de serre des établissements (méthodes de niveau 1).

8.5 BASE D'UNE FUTURE METHODOLOGIE A DEVELOPPER

La présente méthodologie a des lacunes, parce que les données sont insuffisantes pour permettre de quantifier tous les pools et flux de gaz à effet de serre dans les établissements. On compte parmi les lacunes les plus importantes :

- Une méthodologie d'estimation des émissions de gaz à effet de serre sans CO₂ (N₂O et CH₄) ;
- Une méthodologie précise permettant de comptabiliser les stocks de carbone autres que de la biomasse vivante et des sols (plus spécifiquement, le bois mort et la litière) ;
- Une discussion des stocks et flux de carbone de la pelouse et de la gestion des pelouses ;
- Une discussion des stocks et flux de carbone des jardins et autres plantes herbacées ; et
- Une méthodologie générale permettant de comptabiliser les différentes catégories d'établissements, à différentes quantités de végétation ligneuse et non ligneuse, et différents types de gestion.

Gaz à effet de serre sans CO₂. Des recherches ont été effectuées sur le fait que les flux d'oxyde nitreux peuvent être plus importants dans les zones urbaines que dans des conditions naturelles (Kaye *et al.*, 2004) ; toutefois ces flux dépendent des conditions naturelles elles-mêmes (soit, le climat et la région où se trouve l'établissement) et du régime de gestion des établissements normalement employé dans la région. Il faudra disposer de données supplémentaires avant de pouvoir tirer des conclusions sur l'impact des établissements sur les flux de gaz à effet de serre sans CO₂.

Bois mort et litière. Le bois mort est une catégorie diverse renfermant des arbres ou branches émondées ou tombées, ou des arbres morts sur pied pas encore remplacés par des individus vivants. Il peut être brûlé ou éliminé en tant que déchet solide, utilisé comme compost, ou abandonné pour décomposition sur le site ou hors site. Dans la présente méthodologie, le bois mort est considéré comme une perte de biomasse vivante. Pour les établissements, il est fréquent que le bois mort soit transporté à l'extérieur du site (plutôt que laissé à l'abandon sur le site, en décomposition, comme dans les forêts), l'élaboration d'une méthodologie plus précise, à l'avenir, pourrait permettre de comptabiliser la proportion de bois mort transférée à des décharges, posée sur des piles de compost, brûlée ou laissée à l'abandon pour décomposition. La proportion transférée à des décharges ou utilisée pour faire du compost devra être considérée comme produits ligneux récoltés (PLR) ou déchets, catégories étudiées dans d'autres sections des présentes *Lignes directrices*.

Pelouse et gestion des pelouses. La biomasse de la pelouse se compose de racines, de chaume, d'éteule et des éléments aériens. S'il existe des estimations publiées de la productivité de la pelouse (Falk, 1976 ; Falk, 1980 ; Qian *et al.*, 2003), l'herbe se décompose rapidement et on a peu d'informations sur l'accumulation générale de biomasse dans les éléments plus durables de la biomasse de la pelouse. La répartition de la pelouse entre éléments aériens et souterrains dépend également de la gestion et des activités de tonte. Puisqu'on n'a pas d'informations généralisables sur ce sujet, et qu'on manque de données sur les activités permettant de quantifier les superficies couvertes de pelouses dans les établissements, il n'existe actuellement aucune méthodologie précise décrivant les absorptions de carbone par les systèmes de pelouses. Une méthodologie plus précise nécessiterait plus d'informations sur la productivité de la pelouse, le renouvellement de l'herbe et la distribution des différents éléments de plantes, car ces éléments varient en fonction de la gestion. Bien sûr, les données sur les activités nécessaires à cette méthodologie incluraient des informations sur les régimes de gestion et sur la proportion d'établissements couverts de pelouse.

Jardins et autres plantes herbacées. Comme pour la pelouse, on n'a pas d'informations décrivant l'accumulation annuelle de biomasse et la distribution des plantes de jardin entre éléments aériens et souterrains. De même, aucune information n'existe sur les variations de la productivité des plantes, par rapport au régime de gestion. Les données sur les activités nécessaires à une méthodologie plus précise incluraient des informations sur les régimes de gestion et sur la proportion de superficies d'établissements couvertes par ce type de végétation. Il s'agit surtout de plantes de jardins : il faut donc prendre des échantillons dans des jardins privés, ce qui pose un problème supplémentaire, car les perturbations sont probables et les propriétaires peuvent en refuser l'entrée (voir Jo et McPherson, 1995).

Catégories de terres. Une méthodologie plus précise nécessiterait un ensemble cohérent de définitions des catégories de terres des établissements, pouvant être utilisé par n'importe quel pays quel que soit son climat, sa végétation indigène ou ses régimes d'établissements typiques. Les établissements seraient alors au même niveau que les autres affectations des terres (terres forestières, prairies, terres cultivées, terres humides), qui sont facilement définies grâce à un ensemble de paramètres objectifs et mesurables. Quelques recherches ont été faites dans cette direction (Theobald, 2004), mais les classifications actuelles sont incohérentes. Alors que le taux de séquestration du carbone par unité de couvert forestier est relativement cohérent, par exemple, le taux général de stockage de carbone par unité d'établissements dépend complètement des quantités relatives de couvert forestier et de pelouses de l'établissement. Cette classification des terres ferait partie des ensembles de données sur les activités rassemblées par les pays, et la méthodologie précise pourrait être élaborée et appliquée de manière cohérente en fonction de ces données sur la couverture terrestre. Ce type de classification des affectations des terres permettrait aussi aux pays de comptabiliser les variations du stockage de carbone dues aux changements de gestion dans les superficies entrant dans la définition générale des établissements. Par exemple, lorsqu'on construit sur des parcelles vierges, la végétation adventive restant dans les superficies non construites peut être remplacée par des types de paysage présentant des capacités différentes quant au stockage de carbone.

Références

- Akbari, H. (2002). Shade trees reduce building energy use and CO₂ emissions from power plants. *Environmental Pollution* **116**:S119-S124.
- Armentano, T.V. and Menges, E.S. (1986). Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* **74**:755-774. 1986.
- Brack, C.L. (2002). Pollution mitigation and carbon sequestration by an urban forest. *Environmental Pollution* **116**:S195-S200.
- Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H. and Baumgardner, G.A. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* **111**:1-11.
- Crane, P. and Kinzig, A. (2005). Nature in the metropolis. *Science* **308**:1225-1225.
- Elvidge, C.D., Milesi, C., Dietz, J.B., Tuttle, B.T., Sutton, P.C., Nemani, R. and Vogelmann, J.E. (2004). U.S. constructed area approaches the size of Ohio. *EOS - Transactions of the American Geophysical Union* **85**:233-234.
- Falk, J. (1980). The primary productivity of lawns in a temperate environment. *Journal of Applied Ecology* **17**:689-696.
- Falk, J.H. (1976). Energetics of a suburban lawn ecosystem. *Ecology* **57**:141-150.
- Gallo, K.P., Elvidge, C.D., Yang, L. and Reed, B.C. (2004). Trends in night-time city lights and vegetation indices associated with urbanization within the conterminous USA. *International Journal Of Remote Sensing* **25**:2003-2007.
- Goldman, M.B., Groffman, P.M., Pouyat, R.V., McDonnell, M.J. and Pickett, S.T.A. (1995). CH₄ uptake and N availability in forest soils along an urban to rural gradient. *Soil Biology and Biochemistry* **27**:281-286.
- Gregg, J.W., Jones, C.G. and Dawson, T.E. (2003). Urbanization effects on tree growth in the vicinity of New York City. *Nature* **424**:183-187.
- Idso, C., Idso, S. and Balling, R.J. (1998). The urban CO₂ dome of Phoenix, Arizona. *Physical Geography* **19**:95-108.
- Idso, C., Idso, S. and Balling, R.J. (2001). An intensive two-week study of an urban CO₂ dome. *Atmospheric Environment* **35**:995-1000.
- Imhoff, M., Tucker, C., Lawrence, W. and Stutzer, D. (2000). The use of multisource satellite and geospatial data to study the effect of urbanization on primary productivity in the United States. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **38**:2549-2556.
- 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.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- Jenkins, J., Chojnacky, D., Heath, L. and Birdsey, R. (2004). Comprehensive database of diameter-based biomass regressions for North American tree species. General Technical Report NE-, USDA Forest Service Northeastern Research Station, Newtown Square, PA.
- Jo, H. (2002). Impacts of urban greenspace on offsetting carbon emissions for middle Korea. *Journal of Environmental Management* **64**:115-126.
- Jo, H. and McPherson, E. (1995). Carbon storage and flux in urban residential greenspace. *Journal of Environmental Management* **45**:109-133.
- Kaye, J., Burke, I., Mosier, A. and Guerschman, J. (2004). Methane and nitrous oxide fluxes from urban soils to the atmosphere. *Ecological Applications* **14**:975-981.
- Kaye, J.P., McCulley, R.L. and Burke, I.C. (2005). Carbon fluxes, nitrogen cycling, and soil microbial communities in adjacent urban, native and agricultural ecosystems. *Global Change Biology* **11**:575-587.
- Koerner, B., and Klopatek, J. (2002). Anthropogenic and natural CO₂ emission sources in an arid urban environment. *Environmental Pollution* **116**:S45-S51.
- Kuchler, A. (1969). Potential natural vegetation. US Geological Survey Map, Sheet 90, Washington, DC.

- Milesi, C., Elvidge, C.D., Nemani, R.R., and Running, S.W. (2003). Assessing the impact of urban land development on net primary productivity in the southeastern United States. *Remote Sensing Of Environment* **86**:401-410.
- Nowak, D. (1996). Estimating leaf area and leaf biomass of open-grown deciduous urban trees. *Forest Science* **42**:504-507.
- Nowak, D. and Crane, D. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the United States. *Environmental Pollution* **116**:381-389.
- Nowak, D., Crane, D.E., Stevens, J.C. and Ibarra, M. (2002). Brooklyn's urban forest. General Technical Report NE-290, USDA Forest Service Northeastern Research Station, Newtown Square, PA.
- Nowak, D.J., Rowntree, R.A., McPherson, E.G., Sisinni, S.M., Kerkmann, E.R. and Stevens, J.C. (1996). Measuring and analyzing urban tree cover. *Landscape and Urban Planning* **36**:49-57.
- Pouyat, R. and Carreiro, M. (2003). Controls on mass loss and nitrogen dynamics of oak leaf litter along an urban-rural land-use gradient. *Oecologia* **135**:288-298.
- Pouyat, R., Groffman, P., Yesilonis, I. and Hernandez, L. (2002). Soil carbon pools and fluxes in urban ecosystems. *Environmental Pollution* **116**:S107-S118.
- Pouyat, R.V., McDonnell, M.J. and Pickett, S.T.A. (1995). Soil characteristics of oak stands along an urban-rural land-use gradient. *Journal of Environmental Quality* **24**:516-526.
- Qian, Y., Bandaranayake, W., Parton, W., Meham, B., Harivandi, M. and Mosier, A. (2003). Long-term effects of clipping and nitrogen management in turfgrass on soil organic carbon and nitrogen dynamics: The CENTURY model simulation. *Journal of Environmental Quality* **32**:1695-1700.
- Qian, Y. and Follett, R. (2002). Assessing soil carbon sequestration in turfgrass systems using long-term soil testing data. *Agronomy Journal* **94**:930-935.
- Raturi, S., Islam, K.R., Carroll, M.J. and Hill, R.L. (2004). Thatch and soil characteristics of cool- and warm-season turfgrasses. *Communications In Soil Science And Plant Analysis* **35**:2161-2176.
- Smith, W.B. and Brand, G.J. (1983). Allometric biomass equations for 98 species of herbs, shrubs, and small trees. Research Note NC-299, USDA Forest Service North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN.
- Theobald, D.M. (2004). Placing exurban land-use change in a human modification framework. *Frontiers in Ecology and the Environment* **2**:139-144.