

Inventaire forestier national du Canada

Processus opérationnels

Version 8.0

31 mars 2021

Forme proposée de citation et site public de consultation :

IFN (2021) *Processus opérationnels de l’Inventaire forestier national du Canada*. Version 8.0. Bureau de projet de l’Inventaire forestier national (IFN). <https://nfi.nfis.org/fr/general> (consulté le JJ.MM.AA).

Table des matières

Table des matières	2
Introduction	3
Aperçu des processus opérationnels de l'IFN	3
Collecte des données.....	3
Traitement des données.....	4
Production de rapports	5
Description détaillée des processus opérationnels	5
Processus 1 – Conception du levé	5
Processus 2 – Acquisition et catalogage des images.....	6
Processus 3 – Interprétation des placettes photo	8
Processus 4 – Validation des placettes photo	8
Processus 5 – Mesurage des placettes terrain	9
Processus 6 – Analyse des échantillons et validation des données des placettes terrain..	10
Processus 7 – Création des bases de données	11
Processus 8 – Projection des placettes photo.....	12
Processus 9 et 10 – Compilation des placettes photo et des placettes terrain	12
Processus 11 – Estimation	12
<i>Processus 11a – Estimation des statistiques de référence et de remesurage</i>	<i>12</i>
<i>Processus 11 b – Estimation des statistiques de changement</i>	<i>13</i>
Processus 12 – Services de rapport Web	14
<i>Processus 12a – Rapports statistiques</i>	<i>14</i>
<i>Processus 12 b – Services de calcul de biomasse</i>	<i>14</i>
<i>Processus 12c – Services de téléchargement des données des placettes</i>	<i>15</i>
Processus 13 – Rapport sur les progrès de l'inventaire	15
Processus 14 – Services de demande de données	16
Remerciements	16
Figures	18

Introduction

L'Inventaire forestier national (IFN) du Canada est un programme stratégique de surveillance à long terme des forêts. Il fournit des données statistiques sur l'état des forêts canadiennes et les tendances depuis sa création.

La plupart des pays gèrent un programme d'inventaire forestier national, qui comporte des unités permanentes d'échantillonnage sur le terrain qui sont mesurées périodiquement ou continuellement (sur une base rotative) afin d'obtenir les données nécessaires aux évaluations nationales non biaisées des forêts et à la production de rapports dont la précision est quantifiée. L'IFN du Canada se compose d'un petit réseau d'unités d'échantillonnage terrain permanentes (appelées *placettes terrain*) et d'un réseau plus étendu d'unités d'échantillonnage par télédétection (*placettes photo*). Le programme effectue des levés par télédétection, car les placettes terrain sont particulièrement coûteuses à installer et entretenir dans les forêts éloignées.

L'établissement des placettes de l'IFN a commencé en 2000. Des placettes terrain et des placettes photo ont été créées pendant sept ans (de 2000 à 2006). Les données recueillies pendant cette période ont servi à produire une série de rapports de référence, qui ont été publiés sur le site Web de l'IFN (nfi.nfis.org) pour la première fois en 2009. La période de référence, parfois appelée période d'établissement, est appelée ci-après T0 (période 0). Le premier remesurage (T1) a été effectué de 2008 à 2017. Le deuxième remesurage (T2) a été entamé en 2018 et devrait prendre fin en 2027.

L'IFN est réalisé par les gouvernements des provinces et des territoires en partenariat avec le Service canadien des forêts (SCF) de Ressources naturelles Canada (RNCAN). Le siège social du Bureau de projet de l'IFN est situé au Centre de foresterie du Pacifique (CFP) du SCF.

Le présent document décrit les processus opérationnels actuels de l'IFN et illustre les liens entre les processus afin de clarifier les méthodes actuellement utilisées pour collecter, traiter, gérer et utiliser les données de l'IFN pour produire des rapports statistiques pour le Canada et pour servir les clients.

Aperçu des processus opérationnels de l'IFN

Dans le présent document, l'ensemble des processus opérationnels de l'IFN a été divisé conceptuellement en 14 processus distincts (Figure 1) [*Remarque : toutes les figures apparaissent à la fin du document*]. Les processus peuvent être regroupés en trois grands types d'activités : i) la collecte des données (processus 1 à 6); ii) le traitement des données (processus 7 à 11); iii) la production de rapports (processus 12 à 14).

Collecte des données

La conception du levé (processus 1) a été achevée avant T0. On continue à l'élaborer et la peaufiner au fil de l'évolution des circonstances, mais elle offre un cadre et un guide pour les activités opérationnelles courantes sans faire partie de ces activités. La collecte de données de l'IFN comporte deux volets : un premier pour les placettes photo et un autre pour les placettes terrain.

La collecte des données des placettes photo est réalisée sur un cycle décanal. L'objectif consiste à réaliser un levé complet des placettes photo une fois tous les dix ans. En premier lieu, les

photographies aériennes ou images satellitaires à très haute résolution spatiale (THRS) sont captées et archivées (processus 2). Des contractuels engagés par les gouvernements des provinces ou des territoires ou le SCF se chargent en général de l'acquisition et de l'expédition des images au CFP pour leur archivage. Puisque l'archivage centralisé n'a que récemment été intégré aux processus opérationnels de l'IFN, l'archivage des images présente un arriéré. L'archivage des photographies aériennes est particulièrement difficile en raison du grand nombre de formats et de conventions de métadonnées différents qui sont utilisés depuis la création de l'IFN. Une fois acquises, les images des placettes photo sont interprétées par les contractuels (processus 3) pour créer les données sur la couverture terrestre des placettes photo de l'IFN, puis sont validées de manière scientifique (processus 4) avant d'être téléchargées dans la base de données de l'IFN. Des données sur l'utilisation des terres, la propriété et les aires protégées sont également recueillies relativement aux placettes photo. Certains territoires et provinces préparent l'ensemble des données des quatre couches des placettes photo pendant la réalisation du levé. D'autres préparent séparément les données sur l'utilisation des terres, la propriété et les aires protégées au sein d'un lot unique pour l'ensemble de leur territoire une fois par cycle de collecte. Dans certains cas des ensembles de données fédéraux sont également utilisés.

On applique une démarche de surveillance continue à la mesure des placettes terrain (processus 5) ainsi, chaque année, les placettes dont la dernière mesure est la plus ancienne sont priorisées. Cette démarche est suivie en principe, mais une certaine souplesse est autorisée en raison de considérations sur les capacités logistique, financière et technique qui se posent au moment de concevoir les campagnes de terrain annuelles dans chaque territoire administré. L'objectif consiste à visiter chaque année environ 10 % des placettes terrain boisées de l'IFN et à mesurer chaque placette une fois toutes les décennies en moyenne. La validation des données des placettes terrain (processus 6) est effectuée à l'aide de l'Utilitaire placettes terrain de l'IFN et d'une série de vérifications supplémentaires par le Bureau de projet de l'IFN.

Traitement des données

Une série de bases de données¹ sont créées pour gérer les données (processus 7) à mesure qu'elles franchissent les différentes étapes du traitement des données de l'IFN. L'objectif consiste à assurer l'intégrité des données et la reproductibilité des rapports. Le processus de projection des placettes photo (processus 8) sert à produire de l'information courante relative aux placettes qui n'ont pas été mesurées pendant le cycle en cours ou la période visée par le rapport. Les données mesurées ou projetées sont ensuite compilées (processus 9 pour les placettes photo, processus 10 pour les placettes terrain) et utilisées, avec les données d'appui, pour produire des estimations statistiques (processus 11a et 11b).

¹ Techniquement, le Bureau de projet de l'IFN tient à jour une base de données sur chacun des quatre serveurs (« base de données », réseau x, simulation et production pour le traitement interne des données, le développement, les tests et les applications Web, respectivement); dans chaque base de données, plusieurs « schémas » sont mis en place pour gérer les données dans différentes parties des processus opérationnels (p. ex. des schémas pour : les données des placettes photo, les données des placettes terrain, les données d'appui pour les compilations, les données du système de projection, etc.). Dans le présent document, le terme « base de données » est utilisé de façon générique au lieu de « schéma » et la représentation sous forme de diagrammes est simplifiée.

Production de rapports

L'activité de production de rapports statistiques comprend la production d'un ensemble de rapports normalisés et la production occasionnelle de rapports spéciaux en réponse aux besoins des utilisateurs, le cas échéant. Les services de rapport Web (processus 12) offrent un accès public aux rapports de l'IFN et à de l'information sur l'état d'avancement du levé à l'intention des partenaires de l'IFN (processus 13). Les personnes qui ont besoin de données ou de rapports qui ne sont pas publiquement accessibles peuvent s'adresser aux services de demande de données de l'IFN (processus 14).

Description détaillée des processus opérationnels

Processus 1 – Conception du levé

Le levé de l'IFN du Canada a été conçu pour offrir un échantillon probabiliste non biaisé des forêts canadiennes à des fins de surveillance stratégique à long terme. La population cible est l'ensemble des terres canadiennes non arctiques. Un cadre national de surveillance terrestre a été créé à partir d'une grille d'échantillonnage systématique de 4 km sur 4 km dans l'ensemble du Canada depuis un point choisi au hasard au large des côtes. Avant T0, les partenaires de l'IFN ont déterminé que le programme de l'IFN pourrait accomplir sa mission à un coût abordable en établissant des « placettes photo » de 2 km sur 2 km (400 ha) tous les cinq points d'échantillonnage du cadre national de surveillance terrestre (soit tous les 20 km), qui fourniraient ainsi un échantillon de la population cible de 1 %. Cette densité d'échantillonnage a été jugée suffisante pour la production de rapports nationaux et possible à entretenir à long terme avec le financement prévu.

Des placettes photo ont été mises en place dans l'ensemble du Canada de 2000 à 2006 (T0). On compte 26 139 sites de levé des placettes photo sur la grille de 20 km sur 20 km, dont 18 570 dans la zone de la population cible.

Les données du levé des placettes photo de l'IFN sont stratifiées par « unité de l'IFN » aux fins des activités d'estimation et de production de rapports normalisés. Les unités de l'IFN ont été créées par l'intersection géographique des 10 provinces et 3 territoires et de 12 écozones terrestres non arctiques (Figure 2). Les estimations produites concernant les unités de l'IFN sont synthétisées pour générer des rapports normalisés pour les écozones, les provinces et territoires, et le Canada. Certaines unités de l'IFN étant trop petites pour produire des estimations robustes avec la densité actuelle d'échantillonnage, les estimations des unités de l'IFN ne sont pas divulguées au public. Par exemple, l'écozone maritime de l'Atlantique de l'Île-du-Prince-Édouard (Î.-P.-É.) est la seule unité de cette province et elle est de petite taille (on atteint une densité d'échantillonnage de 1 % avec seulement 19 placettes photo); par conséquent, l'IFN évite de publier des rapports provinciaux. Les utilisateurs d'information sont invités à utiliser les statistiques officielles produites par les gouvernements provinciaux et territoriaux pour les forêts de leur territoire. En revanche, la plupart des provinces sont très étendues et l'intensité d'échantillonnage actuelle de l'IFN est suffisante pour produire des rapports de l'IFN robustes pour ces juridictions. Des rapports d'estimation spéciaux peuvent être produits en utilisant différentes strates écologiques ou administratives, telles que la Zone boréale ou la Forêt aménagée.

Les placettes photo de l'IFN font l'objet d'un levé sur un cycle décanal. Au cours du premier remesurage (T1; 2008 à 2017), la densité du levé a été réduite dans le nord du Canada à une placette photo tous les 40 km (Figure 3), en raison de contraintes budgétaires. Une approche de levés de deux sous-ensembles a d'abord été suivie pendant T1 pour permettre une estimation et des rapports géographiquement non biaisés à mi-cycle, mais cette approche a ensuite été abandonnée en raison des contraintes budgétaires, et aucune estimation à mi-cycle n'a été produite pour T1. Les levés pour T2 (2018 à 2027) ont également été réalisés sans sous-ensembles.

Des placettes terrain de l'IFN ont également été créées pendant la période de 2000 à 2006 sur des centroïdes des placettes photo choisies au hasard, à condition d'être boisées. Des placettes terrain seront créées dans certains sites non forestiers s'ils deviennent boisés. Les difficultés d'accès compliquant l'échantillonnage des placettes terrain de l'IFN sur le plan logistique et le rendant coûteux, la densité d'échantillonnage a été fixée à 10 % de la densité d'échantillonnage des placettes photo. Les placettes terrain ont été établies dans les unités de l'IFN où les partenaires ont déterminé que ces placettes pourraient être entretenues dans l'avenir (ré-échantillonnées continuellement sur un cycle décanal pour surveiller les changements). Les partenaires ont également déterminé qu'au moins 50 placettes terrain devraient être établies dans une écozone pour que l'échantillonnage soit valable. Par conséquent, plusieurs écozones et unités de l'IFN ne sont pas encore dotées de placettes terrain de l'IFN. Les placettes terrain de l'IFN sont retirées des plans d'échantillonnage en cas de soupçon de traitement biaisé ou en cas de déboisement. Les procédures pour gérer les cas d'accès refusé, d'accès difficile, de situations dangereuses ou de placettes partiellement boisées sont présentées à l'annexe D des *Lignes directrices pour l'échantillonnage terrain de l'Inventaire national des forêts du Canada*, version 5.0.

À cause du nombre réduit de placettes terrain de l'IFN, cette base de données est inadéquate pour la production d'estimations ou des rapports nationaux, toutefois les mesures et les échantillons recueillis sont précieux pour la science et, à ce titre, sont d'une valeur considérable pour le Canada.

Processus 2 – Acquisition et catalogage des images

Les gouvernements provinciaux ou territoriaux acquièrent les images dans leurs territoires respectifs, mais le SCF peut être appelé à obtenir des images des placettes photo qui sont au-delà de la portée des programmes d'acquisition provinciaux et territoriaux. Les limites de la zone de responsabilité en matière d'acquisition du SCF sont ajustées au besoin, en réponse aux changements apportés aux programmes provinciaux et territoriaux d'acquisition d'images.

Dans les zones de responsabilité provinciale et territoriale en matière d'acquisition où les provinces et les territoires gèrent la majorité des activités de prise d'images, le Bureau de projet de l'IFN reçoit annuellement des listes de placettes photo dans les zones d'acquisition prévues avant le début de la saison d'acquisition des images. Les considérations pour la planification comprennent les priorités en matière d'inventaire forestier de chaque gouvernement, par exemple le temps écoulé depuis la dernière prise d'images dans le cycle d'inventaire ou les régions touchées par les plus grands changements forestiers et la disponibilité des ressources (budget, contractuels qualifiés). Dans la plupart des cas, les clichés captés sont constitués d'images stéréo aériennes à haute résolution (<30 cm) qui conviennent le mieux à une interprétation de l'inventaire forestier par stéréoscopie numérique.

Après la saison d'acquisition des images, le Bureau de projet de l'IFN reçoit une deuxième liste énumérant les placettes photo qui ont été photographiées avec succès. À ce stade, les images sont livrées au Bureau de projet de l'IFN où elles sont ajoutées à la charge de travail des contractuels d'interprétation forestière, ou sont conservées par la province ou le territoire qui sous-traite leur interprétation ou les interprètent à l'interne et en livrent ces interprétations au Bureau de projet de l'IFN.

Dans la zone de responsabilité du SCF en matière d'acquisition, le Bureau de projet de l'IFN procède à l'acquisition d'images satellitaires à très haute résolution spatiale (THRS) auprès de fournisseurs d'images satellitaires. Une liste cible des placettes photo est produite en fonction des ressources financières disponibles, des priorités d'échantillonnage et de la maximisation de la distance entre les placettes ciblées afin d'assurer une vaste couverture géographique. La liste est peaufinée en tenant compte des exigences opérationnelles et du temps écoulé depuis le dernier mesurage de chacune des placettes. Dans le cadre d'une offre à commandes individuelle et régionale (OCIR), la liste cible des placettes photo est remise à des fournisseurs d'images satellitaires. Au cours de la saison d'acquisition des images (15 juin au 31 août), des images panchromatiques THRS (résolution spatiale <0,75 m) et des images multispectrales connexes (habituellement à une résolution spatiale d'environ 2 m) sont recueillies simultanément. Les images des placettes photo captées avec succès sont ensuite présentées au Bureau de projet de l'IFN aux fins de vérification de leur conformité aux spécifications de l'imagerie de l'IFN (annexe A de l'OCIR). Les images sont ensuite achetées aux fournisseurs sur la base de leur classement (le prix le plus bas). Le processus d'acquisition d'images est illustré à la Figure 4.

Des considérations logistiques ainsi que les conditions météorologiques ou la présence de fumée peuvent nuire à l'obtention d'images. Les placettes ciblées, mais non photographiées au cours d'une année donnée, sont ajoutées à la liste des placettes prioritaires pour les futures saisons d'acquisition. Si, au cours d'un cycle de mesurage, aucune image n'a pu être captée, on peut combler les lacunes de l'inventaire en utilisant le Système de projection de l'IFN (processus 8) pour faire une projection à partir des données du mesurage précédent ou utiliser d'autres techniques statistiques au cours du processus d'estimation (processus 11).

Le Bureau de projet de l'IFN archive et catalogue toutes les images des placettes photo reçues, y compris les photographies aériennes et les images satellitaires (THRS), les images brutes et orthorectifiées, et les images panchromatiques, multispectrales, stéréoscopiques et monoscopiques. Sur le plan opérationnel, les images ne sont pas toujours reçues pendant le processus 2, car les processus opérationnels des partenaires diffèrent. L'obtention d'images THRS est le cas le plus simple, car le Bureau de projet de l'IFN acquiert directement ces données pendant le processus 2. Les images acquises par les partenaires et envoyées au SCF aux fins d'interprétation (processus 3) sont archivées et cataloguées dès leur réception. Le Bureau de projet de l'IFN peut recevoir les images acquises et interprétées par les partenaires avant ou après l'interprétation. Jusqu'à récemment, certains partenaires archivaient eux-mêmes leurs images et ces données n'étaient pas incluses dans les archives ou le catalogue du Bureau de projet de l'IFN.

Idéalement, les archives d'images devraient être stockées dans un nuage ou un serveur d'entreprise pour en assurer l'accessibilité. La capacité actuelle du serveur du CFP est cependant limitée, de sorte que les images sont stockées et archivées sur un système de disque dur portatif hors ligne; il est

prévu de sauvegarder les images dans le Système de gestion des données d'observation de la Terre (SGDOT) de Ressources naturelles Canada. Les images ne sont toutefois pas accessibles gratuitement dans SGDOT en raison des restrictions relatives à l'octroi de licences.

L'interface du service de catalogue d'images de l'IFN offre aux utilisateurs des outils spatiaux et de métadonnées pour découvrir les images accessibles de l'IFN. Les utilisateurs peuvent effectuer une recherche par emplacement, type de capteur, date d'acquisition, etc. Les images demandées par les utilisateurs sont téléchargées du système de disque dur vers un stockage temporaire sur le réseau à partir duquel les utilisateurs pourront les télécharger.

Processus 3 – Interprétation des placettes photo

Certains travaux d'interprétation des photographies sont effectués par des contractuels du SCF qui utilisent l'imagerie acquise par les provinces ou les territoires ou achetés par le SCF auprès de fournisseurs d'images satellitaires. Les contrats sont attribués en vertu d'un arrangement en matière d'approvisionnement dans le cadre d'un processus d'appel d'offres concurrentiel. Cet arrangement définit une liste de soumissionnaires admissibles qui possèdent les compétences et l'expérience requises pour effectuer l'interprétation de la couverture terrestre conformément à la norme de l'IFN définie dans le *processus de traitement des données des placettes photo de l'Inventaire national des forêts*. Les lots de travaux sont établis en fonction du type d'image (c.-à-d. images stéréoscopiques ou monoscopiques) et de la zone où se trouvent les placettes photo et qui fait l'objet d'arrangement. Les zones faisant l'objet de l'arrangement ont été créées en regroupant des écozones dans lesquelles une expertise régionale distincte en interprétation photographique est requise. Les images captées pendant le cycle de mesurage actuel et les données spatiales et d'attribut colligé au cours des cycles de mesurage précédents sont intégrées au lot remis au soumissionnaire retenu. L'interprète doit employer son jugement professionnel pour déterminer si une placette photo nécessite une simple mise à jour des attributs, un ajustement mineur du travail de ligne ou une réinterprétation complète par rapport aux données du mesurage précédent. Le processus d'interprétation des placettes photo est illustré à la Figure 5.

Les partenaires de l'IFN effectuent également des travaux d'interprétation photographique avec l'aide de contractuels ou de leur personnel interne. Lorsque les partenaires administrent l'interprétation de l'IFN, ils exécutent le travail directement selon la norme de l'IFN, ou suivent leurs propres normes, puis traduisent les données selon la norme de l'INF. Dans les deux cas, ils livrent les lots de données des placettes photo au Bureau de projet de l'IFN aux fins de la validation des placettes photo (processus 4).

Processus 4 – Validation des placettes photo

La qualité et l'exactitude de l'interprétation jouent un rôle primordial, dans la mesure où le programme de placettes photo de l'IFN correspond à un échantillon statistique de 1 % des forêts canadiennes. Tous les lots de données des placettes photo que reçoit le Bureau de projet de l'IFN sont validés afin d'assurer le respect des règles relatives aux contraintes spatiales, relationnelles et de base de données. Une procédure de validation géométrique est exécutée dans le but de vérifier l'intégrité spatiale des données des placettes photo fournies. Le module d'assurance de la qualité (AQ) intégré à l'Utilitaire de saisie des données des placettes photo assure que les données livrées

sont mises en lot conformément à la norme de l'IFN et respectent toutes les contraintes d'attribution et relationnelles définies dans le *Dictionnaire de données des placettes photo de l'Inventaire forestier national*. Le module génère une liste de tous les avertissements ou erreurs susceptibles de devoir être corrigés. Les données qui ne satisfont pas aux vérifications de géométrie ou d'assurance qualité sont renvoyées au partenaire ou au contractuel aux fins de correction. Les services d'interprétation octroyés dans le cadre d'un contrat par le Bureau de projet de l'IFN font également l'objet d'une vérification dans le cadre de laquelle la segmentation et l'attribution des placettes photo (p. ex. perturbation ou traitement, type de couverture terrestre, espèces, âge, hauteur, densité, etc.) sont examinées à l'aide d'une variété de documents de référence existants. Les éléments préoccupants sont transmis aux contractuels aux fins de correction. Les lots de données des placettes photo fournis par les partenaires sont censés avoir fait l'objet d'un processus de validation similaire avant d'être livrés au Bureau de projet de l'IFN. Les données qui satisfont au processus d'AQ de l'IFN sont téléchargées dans la Base de données brutes des placettes.

Le processus de validation des placettes photo est illustré à la Figure 6.

Processus 5 – Mesurage des placettes terrain

L'IFN du Canada compte 1114 placettes terrain boisées. On applique une démarche de surveillance continue à la mesure des placettes terrain ainsi, chaque année, les placettes dont la dernière mesure est la plus ancienne sont priorisées. Cette démarche est suivie en principe, mais une certaine souplesse est autorisée en raison de considérations sur les capacités logistique, financière et technique qui se posent au moment de concevoir les campagnes de terrain annuelles dans chaque territoire administré. L'objectif consiste à inspecter annuellement environ 10 % des placettes terrain de l'IFN et à mesurer chaque placette une fois tous les dix ans en moyenne.

Le nombre de placettes terrain de l'IFN dans chaque province et territoire varie pour aller du plus petit (2 à l'Île-du-Prince-Édouard) au plus grand (268 en Colombie-Britannique). Certains gouvernements ciblent le mesurage annuel de 10 % de leurs placettes terrain de l'IFN, tandis que d'autres trouvent plus pratique de mesurer les placettes terrain de l'IFN sur une période réduite de temps. Des fonds fédéraux sont généralement nécessaires pour couvrir les coûts supplémentaires engagés pour recueillir les mesures propres aux placettes terrain de l'IFN et pour mesurer les placettes de l'IFN situées à l'extérieur de la zone d'inventaire forestier provinciale ou territoriale. Chaque année, les partenaires de l'INF se réunissent pour discuter des propositions de campagnes de terrain annuelles dans l'ensemble du Canada. Si les plans requéraient des fonds fédéraux plus importants que ceux offerts par le programme des placettes terrain au cours d'une année donnée, les fonds seraient attribués en priorité aux lieux pour lesquels les données obtenues contribueraient le plus au programme des placettes terrain à l'échelle pancanadienne.

Avant de se rendre sur le terrain, les responsables récupèrent et examinent les données du mesurage précédent des placettes dont le remesurage est planifié. Cet examen aide l'équipe de terrain à se préparer et à effectuer des vérifications de l'assurance de la qualité sur place. Les données du mesurage précédent sont accessibles dans la base de données ou en obtenant une copie des fiches de terrain du mesurage précédent.

Les placettes terrain de l'IFN sont mesurées à l'aide de la méthode de mesurage continu décrite dans les *Lignes directrices pour l'échantillonnage terrain de l'Inventaire national des forêts du Canada*. Les données recueillies sont validées sur le terrain en fonction des données du mesurage précédent de la placette.

La plupart des provinces et territoires recueillent les données sur des fiches de terrain papier qui devront être traduites en format numérique. Pour ce faire, les données doivent être saisies directement dans l'Utilitaire placettes terrain de l'IFN, outil conçu pour saisir les données et assurer la qualité des données des placettes terrain de l'IFN. Les données peuvent autrement être soumises sous la forme d'une série de fichiers .csv conformes aux structures des tableaux, aux conventions d'appellation et aux règles énoncées dans le *Dictionnaire de données des placettes terrain de l'IFN*.

La création de formulaires de terrain numériques améliorerait la qualité et la cohérence des données en éliminant les erreurs de transcription et en permettant une vérification automatique des données alors que les équipes sont encore sur place. Le temps de travail au bureau serait également réduit par la suppression de l'étape de numérisation des données consignées sur les formulaires papier.

Le processus de mesurage des placettes terrain est illustré à la Figure 7.

Processus 6 – Analyse des échantillons et validation des données des placettes terrain

Le processus de validation des données des placettes terrain (Figure 8) est lancé une fois que les données de terrain validées ont été numérisées et téléchargées dans l'Utilitaire placettes terrain de l'IFN à titre de projet comprenant des données de placettes, des fiches de terrain scannées, des photographies et des métadonnées.

L'Utilitaire des placettes terrain contient une série de routines de validation automatisées qui comparent les données téléchargées aux normes et règles décrites dans le *Dictionnaire de données des placettes terrain de l'IFN*. Les routines de validation permettent d'assurer une utilisation des codes appropriés, des valeurs qui se situent dans des limites acceptables et des relations entre les champs de données cohérentes et logiques. L'utilitaire génère un rapport d'erreurs chaque fois que les routines de validation sont exécutées. Le rapport identifie toute donnée non conforme aux normes et aux règles énoncées dans le dictionnaire de données. Les partenaires de l'IFN exécutent les routines de validation automatisées sur leurs données téléchargées, corrigent les problèmes détectés dans le rapport d'erreurs et répètent le processus jusqu'à ce qu'un rapport sans erreur soit généré. Dès qu'un rapport sans erreur est généré, le projet est exporté et soumis au Bureau de projet de l'IFN.

Le Bureau de projet de l'IFN effectue d'autres vérifications d'AQ visant à confirmer que l'entrée de données est complète et que toutes les composantes du projet ont été soumises, dans le but de repérer des incohérences inattendues ou des tendances imprévues dans les données par rapport aux données du mesurage précédent et de détecter toute valeur de données éventuellement incorrecte dans une perspective forestière. Les résultats de ces vérifications sont documentés dans un rapport d'AQ qui est retourné au partenaire. Le partenaire examine le rapport et traite

l'ensemble des problèmes ou questions soulevés. Une fois tous les problèmes réglés à la satisfaction mutuelle du partenaire et du Bureau de projet de l'IFN, les données de terrain sont considérées comme validées.

Les échantillons de terrain — y compris les échantillons de sol, les échantillons du tapis forestier, les échantillons de végétation et les carottes d'arbres — sont envoyés dans les laboratoires aux fins d'analyse. Les laboratoires de l'IFN procèdent aux analyses et transmettent leurs données directement au Bureau de projet de l'IFN où les données sont importées dans le dossier de soumission des données. Le projet est ensuite téléchargé dans l'Utilitaire placettes terrain de l'IFN et les routines de validation sont exécutées de nouveau pour s'assurer que l'ajout des données rapportées par les laboratoires n'a pas introduit d'erreurs. Le Bureau de projet de l'IFN, en collaboration avec les divers laboratoires, s'efforce d'enquêter sur tout problème détecté et de le résoudre. Le processus est répété jusqu'à ce que l'utilitaire génère un rapport sans erreur.

Les données des placettes terrain sont considérées comme validées lorsque le projet est complet et qu'il a satisfait aux vérifications de validation de l'Utilitaire des placettes terrain de l'IFN et du Bureau de projet de l'IFN. Les données validées sont téléchargées dans la base de données des placettes terrain de l'IFN.

Processus 7 – Création des bases de données

Un certain nombre de bases de données² sont créées pour gérer les données de l'IFN à mesure qu'elles sont recueillies et traitées. Les données du mesurage des placettes photo et des placettes terrain sont téléchargées dans la Base de données brutes des placettes après qu'elles ont été validées (processus 4 et 6). Plusieurs versions de chaque lot de données des placettes peuvent exister puisque les données des placettes peuvent être téléchargées dans la Base de données brutes des placettes plusieurs fois, au fil des corrections ou des mises à jour. Lorsque toutes les données ont été téléchargées, la version la plus récente pour chaque placette est extraite de la Base de données brutes des placettes pour créer une Base de données instantanées. Les activités de compilation (processus 9 et 10) sont effectuées sur la Base de données instantanées dans le but de produire une base de données compilée. Les procédures d'estimation (processus 11a et 11b) sont exécutées sur les données des placettes compilées dans le but de créer la Base de données de rapport sur les placettes. Les services de production de rapports de l'IFN (processus 12 et 14) utilisent la Base de données de rapport sur les placettes.

D'autres bases de données sont créées à l'appui de la projection des placettes photo (processus 8). À des fins d'analyse, des rapports sont générés à partir de la Base de données de rapport sur les placettes uniquement à l'aide des données du remesurage; à partir de la Base de données de rapport sur les placettes à l'aide uniquement des projections; et à partir des données mesurées combinées aux données projetées lorsque l'on substitue des données projetées aux lacunes dans les données mesurées. La version finale publiée de la Base de données de rapport sur les placettes consiste en la combinaison des données remesurées et des données projetées.

² Consulter la note en bas de page n° 1 qui présente des explications sur l'utilisation du terme « base de données » dans le présent document et des remarques sur les simplifications.

Processus 8 – Projection des placettes photo

Le processus de projection des placettes photo (Figure 9) est utilisé pour produire des données actualisées pour les placettes qui n'ont pas été mesurées durant le cycle actuel ou la période visée par le rapport, en combinant les données du mesurage précédent aux : i) aux perturbations survenues depuis le mesurage précédent; ii) prévisions de croissance et iii) règles décrivant les changements attendus aux attributs du peuplement compte tenu des événements survenus pendant la période de projection des placettes (du cycle de mesurage précédent au cycle de mesurage en cours).

Plusieurs bases de données d'entrée doivent être produites à l'avance pour soutenir le processus de projection des placettes photo, y compris une base de données sur les perturbations, une base de données des courbes de croissance et un ensemble de règles de projection. Différentes méthodes de projection peuvent être utilisées selon les circonstances. Par exemple, des méthodes rapides et simples peuvent être utilisées pour les situations de projection simple de volume (pas de perturbation pendant la période de projection ou perturbation de remplacement des peuplements seulement), tandis que des méthodes compliquées peuvent être utilisées pour les situations plus complexes (perte de croissance ou mortalité partielle du peuplement due à des épidémies d'insectes ou à d'autres facteurs pendant la période de projection).

Processus 9 et 10 – Compilation des placettes photo et des placettes terrain

Les processus de compilation des placettes photo (Figure 10) et des placettes terrain (Figure 11) comportent deux étapes : premièrement, les attributs des placettes photo qui ne peuvent pas être interprétés sur les photographies ou ceux des placettes terrain mesurés directement pendant la collecte des données, comme le volume du peuplement ou le volume des arbres, sont dérivés à l'aide des relations existantes (p. ex. équations provinciales ou territoriales du volume des arbres) et intégrés à la Base de données des placettes compilées. Deuxièmement, les données brutes des placettes photo au niveau des couches sont agrégées pour produire des sommaires des polygones, et les données des placettes terrain au-dessus et en dessous du sol sont agrégées pour produire des estimations par hectare du volume, de la biomasse et de la teneur en carbone, puis ajoutées à la Base de données des placettes compilées. Les données des placettes photo mesurées et projetées sont compilées séparément et gérées dans des bases de données distinctes, mais les procédures de compilation sont identiques.

Les compilateurs de l'IFN utilisent les outils provinciaux et territoriaux de compilation autant que possible. Lorsque ces outils sont incomplets ou non accessibles, des outils régionaux et nationaux sont élaborés et utilisés.

Processus 11 – Estimation

Processus 11a – Estimation des statistiques de référence et de remesurage.

Le processus d'estimation des statistiques de référence (T0) ou de remesurage (T1, T2) consiste à calculer des estimations ponctuelles des totaux et des moyennes des attributs (superficie, volume, biomasse) de la population cible. Le processus d'estimation (Figure 12) génère les estimations des

totaux, des moyennes et des variances de la surface et d'autres attributs par classe de catégorie. L'approche d'estimation tient compte du plan d'échantillonnage et de toute information auxiliaire disponible et comprend trois étapes.

Avant l'estimation, toutes les couches de données spatiales doivent être croisées pour créer une base de données « résultant » du SIG unique de manière à ce que toutes les relations spatiales soient déterminées avant que les données soient téléchargées dans SAS aux fins de l'estimation. Les placettes photo comportent 4 couches (couverture terrestre, utilisation des terres, propriété et aires protégées) et plusieurs stratifications peuvent être utilisées en plus des unités de l'IFN normatives (p. ex. zone boréale, forêt aménagée, écozones forestières nord-américaines, etc.).

La première étape consiste à estimer les totaux, les moyennes et les variances des attributs pour chaque unité des zones d'intérêt par classe de catégorie (domaine) à l'aide des observations des placettes photo ou des placettes terrain situées dans l'unité de la zone d'intérêt, de l'estimateur du rapport de moyennes et de la superficie connue de l'unité de la zone d'intérêt. Les « unités de l'IFN » décrites dans le processus 1 sont les unités standards de la zone d'intérêt. Les catégories sont définies par des variables catégorielles, notamment le caractère forestier, l'utilisation, la propriété et le statut de protection des terres. L'estimation du rapport de moyennes est calculée comme le rapport entre la somme de l'attribut dans une classe de catégorie dans toutes les placettes et la somme de la superficie totale de toutes les placettes dans l'unité de la zone d'intérêt. Le total de l'attribut est calculé en multipliant l'estimation du rapport de moyennes (proportion ou moyenne) dans une classe de catégorie par la superficie totale de l'unité de la zone d'intérêt.

La deuxième étape consiste à additionner les totaux de chaque unité de la zone d'intérêt et leurs variances associées au niveau de la zone d'intérêt, du territoire (province ou territoire) ou du pays.

La troisième et dernière étape consiste à produire des tableaux cohérents des totaux et des moyennes des attributs de la zone d'intérêt et de leurs variances associées par classe de catégorie.

Une description plus complète du processus d'estimation est présentée dans *Canada's National Forest Inventory Estimation Procedures* (version 1.13, 3 septembre 2004), *Canada's National Forest Inventory Small Area Estimation : A Discussion Paper* (version 2.0, 18 avril 2005) et *Canada's National Forest Inventory Imputation of Missing Plot Observations : A Discussion Paper* (Version 2.0, 26 avril 2005).

Processus 11 b – Estimation des statistiques de changement

L'estimation du changement est le processus qui permet d'estimer le changement annuel ou périodique dans les attributs (p. ex. superficie, volume et biomasse) (Figure 12). Les estimations sont générées pour une unité de la zone d'intérêt. Les étapes de l'estimation sont similaires à celles décrites dans le processus 11a.

La première étape consiste à estimer la variation annuelle ou périodique de la superficie, du volume ou de la biomasse dans une unité de la zone d'intérêt pour une classe de catégorie en multipliant la variation estimée de la proportion de la superficie (ou de la moyenne des attributs) dans une classe de catégorie donnée (d'après les placettes photo) par la superficie totale connue de l'unité de la zone d'intérêt. La variation estimée de la proportion de la superficie, ou la variation de la moyenne

des attributs ou de la valeur par hectare, est obtenue en utilisant les données des ensembles combinés des placettes photo mesurées à des périodes successives – p. ex. référence (T0) et premier remesurage (T1). L'estimateur indifférent au temps est calculé comme le rapport entre la somme de la variation périodique ou annuelle d'un attribut dans une classe de catégorie dans toutes les placettes et la somme de la superficie totale de toutes les placettes dans l'unité de la zone d'intérêt. Les placettes photo qui ne font pas l'objet d'un remesurage sont imputées à l'aide du système de projection de l'IFN ou de techniques d'imputation multiple.

La deuxième étape consiste à additionner les totaux de chaque unité de la zone d'intérêt et leurs variances associées au niveau de la zone d'intérêt, du territoire (province ou territoire) ou du pays.

La troisième et dernière étape consiste à produire des tableaux cohérents au niveau interne des totaux et des moyennes des attributs de la zone d'intérêt et de leurs variances associées par classe de catégorie.

Une description plus complète du processus d'estimation du changement est présentée dans *Canada's National Forest Inventory Change Estimation Procedures based on Fixed Annual panels* (Version 1.08, 8 août 2006) et *Updating Canada's National Forest Inventory with multiple imputations of missing contemporary data* (Magnussen et coll., 2017, *The Forestry Chronicle* vol. 93, n° 3, p. 242-245).

Processus 12 – Services de rapport Web

Processus 12a – Rapports statistiques

Les services de rapport Web de l'IFN donnent accès à des rapports statistiques normalisés sous forme statique ou dynamique (Figure 13). Les rapports normalisés statiques de l'IFN sont produits pour chaque unité de l'IFN et des combinaisons d'unités de l'IFN (p. ex. toutes les unités de l'IFN d'une écozone). Ces rapports statiques sont préproduits à partir de la base de données de rapports de l'IFN publiés, qui est une base de données pluriannuelle renfermant des données antérieures compilées et projetées des placettes et des sommaires sur les unités de l'IFN. Les rapports normalisés de l'IFN peuvent être consultés et téléchargés à l'adresse suivante : <https://nfi.nfis.org/fr/standardreports>.

Le site Web de l'IFN offre également une interface qui permet aux utilisateurs de créer des rapports pour un choix d'attributs et de catégorie dans une zone d'intérêt prédéfinie. Les utilisateurs autorisés peuvent se connecter pour produire des rapports qui ne sont pas ouverts au public; par exemple, un forestier expert du gouvernement provincial peut se connecter pour produire des rapports pour sa juridiction. L'outil de production de rapports dynamique est accessible à l'adresse suivante : https://nfi.nfis.org/en/customized_report.

Processus 12 b – Services de calcul de biomasse

Le site Web de l'IFN offre des calculateurs de biomasse pour les arbres, les peuplements marchands et les peuplements non marchands. Les modèles de biomasse des différents arbres sont compilés à partir de la documentation scientifique publiée et les modèles de biomasse des peuplements sont élaborés par le Bureau de projet de l'IFN. Les modèles pour les peuplements sont également utilisés

dans d'autres outils de modélisation, comme le Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien (MBC-SFC3) et le Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts (SNSCPRCF) du Canada.

Les utilisateurs du calculateur de biomasse de l'IFN peuvent calculer la biomasse en entrant les paramètres requis dans l'interface Web ou en téléchargeant un fichier préformaté aux fins d'un traitement par lots (Figure 14). Ces services sont accessibles à l'adresse suivante :

<https://nfi.nfis.org/en/biomass>.

Processus 12c – Services de téléchargement des données des placettes

Les utilisateurs autorisés peuvent télécharger les données des placettes terrain et des placettes photo de l'IFN à partir du site Web de l'IFN à l'adresse suivante :

<https://nfi.nfis.org/fr/datadownloadtool> (Figure 15).

Processus 13 – Rapport sur les progrès de l'inventaire

Des activités de suivi et de rapport sur les progrès de l'inventaire des placettes photo de l'IFN sont effectuées à l'aide du Système de suivi de l'IFN pour informer les partenaires sur l'état d'avancement de l'inventaire de chaque placette photo. Les données du Système de suivi permettent de produire des cartes et des tableaux. Ces outils sont utilisés pour guider la planification et coordonner les activités des partenaires afin d'assurer une collaboration harmonieuse. Les placettes photo sont transmises d'un partenaire à l'autre pendant la collecte des données, parfois à plusieurs reprises, dans le cadre des processus 2 à 4. Il est donc important que les partenaires connaissent l'état de l'inventaire de chaque placette, y compris celles sur lesquelles ils travaillent et celles sur lesquelles d'autres partenaires travaillent en leur nom.

Les codes d'état d'avancement de l'inventaire permettent de déterminer où se situe chaque placette dans la séquence des processus. Onze états font l'objet d'un suivi pour les placettes photo (Tableau 1). Le suivi de l'état d'avancement de chaque placette permet de s'assurer que les placettes sont préparées par le partenaire compétent pour l'étape suivante de la séquence. Le Bureau de projet de l'IFN effectue des activités nationales de suivi et de rapport de progrès de l'inventaire pour tous les partenaires. Le suivi effectué de manière autonome par les partenaires des placettes situées dans leur province ou territoire n'est pas décrit ici. Le suivi des progrès de l'inventaire des placettes terrain est effectué à l'aide d'un système manuel simple, car les étapes des processus de la collecte des données des placettes terrain sont moins nombreuses tout comme les transferts entre partenaires pendant les processus.

TABLEAU 1. LISTE DES ÉTATS D'AVANCEMENT DU SUIVI DE L'INVENTAIRE DES PLACETTES PHOTO.

Code d'état d'avancement de l'inventaire des placettes photo	Description
0	Remesurage non prévu
1	Prévu
2	Image acquise

3	Image reçue par le Bureau de projet de l'IFN
4	Image envoyée aux fins d'interprétation
5	Données d'interprétation reçues
6	Données n'ayant pas satisfait à l'assurance de la qualité (AQ)
7	Données ayant satisfait à l'AQ
8	Données (y compris les polygones boisés) téléchargées dans la base de données sans les volumes
9	Données (y compris les polygones boisés) téléchargées dans la base de données avec les volumes
10	Données (polygones non boisés) téléchargées dans la base de données
11	Données projetées

Processus 14 – Services de demande de données

Le Bureau de projet de l'IFN offre des services de demande de données. Toute personne qui souhaite obtenir des données ou des renseignements de l'IFN peut communiquer avec le personnel du Bureau de projet ou les partenaires de l'IFN ou saisir sa demande directement dans le système de suivi des demandes de l'IFN en utilisant le formulaire mis à la disposition du public à l'adresse suivante : <https://nfi.nfis.org/fr/datarequest>. Les demandes sont traitées conformément à une série de règles qui régissent l'accessibilité des données (Figure 16). Le Bureau de projet de l'IFN conserve certaines informations de suivi des demandes pour faciliter les rapports sur l'utilisation et l'impact des données. L'information obtenue sur la manière dont les données de l'IFN sont utilisées et leur impact à l'extérieur du programme de l'IFN est utile pour éclairer les décisions de financement des programmes gouvernementaux.

Les données des placettes terrain de l'IFN font l'objet d'une demande particulièrement élevée. Les données des placettes sont largement partagées, mais pas leur position précise. Le programme de l'IFN a de bonnes raisons de se méfier des personnes qui connaissent la position de ses placettes. À l'instar des programmes d'inventaire forestier d'autres pays, la position des placettes est tenue secrète pour deux raisons : 1) protéger la vie privée des propriétaires fonciers et 2) éviter toute altération ou tout traitement biaisé. Un manquement à la protection de la vie privée des propriétaires fonciers peut entraîner une perte d'accès aux placettes en terrain privé. S'ils ne sont pas contrés, l'altération ou le traitement biaisé pourraient compromettre notre capacité à surveiller l'état des forêts canadiennes. Fournir des positions arrondies ou floutées pour les placettes satisfera aux besoins de nombreux clients, mais pas pour plusieurs applications de télédétection. L'IFN communique donc la position précise des placettes situées sur des terres publiques lorsque l'utilisateur en a légitimement besoin et que celui-ci convient par écrit qu'il ne se rendra pas sur les lieux ou qu'il ne communiquera pas la position à un tiers.

Remerciements

La mise à jour du processus opérationnel de l'Inventaire forestier national pour refléter les procédures actuelles a été une entreprise considérable. Ce projet est le fruit d'une collaboration

entre le personnel du Bureau de projet de l'Inventaire forestier national ((Ressources naturelles Canada - Service canadien des forêts). Vous trouverez ci-dessous la liste des collaborateurs à ce document.

G. Stinson
S. Gautam
A. Song
S. Dagnault
P. Boudewyn
B. Smiley

G. Russo
M. Cranny
V. Sotskov
D. Hill
P. Shay
Y. Araya



FIGURE 2: UNITÉS DE L'IFN UTILISÉES POUR LES ESTIMATIONS ET LES RAPPORTS NORMALISÉS

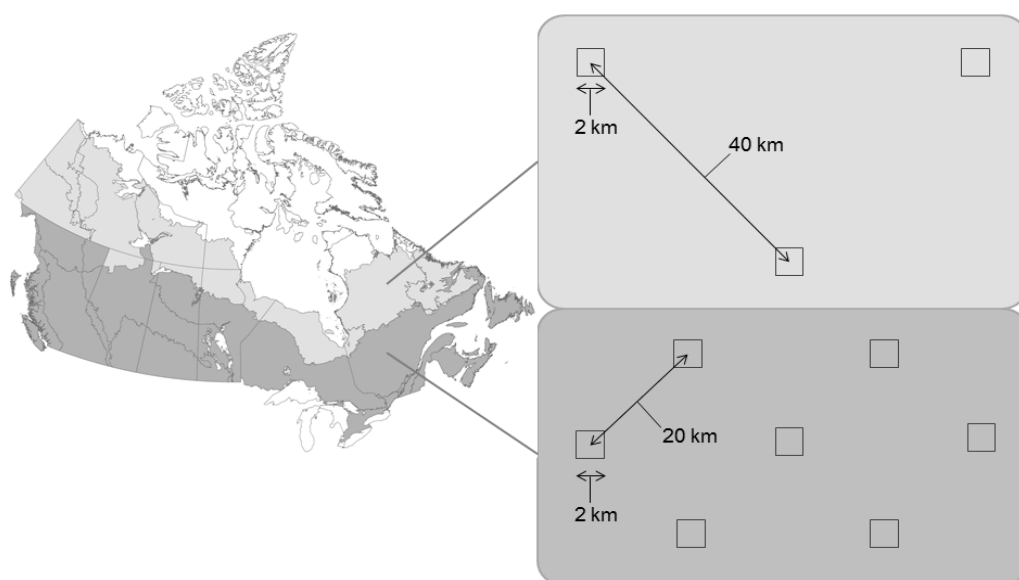


FIGURE 3: LEVÉS DES PLACETTES PHOTO DE L'IFN

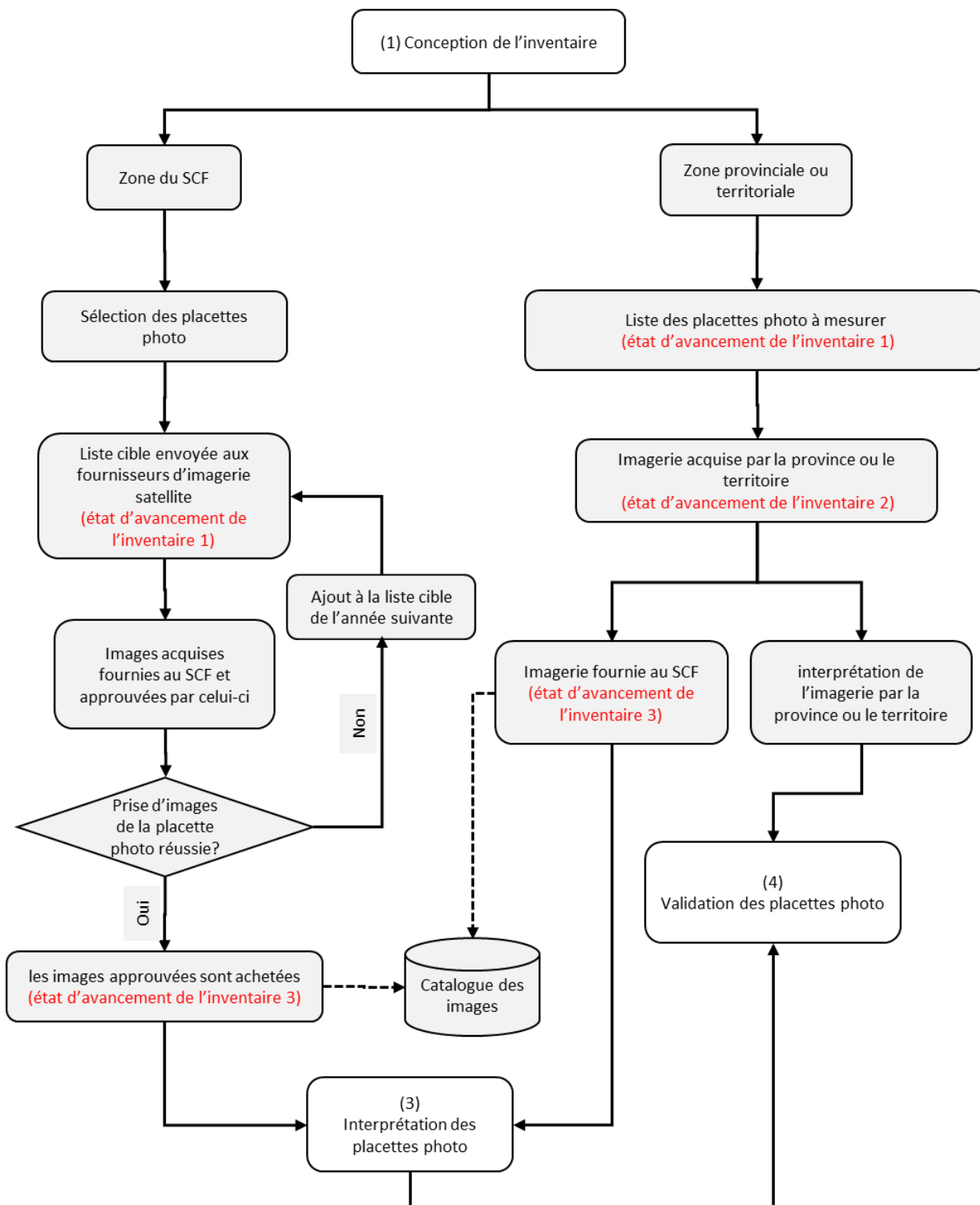


FIGURE 4: PROCESSUS OPÉRATIONNEL DE L'IFN NO 2 – ACQUISITION ET CATALOGAGE DES IMAGES

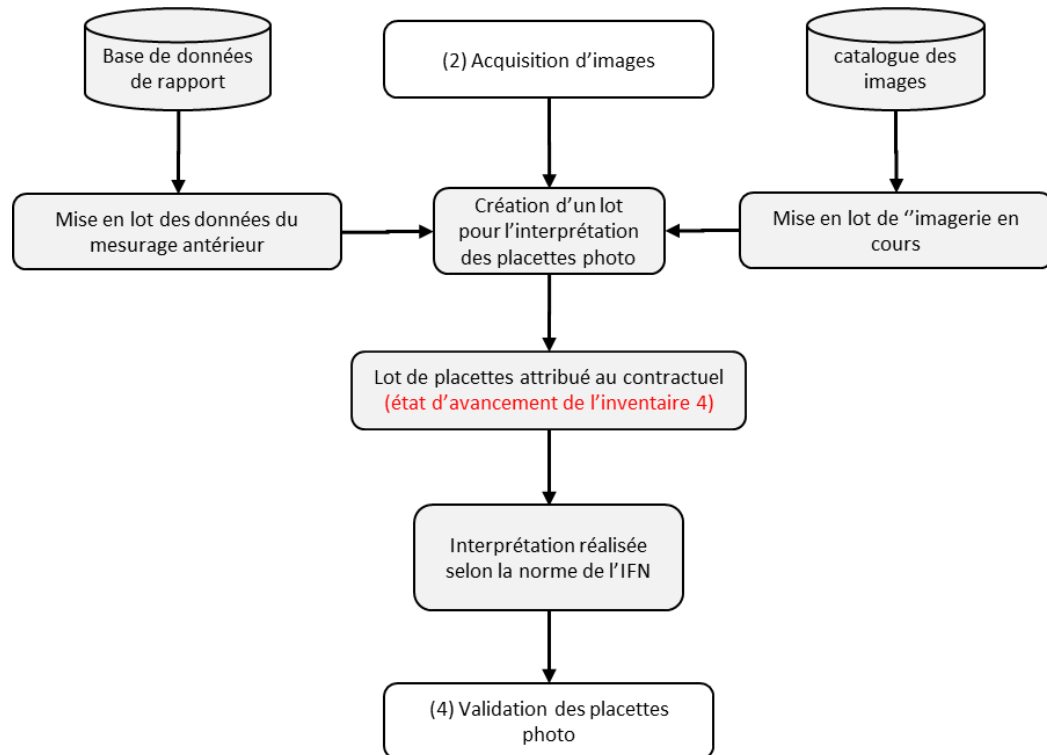


FIGURE 5: PROCESSUS OPÉRATIONNEL DE L'IFN NO 3 – INTERPRÉTATION DES PLACETTES PHOTO

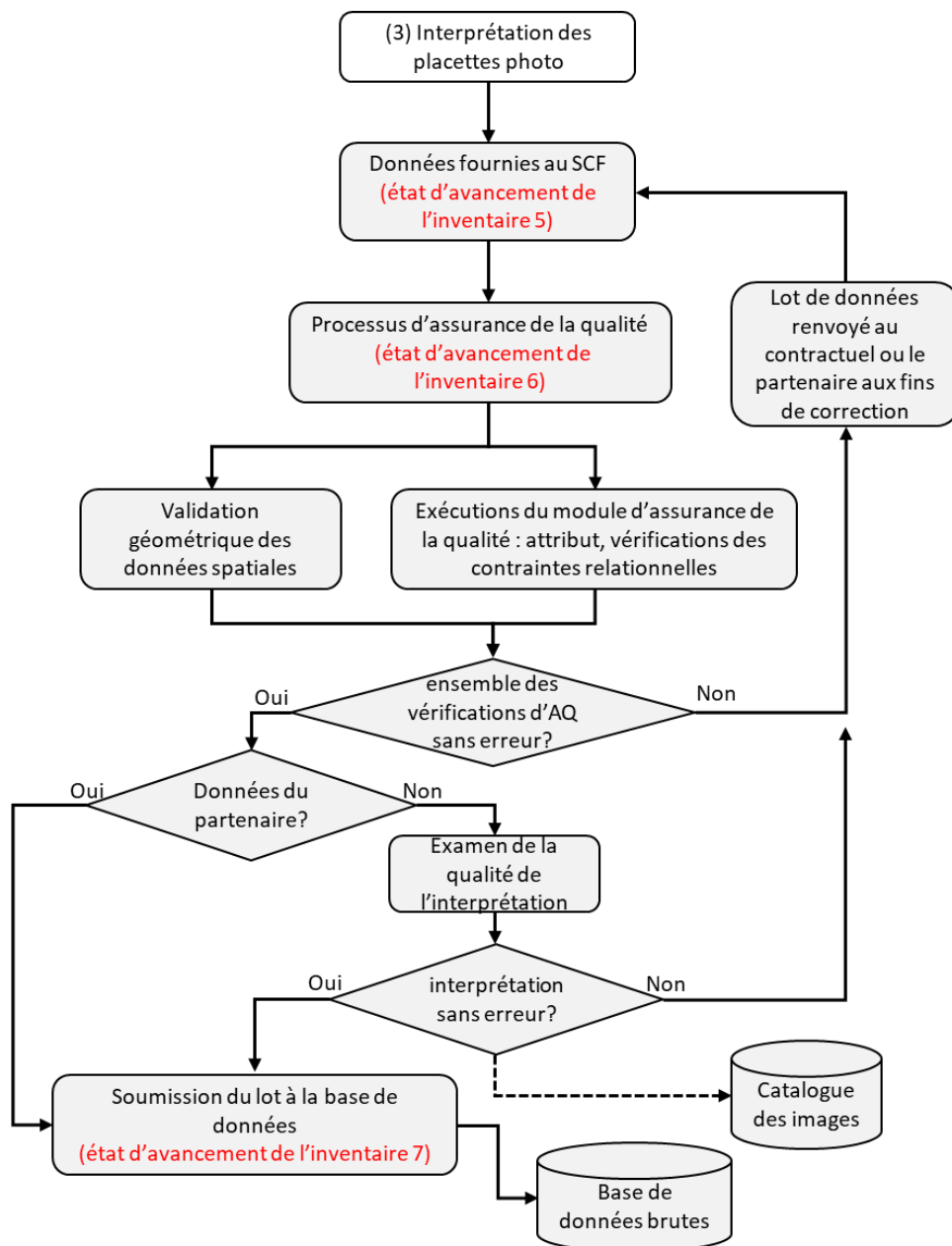


FIGURE 6: PROCESSUS OPÉRATIONNEL DE L'IFN NO 4 – VALIDATION DES PLACETTES PHOTO

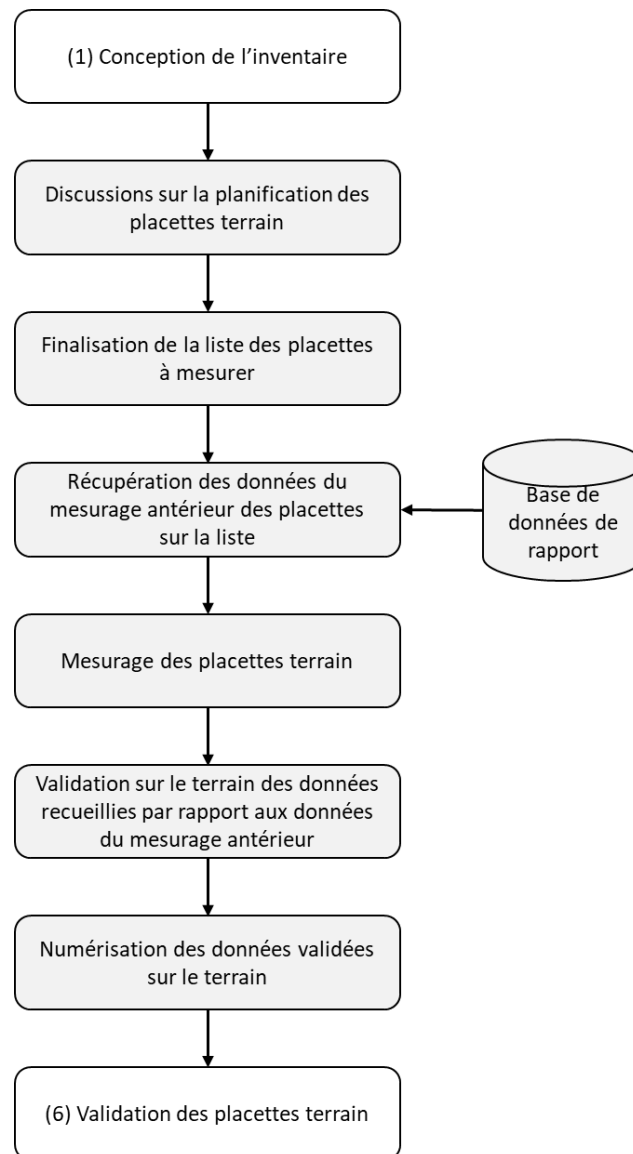


FIGURE 7: PROCESSUS OPÉRATIONNEL DE L'IFN NO 5 – MESURAGE DES PLACETTES TERRAIN

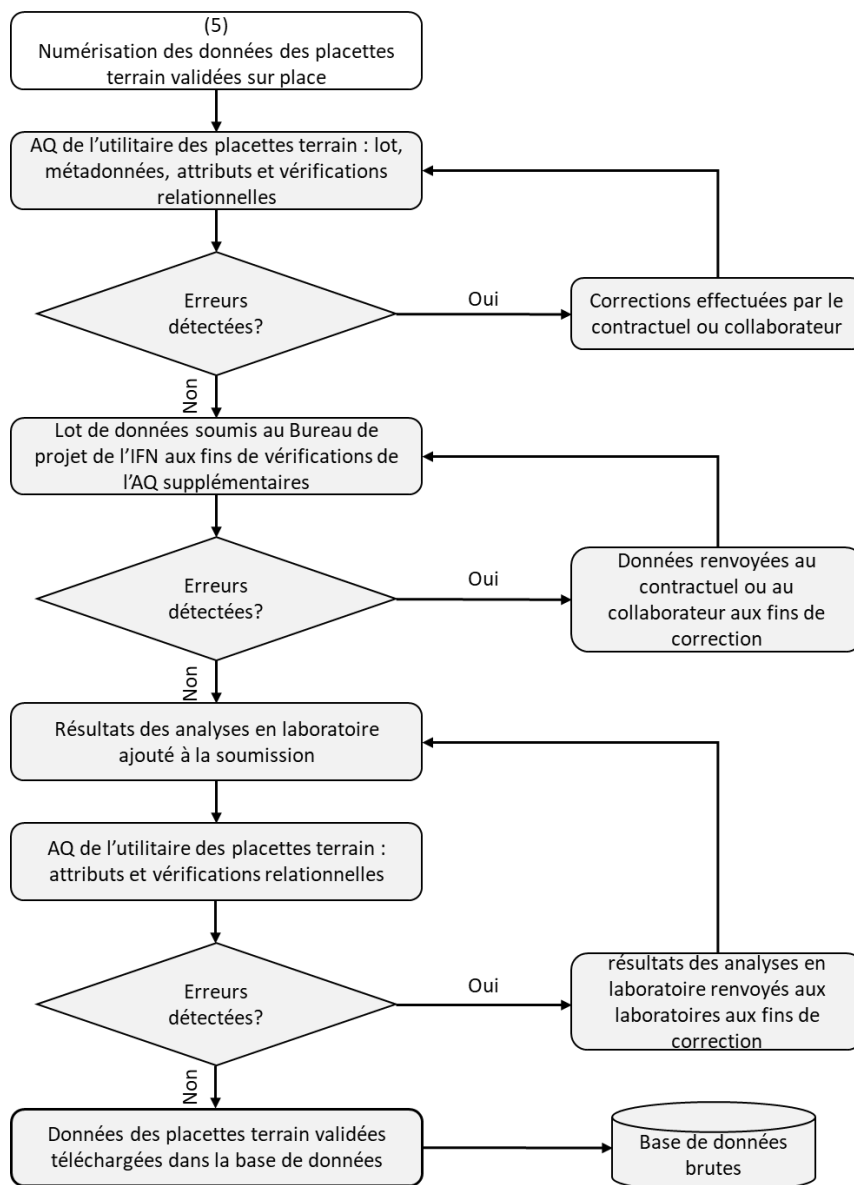


FIGURE 8: PROCESSUS OPÉRATIONNEL DE L'IFN NO 6 – VALIDATION DES DONNÉES DES PLACETTES TERRAIN

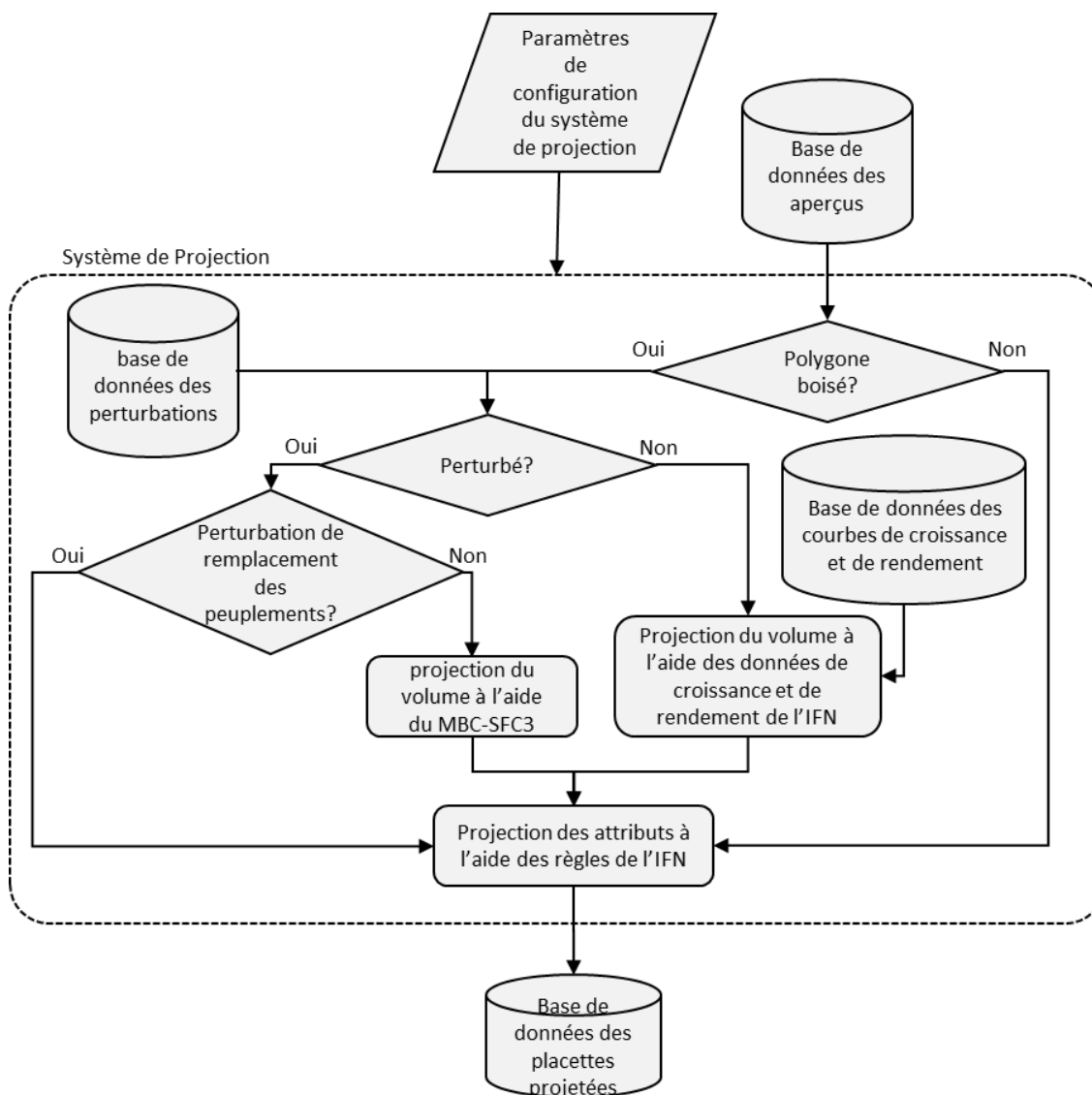


FIGURE 9: PROCESSUS OPÉRATIONNEL NO 8 – PROJECTION DES PLACETTES PHOTO

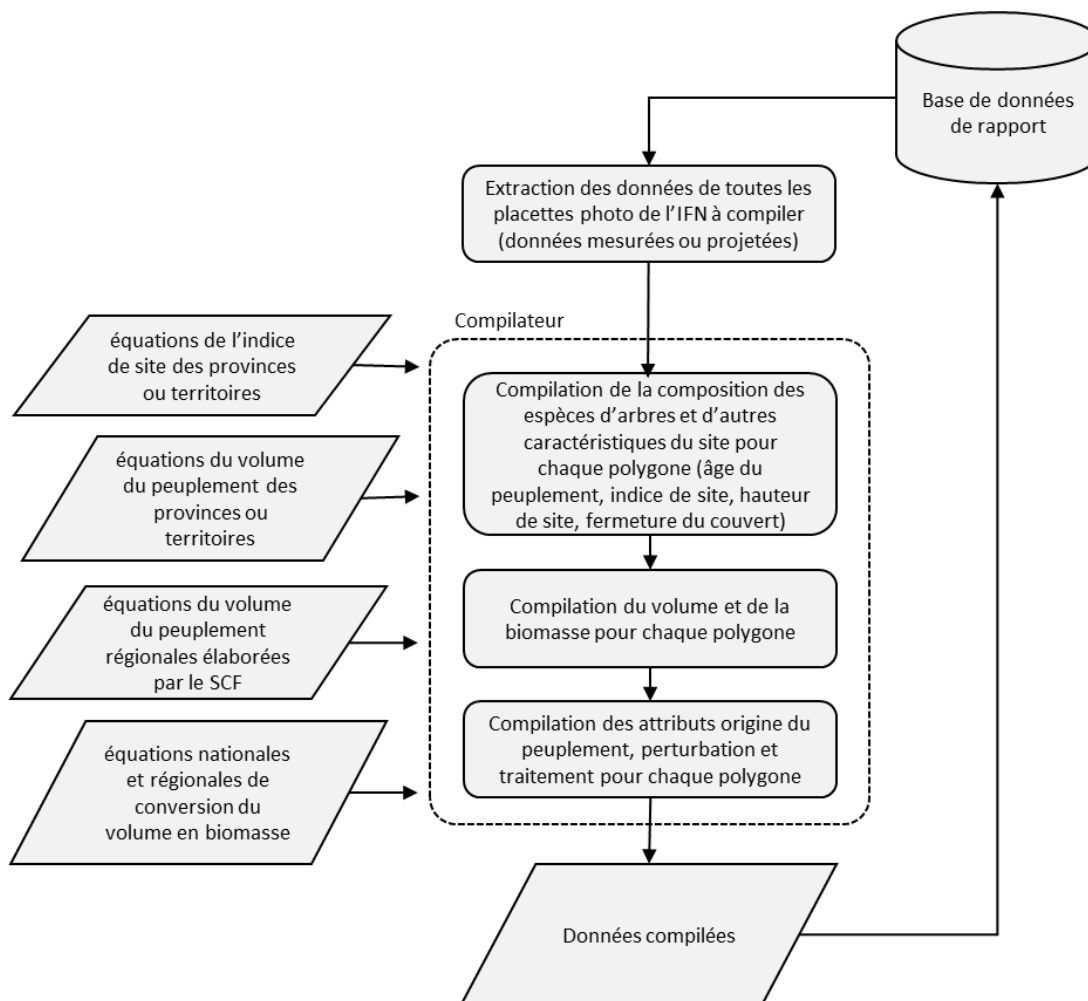


FIGURE 10: PROCESSUS OPÉRATIONNEL DE L'IFN NO 9 – COMPILATION DES PLACETTES PHOTO

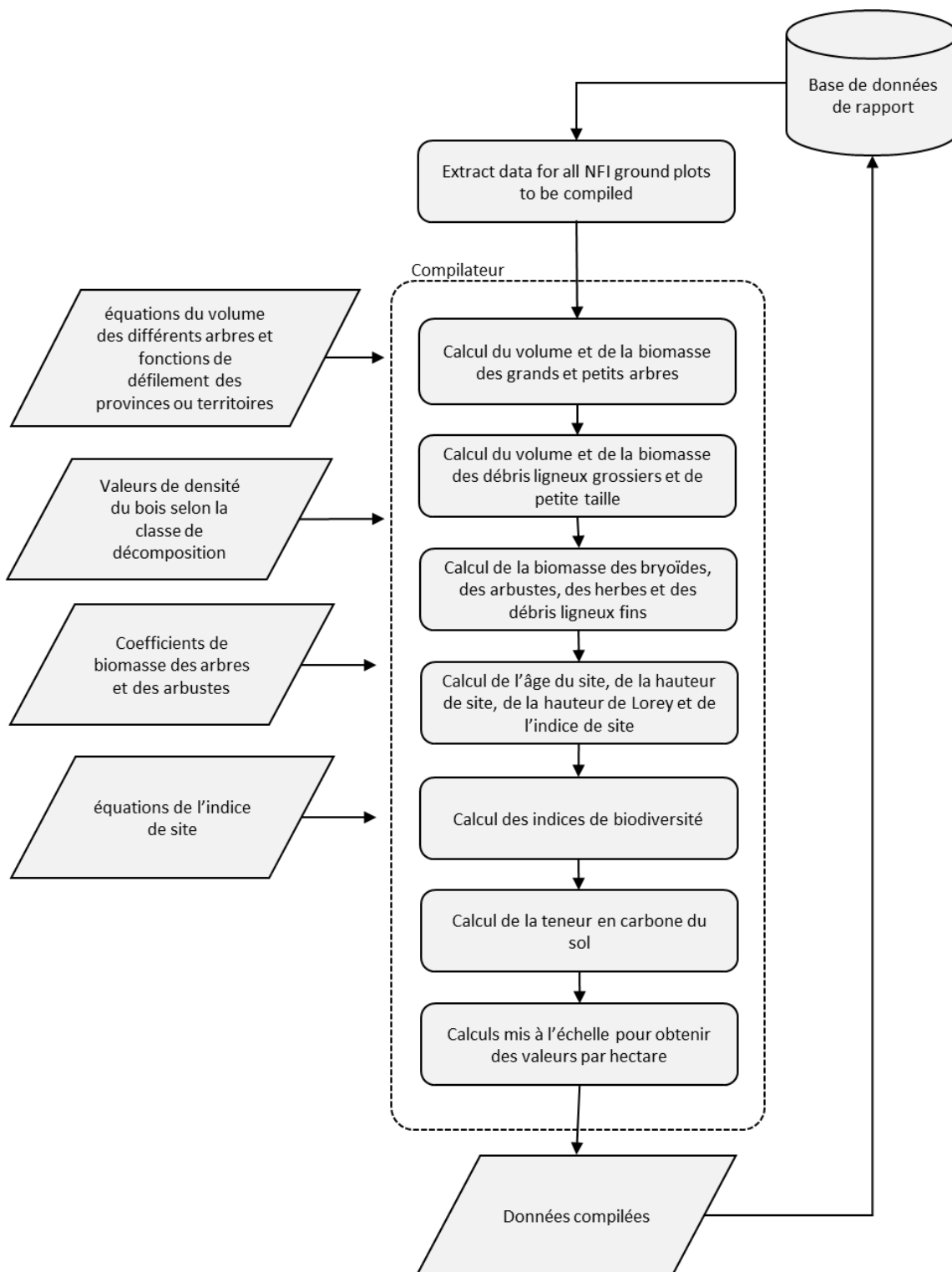


FIGURE 11: PROCESSUS OPÉRATIONNEL DE L'IFN NO 10 – COMPILATION DES PLACETTES TERRAIN

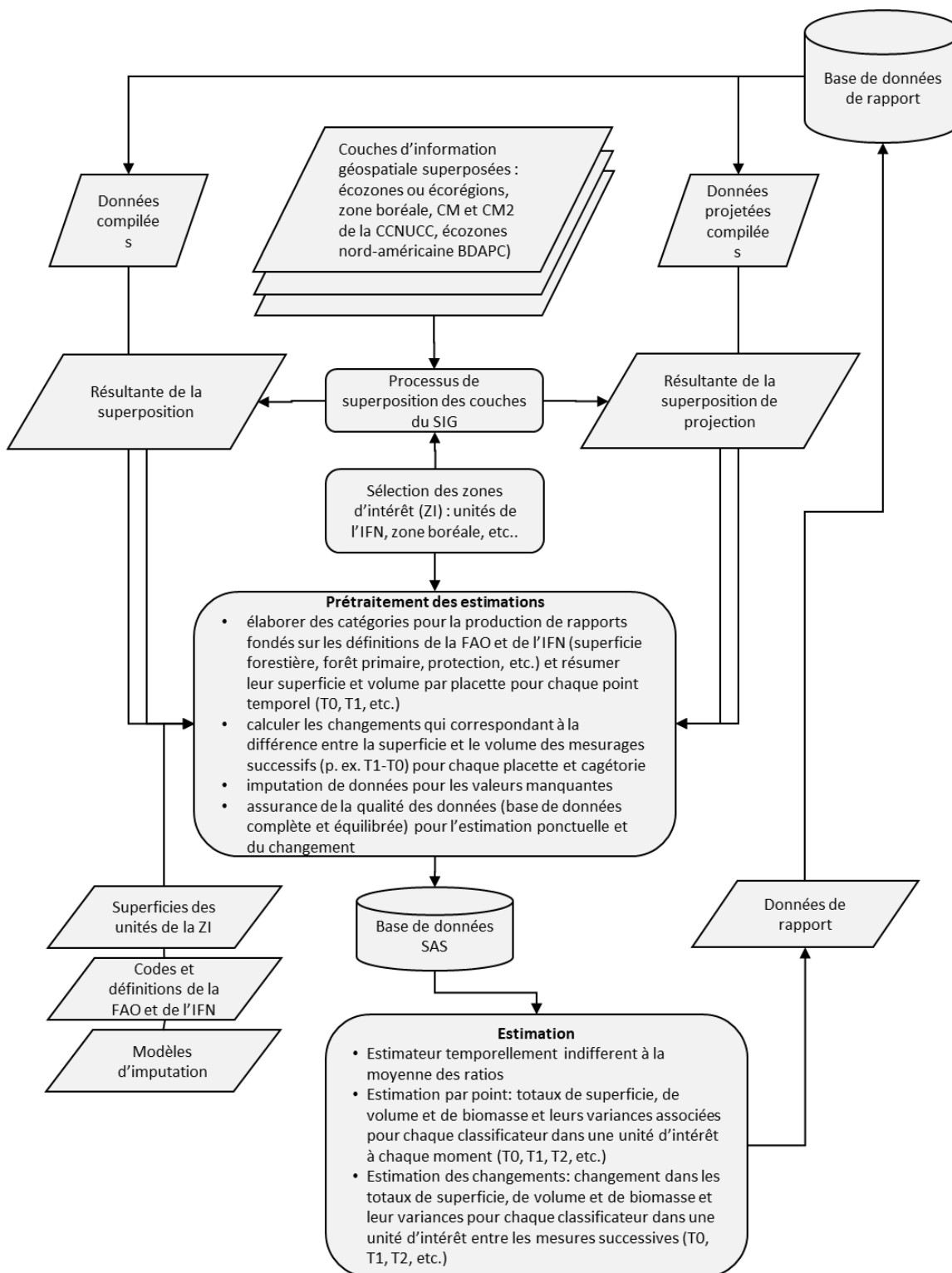


FIGURE 12: PROCESSUS OPÉRATIONNEL DE L'IFN NO 11 – ESTIMATION

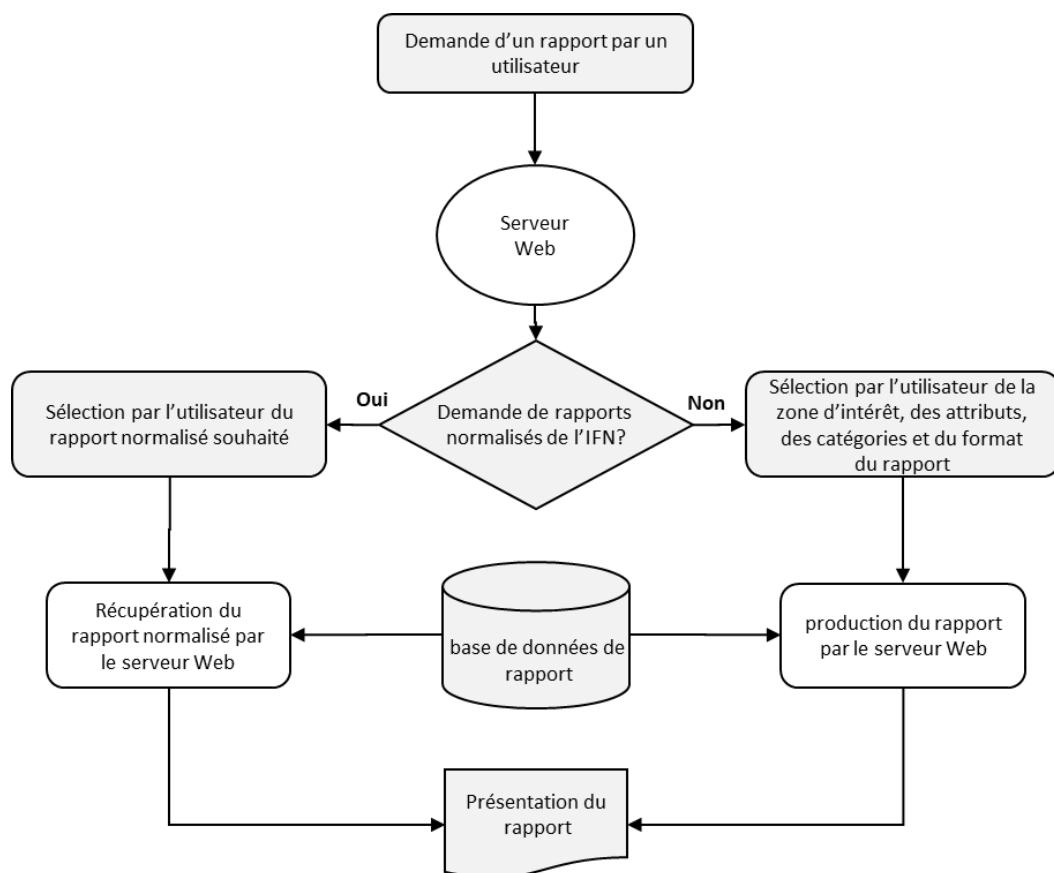


FIGURE 13: PROCESSUS OPÉRATIONNEL DE L'IFN NO 12A – SERVICES DE RAPPORT WEB POUR LES RAPPORTS STATISTIQUES SUR LES FORÊTS

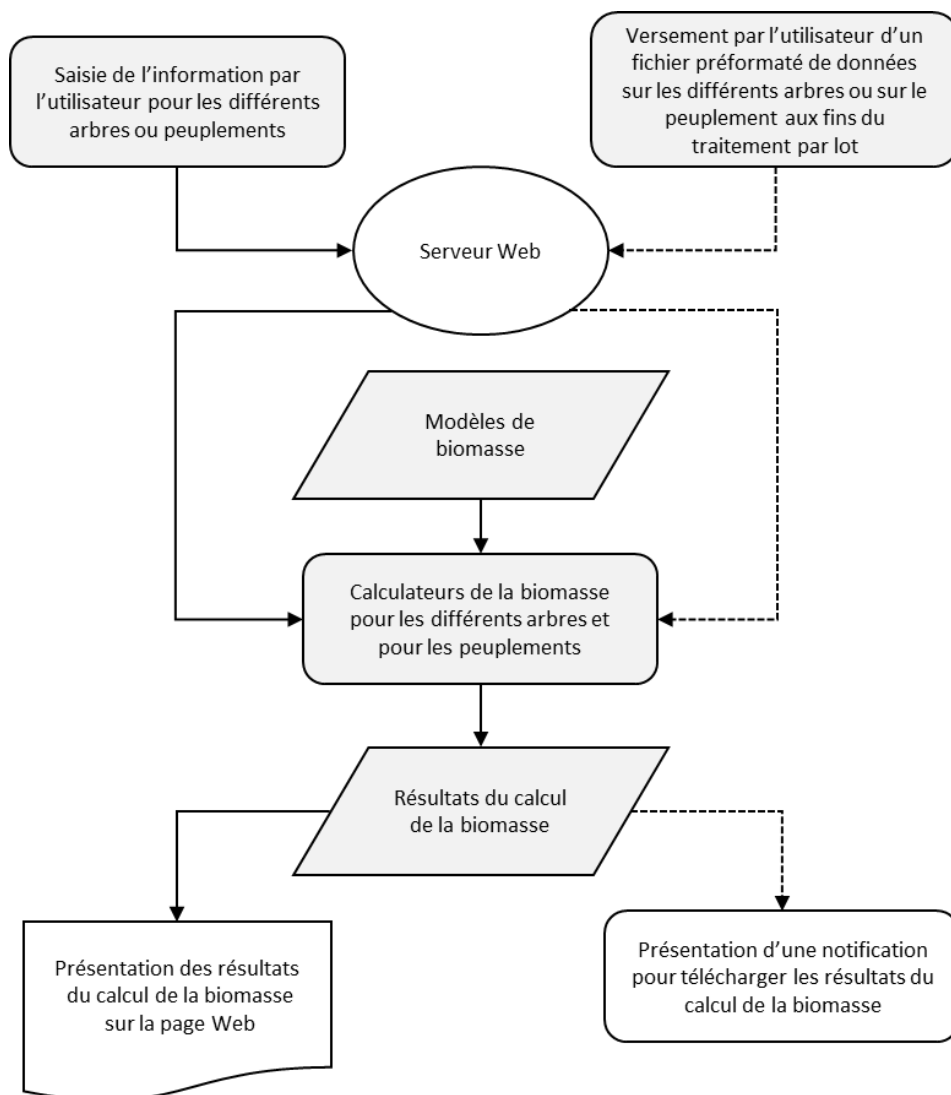


FIGURE 14: PROCESSUS OPÉRATIONNEL DE L'IFN NO 12 B – CALCULATEUR DE BIOMASSE

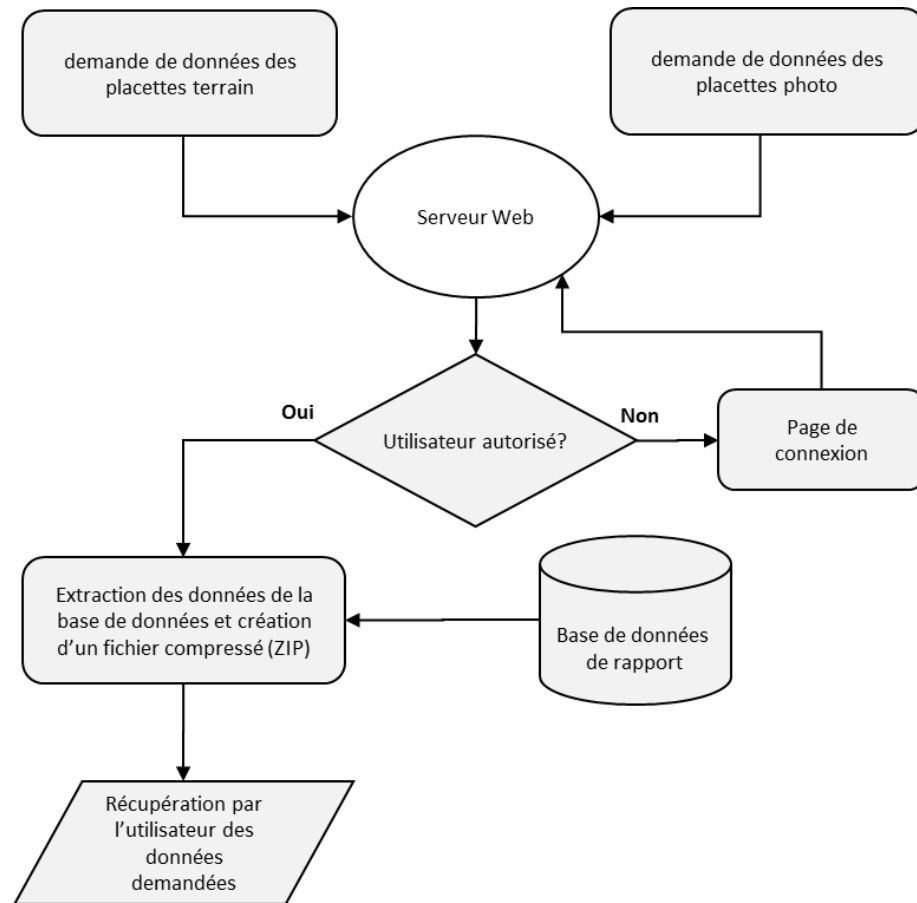


FIGURE 15 : PROCESSUS OPÉRATIONNEL DE L'IFN N° 12C – TÉLÉCHARGEMENT DE DONNÉES

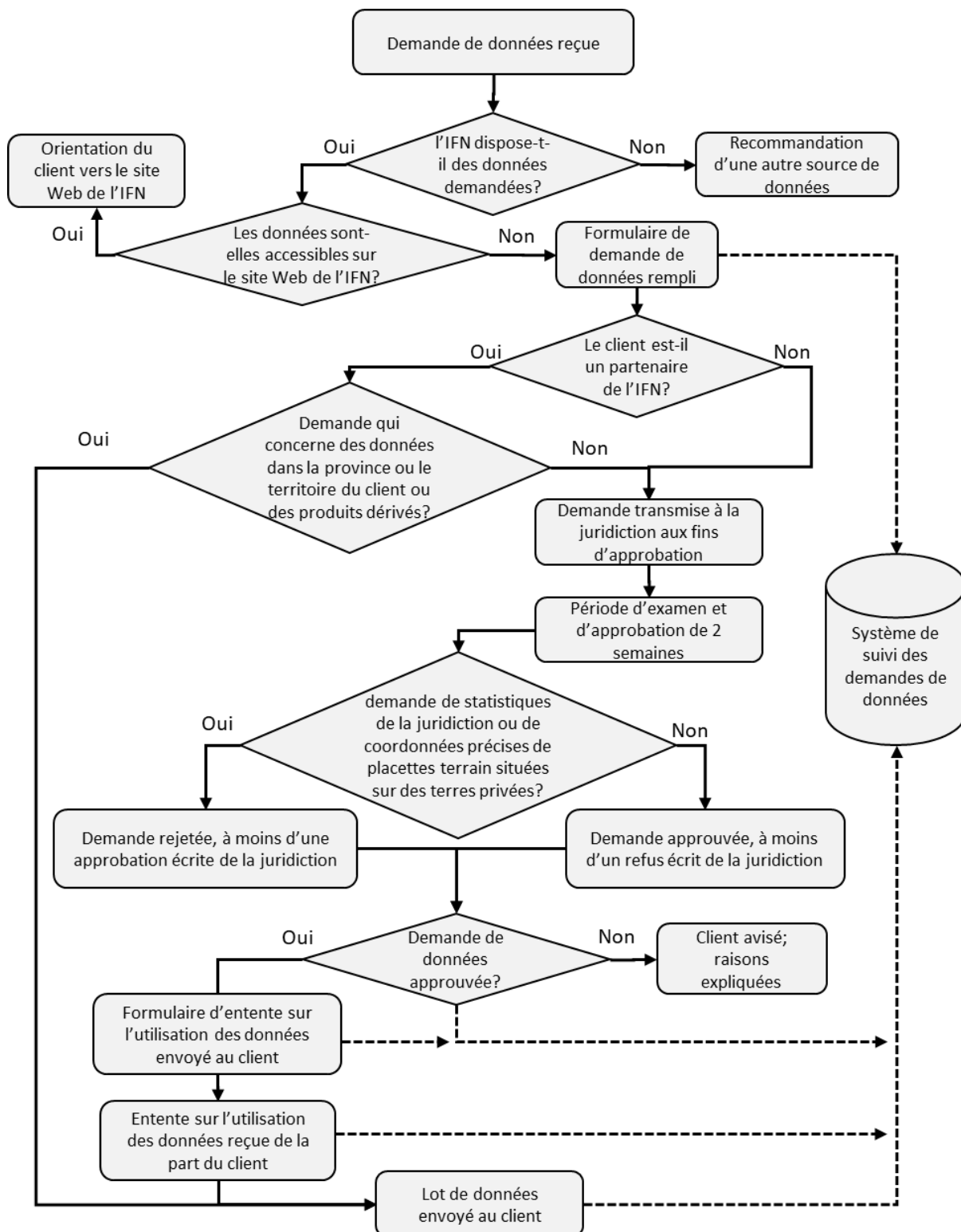


FIGURE 16: PROCESSUS OPÉRATIONNEL DE L'IFN NO 14 – SERVICES DE DEMANDE DE DONNÉES