

DÉCLARATION UNIVERSELLE DES DROITS DE L'ARBRE

ATLAS MONDIAL DES FORÊTS

Protocole scientifique

Cadre méthodologique pour l'identification, la classification, la preuve, la validation et le suivi temporel des écosystèmes forestiers

STATUT DU DOCUMENT

Version 0.1.4 - révision de consolidation de la succession, des héritages biologiques et de l'interprétation post-perturbation. Préparée pour une revue scientifique externe structurée. Le présent document rend opérationnelle la doctrine de l'Atlas mondial des forêts telle que révisée le 25 août 2026 et conserve le cadre intégrité / dégradation de la version 0.1.3, tout en ajoutant une distinction ciblée entre succession naturelle post-perturbation / état séral caractéristique et récupération dépendante d'une référence. La révision s'appuie sur la poursuite de l'échange scientifique critique avec Dominick A. DellaSala et sur l'examen de publications supplémentaires, notamment DellaSala et al. (2014), DellaSala (2020) sur les héritages biologiques liés au feu et DellaSala (2020), Forest Biome: Trees of Life. Leur prise en compte n'implique aucune approbation du Protocole par les scientifiques ou institutions cités.

VERSION 0.1.4

25 août 2026

Par Ricardo Rey

Auteur et initiateur de la Déclaration universelle des droits de l'Arbre

Président de La Compagnie des Papillons Bleus

Projet initié par Ricardo Rey dans le cadre des travaux de La Compagnie des Papillons Bleus, organisation officiellement porteuse de la Déclaration universelle des droits de l'Arbre. L'Atlas mondial des forêts est conçu comme un instrument scientifique international indépendant dont la gouvernance scientifique, méthodologique et institutionnelle doit demeurer autonome.

Site officiel : www.declarationuniverselledesdroitsdelarbre.org

Contrôle du document

Champ	Contenu
Titre du document	Atlas mondial des forêts - Protocole scientifique
Sous-titre	Cadre méthodologique pour l'identification, la classification, la preuve, la validation et le suivi temporel des écosystèmes forestiers
Version	0.1.4
Date	25 août 2026
Statut	Révision de consolidation de la succession, des héritages biologiques et de l'interprétation post-perturbation soumise à revue scientifique externe
Cadre d'origine et de préparation	Projet initié par Ricardo Rey dans le cadre des travaux de La Compagnie des Papillons Bleus.
Statut institutionnel de l'Atlas	Instrument scientifique international indépendant en développement ; gouvernance scientifique, méthodologique et institutionnelle autonome.
Langue principale	Français
Usage prévu	Fondement méthodologique du développement progressif de l'Atlas mondial des forêts et de son annexe scientifique associée ; cadre scientifique susceptible d'être utilisé par la Déclaration, la Convention ou d'autres instruments sans subordination institutionnelle.
Effet juridique	Aucun par lui-même ; portée écologique, scientifique, interprétative, informationnelle et programmatique. Ses résultats peuvent constituer des éléments scientifiques pertinents pour les autorités compétentes.
Règle de remplacement	La version 0.1.4 remplace la version 0.1.3 pour l'usage courant. Les versions antérieures demeurent archivées ; toute version ultérieure doit indiquer ce qu'elle remplace et préserver un historique public des modifications.

Historique des versions

Version	Date	Statut	Modification principale
0.1	12 août 2026	Protocole fondateur	Architecture probatoire initiale, système provisoire de confiance et critères des pilotes.
0.1.1	14 août 2026	Révision d'alignement	Alignement doctrine / Convention ; forêt primaire ; précaution ; autonomie de gouvernance ; séparation des effets juridiques.
0.1.2	18 août 2026	Alignement restauration	Terminologie restauration / récupération alignée SER ; écosystème indigène ; modèle / site de référence ; réhabilitation ; régénération naturelle / assistée ; six attributs.
0.1.3	24 août 2026	Consolidation intégrité / dégradation	Définition de la dégradation et hiérarchie des références ; PCIV ; régime de perturbation ; provenance de la récupération ; pertes brutes ; routes ; risque / vulnérabilité ; dettes ; garanties non forestières.
0.1.4	25 août 2026	Consolidation succession / héritages	Distingue succession naturelle post-perturbation / état séral et récupération dépendante d'une référence ; renforce les héritages biologiques, les modèles de référence séralement dynamiques, la garantie sur la dette de récupération, l'enregistrement de l'état séral, les tests pilotes et les références DellaSala 2014/2020.
0.2	À déterminer	Version de révision prévue	Commentaires scientifiques externes structurés, résultats des pilotes et corrections méthodologiques.
1.0	À déterminer	Futur protocole consolidé	Après revue scientifique, tests pilotes et approbation méthodologique formelle sous gouvernance autonome.

RÈGLE D'INTERPRÉTATION

La version 0.1.4 demeure volontairement prudente. Elle conserve les garanties de la version 0.1.3 et ajoute une consolidation limitée de la succession et de l'état séral à la suite de nouveaux échanges scientifiques critiques avec Dominick A. DellaSala et de l'examen de publications supplémentaires. Elle ne traite ni une perturbation naturelle ni un état séral précoce comme une dégradation ou une récupération par défaut et n'impose toujours aucun seuil numérique universel.

Résumé exécutif

L'Atlas mondial des forêts est conçu comme un système évolutif, spatialement explicite, temporel et probatoire. Sa finalité n'est pas seulement de montrer où se trouve le couvert arboré. Il doit distinguer l'identité écologique des forêts et des systèmes arborés, leur état présent, leur intégrité, leur continuité historique, leur gestion, leurs perturbations, leur trajectoire, leurs caractéristiques relatives au carbone, leur contexte paysager et de gouvernance, leur incertitude et leurs besoins de décision.

L'Atlas est conçu comme un instrument scientifique international indépendant. Sa gouvernance scientifique, méthodologique et institutionnelle doit demeurer autonome à l'égard des organes de la Déclaration, de la Convention internationale des droits de l'Arbre, des États, des financeurs et des fournisseurs de données. Sa reconnaissance ou son utilisation par l'un de ces acteurs ne confère aucun pouvoir de direction sur ses classifications, ses évaluations ou ses décisions de publication.

Sa fonction première est la connaissance scientifique, la qualification écologique, l'évaluation longitudinale et la documentation transparente des écosystèmes forestiers et de leurs trajectoires. Il ne constitue ni un service de police, ni un système d'autorisation administrative, ni un organe de contrôle de conformité. La détection d'une exploitation, d'une conversion, d'une dégradation ou d'une autre pression peut constituer l'un des résultats de son travail scientifique sans définir sa finalité institutionnelle.

Le présent Protocole traduit cette ambition en règles opérationnelles. Il établit une architecture commune pour les unités spatiales, les dimensions de classification, les types de preuves, les métadonnées, les modèles et sites de référence, l'incertitude, le niveau de confiance, la révision, la contestabilité, le versionnement, la gouvernance scientifique et la gouvernance des données. Il fixe également les limites de ce que l'Atlas peut déduire de preuves incomplètes, de ce que la télédétection peut ou ne peut pas établir, et des classifications qui nécessitent une validation de terrain ou une expertise indépendante.

La version 0.1.4 conserve les garanties relatives aux forêts primaires introduites par la version 0.1.1, l'alignement méthodologique de la restauration introduit par la version 0.1.2 et la consolidation intégrité / dégradation introduite par la version 0.1.3. La restauration écologique demeure le processus consistant à aider la récupération d'un écosystème indigène ; la récupération demeure un résultat qui doit être démontré relativement à une référence explicite ; les modèles de référence restent distincts des sites de référence ; et la mise en correspondance SER à six attributs demeure interopérable sans devenir normative pour l'Atlas.

La consolidation du 24 août 2026 demeure pleinement applicable : la dégradation forestière est une détérioration anthropique immédiate ou à long terme de l'intégrité de l'écosystème relativement à une condition de référence écologiquement appropriée ; une perturbation naturelle relevant du régime caractéristique n'est pas automatiquement une dégradation ; la sévérité seule est insuffisante ; les pertes brutes demeurent visibles ; l'origine de la perturbation reste distincte de la causalité de la dégradation ; et le risque / la vulnérabilité demeurent des dimensions prospectives autonomes.

La révision du 25 août 2026 ajoute une règle de succession avant récupération. Une perturbation naturelle relevant du régime caractéristique peut initier une succession post-perturbation fonctionnelle ou un état séral précoce riche en héritages biologiques et en biodiversité, sans impliquer que la forêt soit dégradée ou « en récupération ». La terminologie de récupération est réservée aux situations où une perte ou un déficit écologique matériel relativement à une référence appropriée est établi. Le Protocole enregistre donc explicitement l'état séral, renforce l'interprétation des héritages biologiques, traite les modèles de référence comme dynamiques entre phases sérales caractéristiques et interdit d'attribuer une dette de récupération du seul fait qu'un état naturel post-perturbation diffère de l'état mature antérieur.

Le Protocole complète, sans les remplacer, les définitions statistiques, les inventaires nationaux, les typologies des écosystèmes, les standards de restauration, les bases de biodiversité, les produits de télédétection, les systèmes de tenure et les cadres d'aires protégées. Les catégories sources restent identifiées. La version 0.1.4 conserve l'échelle provisoire de confiance, les mécanismes de révision et la stratégie de tests pilotes avant tout déploiement mondial.

Sommaire

Contrôle du document	2
Historique des versions	2
Résumé exécutif	3
Sommaire	4
1. Objet, champ d'application et statut	6
2. Articulation avec la doctrine forestière	6
3. Principes directeurs	7
4. Unités spatiales et échelles	7
5. Architecture de classification	8
5.1 Catégories écologiques opérationnelles	8
5.2 Descripteurs orthogonaux d'origine, de continuité, de développement, d'intégrité et de contexte paysager	9
6. Chaîne Principe-Critères-Indicateurs-Vérificateurs	9
6.1 Module PCIV orienté vers la dégradation	10
7. Types de preuves et vérificateurs	10
8. Modèles de référence, sites de référence et calibration régionale	10
9. Niveaux de confiance et statut probatoire	11
9.1 Statut scientifique de précaution pour une primarité possible	11
10. Données manquantes, incertitude et indétermination	12
11. Télédétection et preuves géospatiales	12
12. Données de terrain et diagnostic propre au site	13
13. Preuves historiques et continuité écologique	13
14. Savoirs autochtones et locaux ; informations sensibles	14
15. Données relatives au carbone	14
16. Gouvernance, droits, tenure et protection effective	15
17. Non-compensabilité et interprétation multidimensionnelle	15
18. Classification automatisée et assistée par modèle	16
19. Revue scientifique et validation	16
20. Contestation, correction et versionnement scientifique	17
21. Métadonnées, assurance qualité et auditabilité	17

22. Fréquence du suivi et règles de mise à jour	18
23. Phase pilote et calibration	19
24. Gouvernance scientifique et indépendance institutionnelle	20
25. Gouvernance des données, licences et publication	20
26. Restitutions de l'Atlas et classification destinée au public	21
27. Feuille de route de mise en œuvre	22
Annexe A. Enregistrement minimal de l'Atlas	22
Annexe B. Matrice provisoire des niveaux de confiance	24
Annexe C. Matrice des preuves par catégorie	25
Annexe D. Liste de contrôle pour l'évaluation des pilotes	25
Annexe E. Registre des modifications et des révisions	26
Références principales	27

1. Objet, champ d'application et statut

1.1 Objet. Le présent Protocole établit les conditions méthodologiques minimales dans lesquelles des informations écologiques peuvent être intégrées, interprétées, classifiées, affichées, examinées et révisées dans l'Atlas mondial des forêts. Il vise à créer une chaîne transparente entre une affirmation cartographiée et les preuves qui la soutiennent.

1.2 Champ d'application. Le Protocole s'applique aux écosystèmes forestiers, aux espaces de récupération forestière, aux plantations arboricoles orientées vers la production, aux systèmes agroforestiers et aux autres systèmes arborés lorsque ces catégories sont nécessaires pour distinguer l'identité écologique forestière. Il s'applique également aux informations associées relatives au paysage, à l'hydrologie, au carbone, aux perturbations, au risque, à la vulnérabilité, à la gouvernance et aux droits, dans la mesure où ces dimensions sont nécessaires à l'interprétation de l'état et de la trajectoire des forêts. Lorsque cela est nécessaire pour prévenir une erreur de qualification écologique ou une afforestation inappropriée, l'Atlas peut également enregistrer les écosystèmes naturels non forestiers adjacents, historiques ou potentiels ainsi que leur sensibilité à l'établissement d'arbres.

1.3 Statut. Le présent document constitue un protocole scientifique et méthodologique de travail. Il ne crée aucune nouvelle catégorie contraignante de droit international ; ne modifie pas la terminologie de la FAO ; ne modifie pas les codes forestiers nationaux ; ne change ni la propriété ni la tenure ; ne crée pas d'aire protégée ; ne confère pas la personnalité juridique ; ne crée aucune cause d'action en justice ; ne détermine aucune compensation ; et ne remplace ni l'évaluation environnementale, ni l'expertise propre au site, ni la décision de l'autorité compétente. Ses résultats peuvent néanmoins constituer des éléments scientifiques pertinents et, lorsque le droit applicable le prévoit, déclencher un examen, une mesure de prévention ou de précaution, un suivi renforcé ou un réexamen.

1.4 Utilisateurs visés. Le Protocole est destiné aux scientifiques, écologues forestiers, spécialistes de la télédétection, équipes de terrain, gestionnaires de données, institutions publiques, partenaires autochtones et communautaires, relecteurs et équipes techniques chargées du développement de l'Atlas. Les interfaces publiques de l'Atlas doivent simplifier la présentation sans affaiblir le dossier probatoire sous-jacent.

1.5 Indépendance et finalité institutionnelle. L'Atlas mondial des forêts est conçu comme un instrument scientifique international indépendant. Sa gouvernance scientifique, méthodologique et institutionnelle doit demeurer autonome. La Déclaration universelle des droits de l'Arbre, la Convention internationale des droits de l'Arbre, les États, les financeurs, les fournisseurs de données et les partenaires de coopération ne disposent, du seul fait de leur relation avec l'Atlas, d'aucune autorité pour orienter, modifier, retarder ou supprimer une classification, une évaluation, une méthode ou une décision de publication. La fonction première de l'Atlas est scientifique ; il ne constitue pas un organe de police ou d'autorisation.

CONDITION LIMITE

L'absence de classification ne constitue pas un constat d'absence écologique. Un site qui n'a pas encore été évalué ne doit pas être considéré comme dépourvu d'importance, dégradé, juridiquement disponible pour la conversion ou exempt de droits. Lorsque des éléments crédibles indiquent une possible

Le Protocole rend opérationnelle la doctrine forestière développée au titre de la Déclaration universelle des droits de l'Arbre dans sa version révisée et consolidée du 25 août 2026. La doctrine fournit les principes d'interprétation : une forêt est davantage qu'un couvert arboré ; l'origine écologique, l'état, l'intégrité, la stabilité, les perturbations et l'attribution causale, l'état séral et la trajectoire, le risque et la vulnérabilité, la gestion, les droits et le contexte paysager demeurent distincts ; les forêts primaires relèvent de la non-substitution et d'une protection stricte et permanente ; et une succession naturelle post-perturbation caractéristique ne doit pas être qualifiée de récupération par défaut. La récupération reste dépendante d'une référence et n'est utilisée que lorsqu'une perte ou un déficit matériel est établi. Pour la restauration, le Protocole conserve la terminologie du modèle de référence et de la récupération de Gann et al. (2026), sans que cela vaille approbation institutionnelle.

La révision doctrinale du 25 août 2026 conserve également les limites scientifiques entourant les articles I et II de la Déclaration. Le Protocole ne rend pas opérationnelle l'expression « être vivant sensible » comme variable de l'Atlas et ne teste pas un scénario contrefactuel mondial portant sur la disparition de tous les arbres. Son champ opérationnel est limité aux propriétés, fonctions, processus, dépendances, interactions, états, pressions, régimes de perturbation, états séraux et trajectoires biologiques et écologiques documentés.

Protocole ne rend pas opérationnelle l'expression « être vivant sensible » comme variable de l'Atlas et ne cherche pas à tester un scénario contrefactuel mondial portant sur la disparition de tous les arbres. Son champ opérationnel est limité aux propriétés, fonctions, processus, dépendances, interactions, états, pressions et trajectoires biologiques et écologiques documentés qui peuvent être évalués au moyen de preuves appropriées à la question posée.

Le Protocole ne réécrit pas la doctrine. Lorsqu'une définition doctrinale est nécessaire - par exemple forêt primaire, forêt naturelle, forêt naturelle dégradée, naturalité écologique, non-substitution, restauration écologique, récupération, réhabilitation, régénération naturelle ou terminologie du modèle de référence -, la version doctrinale explicitement enregistrée pour l'évaluation demeure la source interprétative. Le Protocole précise comment réunir les preuves et traiter l'incertitude lors de l'application opérationnelle de ces notions.

La Convention internationale des droits de l'Arbre, édition de relecture consolidée du 14 août 2026, constitue un cadre juridique distinct susceptible de reconnaître l'Atlas, d'utiliser ses résultats et d'attacher à certaines preuves des obligations d'examen, de prévention ou de

précaution. Cette articulation ne place ni le Protocole ni l'Atlas sous l'autorité des organes de la Convention.

3. Principes directeurs

Principe	Conséquence opérationnelle
P1 - Non-réduction écologique	Le couvert arboré, la biomasse ou la superficie ne peuvent, à eux seuls, établir l'identité écologique ou l'intégrité d'une forêt.
P2 - Multidimensionnalité	Origine, état, intégrité, stabilité, perturbations, attribution causale, état séral, trajectoire, risque, vulnérabilité, carbone, gouvernance et besoins de décision demeurent distincts.
P3 - Traçabilité	Toute affirmation substantielle doit être reliée aux sources, méthodes, dates, résolution, hypothèses et incertitudes.
P4 - Incertitude explicite	Les preuves inconnues, insuffisantes, contradictoires ou contestées doivent rester visibles et ne pas être résolues silencieusement.
P5 - Prise en compte de l'échelle	Une conclusion valable au pixel, au peuplement, au paysage, à l'écorégion ou à l'État ne se transfère pas automatiquement à une autre échelle.
P6 - Non-compensabilité	Une valeur élevée dans une dimension écologique ne compense pas automatiquement une perte grave dans une autre.
P7 - Gouvernance fondée sur les droits	L'évaluation écologique ne doit effacer ni propriété, ni tenure, ni droits autochtones ou coutumiers, ni gouvernance communautaire légitime.
P8 - Intégrité des sources	Les données importées conservent terminologie, licence, version, résolution et limites originales.
P9 - Contestabilité	Aucune classification de l'Atlas n'est définitivement soustraite à une contestation et à une correction fondées sur des preuves.
P10 - Complétude progressive	L'Atlas peut s'étendre par étapes ; il ne doit jamais simuler une certitude mondiale par des classifications injustifiées.
P11 - Indépendance scientifique et institutionnelle	Classifications, évaluations, méthodes, gouvernance des données et publications relèvent d'une gouvernance autonome ; la coopération ne confère aucune direction scientifique.
P12 - Précaution en cas de primauté possible	Des indices crédibles de primauté avec preuves insuffisantes restent visibles et exigent une évaluation indépendante ; l'incertitude ne vaut pas absence.
P13 - Interprétation par le régime de perturbation	La sévérité seule n'établit pas la dégradation. Interpréter origine, régime caractéristique, fréquence, intervalle, étendue, héritages biologiques, pressions interactives et trajectoire.
P14 - Comptabilisation des pertes brutes	Les pertes d'intégrité sont enregistrées là où et quand elles surviennent et ne sont pas compensées par restauration, régénération, plantation ou gains ailleurs.
P15 - Succession avant récupération	Une succession naturelle post-perturbation, une transition sérale ou une réorganisation écologique caractéristique ne constitue pas une récupération par défaut. Enregistrer d'abord état séral, héritages biologiques, continuité et compatibilité du régime.
P16 - Provenance de la récupération	Lorsque la récupération est applicable, identifier la perte ou le déficit matériel, ce dont l'écosystème se remet, l'origine et la date de la rupture ou dégradation, la référence et les preuves.
P17 - Séparation risque / vulnérabilité	Risque et vulnérabilité sont prospectifs et demeurent distincts de l'état présent, de l'intégrité, de la dégradation et du niveau de confiance.
P18 - Garantie relative aux écosystèmes non forestiers	Les écosystèmes naturels non forestiers ne sont pas des terres vides ; leur identité et leur sensibilité à l'afforestation restent visibles.

4. Unités spatiales et échelles

L'Atlas doit fonctionner à partir d'unités spatiales imbriquées. Aucune unité unique ne suffit pour toutes les variables. L'identité écologique peut s'exprimer à l'échelle du biome ou du type d'écosystème ; les perturbations et la gestion peuvent être propres au peuplement ; la connectivité exige une analyse paysagère ; les processus hydrologiques peuvent nécessiter des unités de bassin versant ; la gouvernance peut suivre des territoires juridiques ou coutumiers ; et les variables satellitaires peuvent exister sous forme de pixels dont la résolution diffère des limites écologiques.

Niveau	Fonction principale	Questions typiques
Biome / grand domaine climatique	Comparaison mondiale et contexte écologique général	Quel régime climatique et de perturbations encadre le système ?
Écorégion / groupe d'écosystèmes	Condition de référence et calibration biogéographique	Quelles composition, structure et dynamiques sont écologiquement plausibles ici ?
Paysage / bassin versant	Connectivité, pressions cumulées, hydrologie, feu, infrastructures	Comment les taches interagissent-elles et quels processus franchissent les limites de propriété ?
Complexe forestier / écosystème	Identité écologique et état intégré	Quel système forestier vivant existe ici et quelle est sa trajectoire ?
Peuplement / tache / site	Gestion, vérification de terrain, état local	Quelles structures, interventions ou perturbations sont directement présentes ?
Pixel / emprise d'observation	Support du capteur ou de l'échantillonnage ; échelle d'observation	Qu'a précisément observé un capteur ou une méthode d'échantillonnage ?

Chaque enregistrement de l'Atlas doit comporter un champ relatif à l'unité spatiale et un champ relatif à l'échelle d'évaluation. Lorsqu'une information est désagrégée vers une échelle plus fine ou agrégée vers une échelle plus large, la méthode et ses limites doivent être explicites. Les limites administratives peuvent être utiles au reporting, mais elles ne doivent pas être traitées comme des limites

écologiques sans justification indépendante.

RÈGLE D'ÉCHELLE

Un pixel d'occupation du sol de 10 m ne signifie pas que l'intégrité écologique, l'état microbien, la continuité historique, la tenure ou la gouvernance sont connus à une résolution de 10 m.

5. Architecture de classification

La classification est multidimensionnelle. L'Atlas doit éviter de contraindre chaque lieu à une étiquette unique et mutuellement exclusive lorsque plusieurs descripteurs répondent à des questions différentes. Un enregistrement peut donc associer un type d'écosystème, une classe d'origine, l'état présent, l'intégrité, la stabilité, les perturbations et l'attribution causale, l'état séral, la trajectoire, le risque et la vulnérabilité, la gestion, le contexte spatial, la gouvernance et les informations relatives au niveau de confiance.

Dimension	Question minimale	Exemples de résultats
Identité	De quel type de système s'agit-il et comment s'est-il établi ?	Biome ; écorégion ; type d'écosystème ; origine naturelle / plantée / mixte ; continuité primaire ; récupération secondaire.
État	Qu'est-ce qui est présent aujourd'hui ?	Composition ; structure ; sols ; eau ; régénération ; biodiversité ; fonctions actuelles.
Intégrité	Dans quelle mesure le système est-il cohérent au regard d'une référence appropriée ?	Descripteurs d'intégrité structurelle, biologique, écologique, paysagère et bioculturelle.
Stabilité	Comment le système se comporte-t-il dans le temps ?	Résistance ; résilience ; variabilité ; persistance ; réorganisation écologique ; récupération lorsqu'elle est applicable.
Perturbations et pressions	Qu'est-ce qui l'a affecté ou l'affecte actuellement ?	Feu ; récolte ; sécheresse ; drainage ; routes ; mines ; chasse ; pollution ; espèces invasives ; origine ; fréquence ; durée ; récurrence ; interactions cumulatives.
Trajectoire	Dans quelle direction évolue-t-il ?	Succession post-perturbation ; transition sérale ; maturation ; récupération lorsqu'elle est applicable ; stabilité ; régression ; conversion ; échec de régénération ; autre transition ; provenance de la récupération.
Risque et vulnérabilité	Quelles pressions, quels seuils ou quelles pertes futures peuvent affecter le système, et à quel point est-il susceptible d'y être exposé ?	Exposition ; sensibilité ; capacité adaptative ; risque de seuil / point de bascule ; réversibilité ; temps probable de récupération ; vulnérabilité climatique et aux perturbations.
Carbone	Quels stocks, flux, capacités et risques sont pertinents ?	Stock actuel ; capacité écologique de stockage ; émissions / absorptions brutes ; séquestration sacrifiée ; risque de non-permanence.
Gouvernance et droits	Qui détient des droits et comment l'espace est-il gouverné ?	Propriété ; tenure ; droits coutumiers ; territoire autochtone / communautaire ; protection et efficacité.
Besoins de décision	Quelle action fondée sur les preuves est indiquée ?	Protéger ; expertiser ; restaurer ; reconnecter ; suivre ; réduire le risque ; production compatible uniquement lorsque la catégorie et le droit le permettent.

La mention « production compatible » n'est admise que pour les catégories dans lesquelles une finalité productive est écologiquement et juridiquement compatible. Pour une forêt primaire, les besoins de décision admissibles concernent la protection stricte et permanente, le suivi, la recherche non destructive, le maintien des usages compatibles, la réduction des pressions et, lorsque nécessaire, la restauration ; aucune production commerciale ou industrielle de bois ou de biomasse n'est compatible.

5.1 Catégories écologiques opérationnelles

La version 0.1.4 utilise les catégories doctrinales ci-dessous comme descripteurs opérationnels. Elles ne doivent pas être attribuées sur la seule apparence du couvert arboré et exigent un faisceau convergent de preuves adapté à leurs caractéristiques définitoires.

Catégorie	Logique probatoire minimale
Forêt primaire	Les preuves doivent étayer un écosystème forestier naturellement régénéré, dominé par des espèces indigènes, dans lequel les processus écologiques et évolutifs naturels, les héritages biologiques, les régimes caractéristiques de perturbation et la continuité écologique demeurent prédominants, et dont la composition, la structure, les fonctions, les relations écologiques et la trajectoire n'ont pas été fondamentalement réorganisées par une intervention industrielle ou une autre intervention humaine intensive. La présence humaine et des usages autochtones, traditionnels, culturels ou de subsistance compatibles n'excluent pas la primarité. Aucun critère unique n'est suffisant.
Forêt de très haute naturalité écologique	Les preuves étayent des attributs proches de ceux d'une forêt primaire, mais l'histoire comprend une intervention ancienne, limitée ou incertaine. La continuité historique, la naturalité actuelle et l'intégrité actuelle doivent être distinguées.
Forêt de seconde génération / forêt secondaire	Les preuves doivent étayer une régénération naturelle après une rupture substantielle de la continuité écologique résultant notamment d'une perturbation anthropique significative, d'une exploitation ou d'une conversion de l'usage du sol. Une perturbation naturelle appartenant au régime caractéristique d'une forêt primaire ne crée pas, à elle seule, une origine secondaire lorsque la continuité primaire demeure.
Forêt naturelle dégradée	L'origine naturelle demeure pertinente, mais une détérioration anthropique immédiate ou à long terme de l'intégrité de l'écosystème relativement à une condition de référence appropriée est documentée ou fortement étayée au niveau de la composition, de la structure, des processus, des communautés biologiques, des sols, de l'hydrologie, de la connectivité, de la capacité de régénération ou de la configuration paysagère. La dégradation peut survenir sans déforestation ni perte de canopée. Une perturbation naturelle relevant du régime caractéristique ne constitue pas, à elle seule, une dégradation.
Forêt en restauration écologique	Les activités ou interventions de restauration documentées sont enregistrées comme des processus. La récupération est évaluée séparément relativement à un modèle de référence approprié d'un écosystème indigène, au moyen d'attributs mesurables, d'un suivi et d'une gestion adaptative ; la seule désignation du projet est insuffisante.
Établissement par plantation dans une restauration / réhabilitation	La plantation est enregistrée comme une intervention ou un mode d'établissement, et non comme une classe écologique finale. En restauration écologique, la récupération est évaluée séparément ; en réhabilitation, l'amélioration des conditions physiques, du fonctionnement ou des services n'établit pas, à elle seule, une récupération substantielle d'un écosystème indigène.

Catégorie	Logique probatoire minimale
Plantation arboricole orientée vers la production	Un objectif planifié de production prédominant et une gestion récurrente limitent l'autonomie écologique, la diversité structurelle, la régénération naturelle ou les dynamiques forestières caractéristiques.
Agroforêt / système agroforestier	Association intentionnelle d'arbres avec des cultures, des pâturages ou de l'élevage ; déclarée séparément car ses fonctions productives, de moyens d'existence et écologiques diffèrent de celles des écosystèmes forestiers.
Autre système arboré	Vergers, parcs, haies, couvert arboré urbain, brise-vent et autres systèmes sont identifiés avec précision plutôt que forcés dans une catégorie forestière.

5.2 Descripteurs orthogonaux d'origine, de continuité, de développement, d'intégrité et de contexte paysager

Les descripteurs ci-dessous ne sont ni synonymes ni nécessairement mutuellement exclusifs. Ils doivent être enregistrés dans des champs distincts afin qu'une vieille forêt ne soit pas automatiquement traitée comme primaire et qu'une jeune forêt primaire après perturbation naturelle ne soit pas automatiquement rétrogradée.

Descripteur orthogonal	Logique probatoire minimale
Forêt de haute intégrité	État actuel élevé relativement à un modèle de référence approprié : composition, structure, processus, connectivité, stabilité, capacité adaptative, autonomie et, lorsque cela est pertinent, intégrité bioculturelle. Ne préjuge pas à lui seul de l'origine historique.
Forêt de longue continuité	Persistance de l'usage forestier des terres et des fonctions écologiques sur une longue période sans conversion durable ; distincte de l'âge des arbres et du statut primaire.
État séral / développemental	Stade séral précoce, intermédiaire, mature, tardif, mosaïque multi-sérale ou autre état caractéristique adapté au biome ; n'établit à lui seul ni dégradation, ni récupération, ni origine historique.
Vieille forêt / forêt ancienne au sens structurel	Présence substantielle de vieux et grands arbres, bois mort, cavités, étagement vertical, microhabitats et autres structures tardives ; ne prouve pas, à elle seule, une continuité primaire.
Paysage forestier intact	Grand ensemble continu d'écosystèmes naturels, dominé par des forêts primaires, peu fragmenté par des infrastructures ou usages industriels, conservant des processus écologiques à grande échelle.

6. Chaîne Principe-Critères-Indicateurs-Vérificateurs

L'architecture probatoire centrale suit une logique Principe-Critères-Indicateurs-Vérificateurs (PCIV). Elle empêche qu'un principe doctrinal devienne une simple étiquette dépourvue de fondement. Toute classification doit être reliée à des critères, à des indicateurs et à des vérificateurs concrets dont la pertinence et les limites sont documentées.

Niveau	Fonction	Exemple - intégrité écologique
Principe	Énonce la condition ou l'exigence supérieure.	Maintenir la cohérence et la capacité de régénération du système forestier vivant.
Critères	Identifient les dimensions nécessaires pour satisfaire le principe.	Structure, composition, processus, connectivité, hydrologie, communautés biologiques, relations bioculturelles.
Indicateurs	Décrivent des conditions observables, des changements ou une distance par rapport à la référence.	Grands arbres, bois mort, régénération, faune, communautés microbiennes, état de la nappe, connectivité, résistance, trajectoire.
Vérificateurs	Identifient les données et méthodes utilisées pour établir la preuve.	Placettes de terrain, lidar, séries temporelles satellitaires, mesures des sols, inventaires de biodiversité, archives, savoirs autochtones et locaux légitimes.

Un vérificateur n'est pas considéré comme valable du seul fait qu'il existe. Son emprise spatiale, sa pertinence temporelle, sa qualité, sa licence, sa méthode, son incertitude et son adéquation au critère doivent être évaluées. Un indicateur issu d'un modèle régional ne doit pas être présenté comme une observation directe du site.

Pour l'évaluation de la dégradation forestière, la version 0.1.4 applique directement la logique PCIV aux pertes d'intégrité écologique relativement à des conditions de référence appropriées, en s'appuyant notamment sur DellaSala et al. (2025). Les indicateurs énumérés constituent des familles probatoires candidates et non des seuils universels ; les vérificateurs effectivement utilisés doivent être calibrés selon le biome, l'écorégion, le type d'écosystème, l'échelle, la qualité des données et le contexte décisionnel.

INTEROPÉRABILITÉ SCIENTIFIQUE

Pour les évaluations de restauration écologique, les indicateurs de l'Atlas peuvent être mis en correspondance avec les six attributs clés de l'écosystème utilisés dans Gann et al. (2026) : absence de menaces ; conditions physiques ; composition des espèces ; diversité structurelle ; fonctionnement de l'écosystème ; échanges externes. Cette mise en correspondance facilite l'interopérabilité sans remplacer les dimensions propres à l'Atlas : origine, continuité, naturalité, intégrité bioculturelle, gouvernance, risque ou trajectoire.

6.1 Module PCIV orienté vers la dégradation

Famille de critères	Indicateurs candidats	Vérificateurs / preuves illustratifs
Qualité structurelle	Structure des âges et des diamètres ; grands et vieux arbres ; chicots ; gros bois mort ; étagement de la canopée ; hauteur ; biomasse ; stocks de carbone.	Placettes de terrain ; inventaires forestiers ; lidar ; télédétection structurelle ; estimations de carbone.
Processus écosystémiques	Degré d'altération du régime de feu ou de perturbation ; cycle des nutriments ; compaction et productivité des sols ; fonctionnement mycorhizien ; hydro-écologie ; ruissellement ; évapotranspiration.	Historique du feu et des perturbations ; mesures des sols ; données hydrologiques ; études de terrain ; séries temporelles de télédétection.
Composition écologique et potentiel adaptatif	Composition indigène / exotique ; espèces rares, menacées ou focales ; richesse végétale et animale ; signaux d'adaptation génétique ; héritages biologiques ; micro- et macrefuges.	Inventaires de biodiversité ; données d'espèces ; données génétiques ou de traits ; preuves de terrain ; cartographie des refuges.
Fonctionnalité, complexité et tampon climatique	Densité de végétation ; hétérogénéité topographique ; stockage de carbone ; richesse en plantes vasculaires ; hauteur des arbres ; richesse fonctionnelle ; température / microclimat forestier.	Métriques de terrain et de télédétection ; données thermiques ; modèles de terrain ; études des fonctions écologiques.
Caractéristiques paysagères	Zones à haute valeur de conservation ; stades séral ; taille des taches ; superficie des noyaux sans route ; obstacles aux déplacements ; densité routière ; connectivité / fragmentation intra-tache.	Métriques paysagères ; jeux de données routières ; analyses de type GuidosToolbox / FRAGSTATS ; données d'habitat et de connectivité.
Impacts cumulatifs temporels	Degré d'impacts cumulatifs des routes, de l'exploitation, de l'extraction, des feux répétés ou d'autres perturbations ; intervalle entre événements ; chronicité.	Séries temporelles de télédétection ; historiques de récolte et de routes ; archives de perturbations ; évaluations de terrain répétées.

AUCUN SEUIL UNIVERSEL

Le module PCIV est une chaîne de preuve transparente, et non un seuil mondial unique. La dégradation constitue un continuum de perte d'intégrité ; l'interprétation des seuils ou des points de bascule doit être propre à l'écosystème et étayée par des preuves régionales.

7. Types de preuves et vérificateurs

L'Atlas doit distinguer les preuves selon leur mode de production. Un utilisateur public doit pouvoir savoir si une affirmation repose sur une mesure directe, la télédétection, une modélisation, une reconstruction historique, une interprétation d'expert, une preuve définie par une communauté ou une synthèse de plusieurs sources.

Type de preuve	Exemples	Forces principales	Limites principales
Observation directe de terrain	Placettes forestières, carottes de sol, mesures hydrologiques, inventaires d'espèces	Grande spécificité écologique ; appuie le diagnostic du site	Couverture spatiale parfois limitée ; coûteux ; fréquence temporelle variable
Télédétection	Optique, radar, lidar, thermique, séries temporelles	Répétabilité sur de grandes surfaces ; détection des perturbations ; indicateurs structurels	Ne permet pas d'établir directement toutes les dimensions écologiques, historiques, microbiennes, de gouvernance ou de droits
Modélisé / inféré	Modèles de biomasse, modèles de risque climatique, aptitude de l'habitat	Étend l'information au-delà des sites mesurés ; permet l'analyse de scénarios	Dépend des hypothèses, des données d'entraînement, de la transférabilité et de l'incertitude
Historique / archivistique	Cartes anciennes, photographies aériennes, documents de gestion, archives d'usage des terres	Appuie l'analyse de la continuité, de l'histoire des usages et la reconstruction des perturbations	Couverture et interprétation parfois incomplètes ou biaisées
Administratif / juridique	Statut d'aire protégée, registres de tenure, autorisations	Essentiel au contexte juridique et de gouvernance	Le statut formel peut diverger de la protection effective ou de la réalité coutumière
Savoirs autochtones et locaux	Observations définies par les communautés, histoire orale, savoirs territoriaux	Peut offrir une grande profondeur temporelle et des connaissances écologiques très localisées	Exige autorité, consentement, confidentialité et interprétation contextuelle
Synthèse d'experts	Évaluation de preuves convergentes soumise à examen scientifique	Intègre des sources hétérogènes et l'incertitude	Doit déclarer l'identité des relecteurs, les conflits d'intérêts, le raisonnement et la base probatoire

8. Modèles de référence, sites de référence et calibration régionale

Un modèle de référence est requis chaque fois que l'état, l'intégrité, la dégradation, la récupération ou la naturalité sont évalués relativement à une condition écologique attendue. En restauration écologique, l'objet de la récupération est un écosystème indigène. Le modèle de référence décrit l'état attendu, dans une condition de haute intégrité, que le site de restauration présenterait en l'absence de dégradation, y compris les biotes, les éléments abiotiques, les fonctions, les processus et les états successionnels, tout en tenant compte des changements environnementaux de fond et anticipés.

Les sites de référence sont des sites existants - idéalement non dégradés ou faiblement dégradés - dont les attributs et les phases successionnelles peuvent informer la construction du modèle. Un site de référence est une source probatoire et non le modèle lui-même. Lorsque cela est possible, un nombre approprié de sites de référence doit être combiné à des données historiques, des données de terrain, la littérature scientifique, les savoirs autochtones et locaux, les informations paléoécologiques pertinentes et les changements environnementaux projetés.

Hiérarchie des références pour l'évaluation de la dégradation. Lorsqu'elles sont écologiquement appropriées, les forêts primaires ou anciennes du type concerné demeurent des ancrages de référence principaux. Les modèles de référence sont toutefois dynamiques et peuvent comprendre plusieurs états séral et phases de perturbation caractéristiques. Un état séral précoce naturel créé par une perturbation relevant du régime ne doit pas être diagnostiqué comme dégradé au seul motif qu'il diffère de l'état mature antérieur. Lorsque les références primaires ou anciennes n'existent plus, la reconstruction peut combiner preuves historiques, états matures ou tardifs, régénération naturelle structurellement complexe et autres états séral caractéristiques. Tout écart doit être expliqué ; une ligne de base dégradée ou l'état actuel le plus fréquent ne doit pas devenir silencieusement la référence.

? Énoncer explicitement le modèle de référence et l'écosystème indigène comparé.
? Identifier échelle, variabilité et preuves, y compris les sites de référence.
? Distinguer modèle de référence, ligne de base dégradée et état actuel fréquent.
? Documenter climat, héritages d'usage, transformations irréversibles et seuils régionaux.
? Pour la dégradation, indiquer l'ancrage de référence et la phase sérale / de perturbation caractéristique utilisée pour interpréter l'état observé.

succession mature avancée, une régénération naturelle structurellement complexe ou une autre condition justifiée.

PRINCIPE DE CALIBRATION

La monodominance naturelle, une canopée ouverte, des feux fréquents, une faible biomasse ou une régénération lente peuvent être normaux dans un écosystème et constituer des indices de dégradation dans un autre. Les indicateurs et la mise en correspondance avec les attributs SER exigent un contexte écologique.

9. Niveaux de confiance et statut probatoire

L'échelle provisoire de confiance introduite par la version 0.1 demeure inchangée dans la Cette échelle exprime le degré de confiance accordé à une affirmation particulière de l'Atlas ; elle n'exprime pas la valeur écologique. Un enregistrement de faible confiance n'est pas une forêt de faible valeur. Le niveau de confiance doit être attribué séparément pour chaque classification ou variable substantielle.

Code	Libellé de travail	Interprétation minimale
CL0	Non déterminé	Les preuves sont absentes, insuffisantes, inaccessibles ou trop contradictoires pour étayer une classification.
CL1	Indicatif	Un ou plusieurs signaux pertinents existent, mais des lacunes substantielles, des limites d'échelle ou une incertitude non résolue demeurent.
CL2	Substantiellement étayé	Plusieurs sources pertinentes ou une source forte étayent l'affirmation, mais une vérification ou une calibration importante reste incomplète.
CL3	Fortement étayé	Des preuves indépendantes ou complémentaires convergent ; les méthodes sont appropriées ; les principales incertitudes sont bornées et documentées.
CL4	Validé pour l'usage prévu par le protocole en vigueur	Les preuves et la méthode ont satisfait à la procédure de validation technique / experte applicable et sont adaptées à l'échelle et au contexte décisionnel déclarés.

Un indicateur de statut distinct doit préciser si un enregistrement est en vigueur, provisoire, contesté, en cours de révision, remplacé ou retiré. Le niveau de confiance et le statut de révision ne doivent pas être fusionnés en un seul code.

Indicateur de statut	Signification
EN VIGUEUR	Interprétation actuelle de l'Atlas selon la version du protocole indiquée.
PROVISOIRE	Publié par transparence mais dans l'attente d'étapes de validation définies.
CONTESTÉ	Une contestation documentée et fondée sur des preuves est en cours ou demeure non résolue.
EN COURS DE RÉVISION	Une réévaluation a été formellement ouverte.
REPLACÉ	Une version ultérieure existe ; l'enregistrement est conservé pour l'historique d'audit.
RETIRÉ	La classification antérieure n'est plus considérée comme adaptée à l'usage ; le motif doit être enregistré.

IMPORTANT

Le niveau de confiance s'applique aux preuves qui soutiennent une affirmation. Il ne constitue pas un classement de l'importance écologique et ne doit jamais être utilisé comme tel.

9.1 Statut scientifique de précaution pour une primarité possible

Le niveau de confiance et le statut de révision demeurent distincts du statut scientifique de précaution. Lorsque des éléments crédibles indiquent qu'un espace peut être primaire mais que les preuves sont insuffisantes pour une qualification définitive, l'enregistrement doit porter le statut « PRIMARITÉ POSSIBLE - ÉVALUATION INDÉPENDANTE REQUISE ». Ce statut n'est ni une confirmation de primarité ni une autorisation de conversion ; il signale que l'absence de certitude ne peut être interprétée comme une preuve d'absence.

Statut de précaution	Interprétation minimale
PRIMARITÉ POSSIBLE - ÉVALUATION INDÉPENDANTE REQUISE	Des indices crédibles de primarité existent ; le dossier demeure incomplet ou contradictoire ; une expertise indépendante est nécessaire avant toute conclusion à forte conséquence. Les effets juridiques éventuels relèvent du droit applicable, non du Protocole.

10. Données manquantes, incertitude et indétermination

L'inconnu doit être traité comme un résultat scientifique légitime. L'Atlas ne doit pas substituer une complétude algorithmique aux preuves. Lorsqu'une classification ne peut être étayée, le résultat correct est « non déterminé », accompagné du motif et des preuves nécessaires pour améliorer l'évaluation.

- Les données manquantes ne doivent pas être traitées comme une valeur nulle.
- L'absence d'une espèce dans les données disponibles ne constitue pas une preuve de son absence réelle, sauf si la détectabilité et le plan d'échantillonnage permettent de justifier cette conclusion.
- L'absence de droits cartographiés ne constitue pas une preuve de l'inexistence de droits coutumiers ou autochtones.
- La couverture nuageuse, les limites des capteurs, l'inaccessibilité du terrain ou l'incohérence des déclarations nationales doivent être explicitement identifiées.
- Des sources de grande qualité contradictoires doivent entraîner une note de conflit ou une révision, et non une moyenne automatique.
- L'incertitude doit être quantifiée lorsque cela est possible et décrite qualitativement lorsqu'une estimation quantitative n'a pas de sens.

Lorsqu'un modèle fournit une probabilité ou un intervalle de confiance, cette incertitude numérique doit rester visible. Lorsqu'une interprétation d'expert est utilisée, l'incertitude doit inclure à la fois les limites probatoires et les désaccords d'interprétation. L'Atlas doit préserver l'incertitude plutôt que la comprimer dans une étiquette catégorielle qui paraîtrait plus certaine que les données sources.

L'absence d'une forêt dans un inventaire, une catégorie statistique ou une cartographie nationale ou internationale ne constitue pas la preuve qu'elle n'est pas primaire. L'absence d'un historique documenté d'exploitation ne prouve pas non plus, à elle seule, la primarité ; les deux propositions exigent une analyse probatoire positive.

Lorsqu'une décision envisagée pourrait entraîner une conversion, une extraction ou une atteinte irréversible et que des éléments crédibles indiquent une possible primarité, l'Atlas doit enregistrer un signal de précaution, préciser les preuves manquantes et recommander une évaluation scientifique indépendante. Le Protocole ne prononce pas lui-même une suspension juridique ; il rend disponibles les éléments scientifiques auxquels la Convention ou le droit applicable peuvent attacher une protection conservatoire.

RÈGLE DE PRÉCAUTION PROBATOIRE

L'inconnu ne vaut pas absence. Une incertitude crédible sur la primarité doit rester visible et ne peut être transformée en disponibilité implicite pour une activité irréversible.

11. Télédétection et preuves géospatiales

La télédétection est indispensable à un Atlas mondial parce qu'elle fournit des preuves répétables et spatialement étendues. Elle est particulièrement adaptée à la détection des changements de couvert, de la structure de la canopée, des incendies, des inondations, des signaux de sécheresse, des routes, des infrastructures linéaires, de la fragmentation, de certains aspects de la biomasse et de la stabilité temporelle. Elle ne suffit toutefois pas, à elle seule, à établir tous les aspects de l'intégrité écologique ou de l'histoire forestière.

- Enregistrer le capteur, le produit, la période d'acquisition, le niveau de traitement, la résolution native, la méthode de classification et la version.
- Ne pas rééchantillonner un produit grossier sur une grille plus fine puis présenter le résultat comme une nouvelle connaissance à haute résolution.
- Conserver la distinction entre les couches d'observation et les couches dérivées de modèles.
- Pour la détection du changement, documenter la date de référence, la date de comparaison, la composition temporelle et les règles de détection des perturbations.
- Utiliser des données de terrain ou des données de référence indépendantes pour la calibration et la validation lorsque la variable l'exige.
- Documenter, lorsqu'elles sont disponibles, les erreurs d'omission et de commission pour les produits catégoriels.
- Éviter de déduire la primarité, les droits coutumiers, l'intégrité microbienne, l'efficacité de la gouvernance ou un diagnostic complet de dégradation de la seule apparence spectrale.
- Lorsque la pression liée aux routes et aux infrastructures est évaluée, conserver les données originales du réseau et ne dériver la densité routière, la superficie des noyaux sans route, les intersections routes-cours d'eau, la pénétration des effets de lisière et la fragmentation qu'aux échelles où ces métriques sont valides.

Lorsque plusieurs produits de télédétection divergent, l'Atlas doit conserver ce désaccord au niveau de la preuve et préciser comment l'interprétation finale a été obtenue. Un produit fusionné doit identifier la méthode de fusion et ne doit pas masquer les contradictions ayant une incidence substantielle sur la classification.

12. Données de terrain et diagnostic propre au site

Les données de terrain sont requises lorsque la question ne peut être résolue de manière fiable à partir de la télédétection ou de sources documentaires. Un diagnostic propre au site peut être nécessaire pour la structure forestière, la régénération, les sols, l'hydrologie, la faune, les champignons, les communautés microbiennes, les effets de la gestion, les activités de restauration, le diagnostic de dégradation, les héritages biologiques et l'avancement de la récupération.

Les protocoles de terrain doivent être propres aux indicateurs plutôt qu'universellement identiques. La taille des placettes, l'intensité d'échantillonnage, la saison, la méthode taxonomique, la profondeur des prélèvements de sol, l'instrumentation hydrologique et les procédures de détection doivent être calibrées en fonction de l'écosystème et de la question. Le présent Protocole définit donc des métadonnées et exigences minimales de qualité tout en réservant les sous-protocoles détaillés à des modules spécialisés et à une calibration propre aux biomes.

Domaine de terrain	Métadonnées minimales
Végétation / structure	Géométrie des placettes, méthode d'échantillonnage, date, observateur, méthodes DBH / hauteur, méthode de régénération, protocole bois mort, standard taxonomique.
Sols	Profondeur d'échantillonnage, horizon, méthode, méthode de laboratoire, densité apparente / base carbone le cas échéant, état hydrique, contrôles qualité.
Hydrologie	Variable mesurée, instrument, localisation, référentiel altimétrique, fréquence, période, calibration, contexte amont / aval.
Faune / biodiversité	Groupe taxonomique, méthode d'inventaire, effort, hypothèses de détectabilité, saison, réplication, taxonomie de référence.
Champignons / microbiote	Substrat échantillonné, méthode de laboratoire ou de séquençage, contrôles de contamination, limites de l'interprétation taxonomique / fonctionnelle.
Effets de la gestion	Type d'intervention, date, intensité, emprise spatiale, objectif déclaré, données avant/après lorsqu'elles sont disponibles.
Diagnostic dégradation / perturbation	Condition de référence ; attribution causale ; intensité, fréquence, durée, étendue, récurrence, intervalle entre événements ; pressions interactives ; héritages biologiques ; preuves de récupération.

13. Preuves historiques et continuité écologique

La continuité historique est centrale pour distinguer la continuité primaire, les forêts de longue continuité, la récupération secondaire et l'établissement par plantation. Elle ne peut pas toujours être reconstruite à partir d'une seule source. L'Atlas doit rechercher la convergence des preuves et enregistrer la date fiable la plus ancienne à laquelle une conclusion peut être rattachée.

- cartes historiques et documents cadastraux ;
- photographies aériennes et imagerie déclassifiée ;
- archives satellitaires ;
- documents de gestion forestière et historiques de récolte ;
- archives d'usage des terres, d'abandon agricole ou historique des incendies ;
- preuves paléoécologiques ou dendroécologiques lorsque cela est pertinent ;
- savoirs historiques autochtones et locaux légitimes.

L'absence d'usage industriel documenté ne prouve pas qu'aucun usage n'a eu lieu. Inversement, la preuve d'un usage autochtone, traditionnel, culturel ou de subsistance compatible n'exclut pas automatiquement le statut primaire. La question pertinente est de savoir si une intervention industrielle ou une autre intervention humaine intensive a fondamentalement réorganisé la composition, la structure, les fonctions, les relations écologiques ou la trajectoire du système.

Une perturbation naturelle - incendie, tempête, inondation, pullulation d'insectes ou chablis - ne crée pas, à elle seule, une forêt secondaire lorsqu'elle appartient au régime caractéristique de l'écosystème et que la continuité primaire demeure. L'évaluation doit documenter l'origine de la perturbation, sa compatibilité avec le régime naturel, les héritages biologiques conservés et la trajectoire postérieure.

La version 0.1.4 conserve la règle relative au régime de perturbation : la sévérité seule n'établit pas la dégradation. Des perturbations naturelles ponctuelles, y compris sévères, peuvent demeurer compatibles avec l'intégrité lorsqu'elles se produisent dans les limites caractéristiques du système et conservent les héritages biologiques et voies de régénération grâce auxquels il se réorganise. Le diagnostic examine plutôt fréquence, intensité, étendue, récurrence, intervalles, chronicité, pressions anthropiques interactives et amplification climatique.

Succession avant récupération. Une perturbation naturelle relevant du régime peut initier une succession post-perturbation fonctionnelle ou un état séral précoce sans impliquer dégradation ni récupération. L'Atlas enregistre d'abord l'état séral, les héritages biologiques, la continuité primaire, la compatibilité du régime et la trajectoire ultérieure.

L'origine de la perturbation et la causalité de la dégradation doivent être enregistrées séparément. Une perturbation peut être naturelle, anthropique, mixte ou indéterminée. Lorsqu'une dégradation est diagnostiquée au titre du présent Protocole, son attribution causale doit identifier une pression anthropique directe, un processus naturel amplifié par les activités humaines, une causalité anthropique mixte ou une causalité indéterminée. Une perturbation purement naturelle relevant du régime caractéristique n'est pas enregistrée comme cause de dégradation.

Une nouvelle dégradation modifie l'état, l'intégrité et la trajectoire enregistrés ; elle ne doit pas effacer l'origine, la continuité ou une qualification primaire antérieure. L'Atlas conserve l'historique du statut primaire, y compris après incendie, tempête, fragmentation, exploitation illégale ou coupe de récupération.

Provenance de la récupération. Le terme « en récupération » n'est utilisé que lorsqu'une perte ou un déficit écologique matériel relativement à une référence appropriée est établi. Lorsque la récupération est applicable, l'enregistrement précise ce dont le système se remet, la date et la cause de la rupture de continuité ou de la dégradation, la condition de référence et les preuves soutenant la trajectoire. Une transition sérale naturelle caractéristique est enregistrée comme succession / état séral et non automatiquement comme récupération.

VÉRITÉ HISTORIQUE

Une forêt secondaire restaurée ou mature peut atteindre une très haute valeur écologique sans être requalifiée comme historiquement primaire. Inversement, une forêt primaire dégradée demeure historiquement primaire : l'Atlas doit préserver à la fois l'acquis écologique présent, la trajectoire historique et les atteintes survenues.

14. Savoirs autochtones et locaux ; informations sensibles

L'Atlas ne doit pas traiter les savoirs autochtones et locaux comme une couche de données librement extractible. Les connaissances fournies par des peuples ou des communautés doivent être régies par une autorité légitime, le consentement, une finalité convenue, des règles d'attribution, des conditions de confidentialité et toute restriction définie par la communauté concernant l'usage ou la publication.

L'Atlas doit prendre en charge plusieurs classes de publication : public, accès scientifique restreint et confidentiel / non divulguable. La condition applicable la plus restrictive gouverne la publication lorsque la divulgation pourrait exposer des lieux sacrés, des informations culturellement sensibles, des espèces menacées, des savoirs traditionnels ou des territoires à l'exploitation, à la persécution, au prélèvement ou à d'autres dommages.

Classe de données	Approche de publication par défaut
Public	Peut être affiché avec la provenance et les conditions de licence / attribution.
Accès scientifique restreint	Accessible uniquement aux utilisateurs autorisés pour des finalités définies ; pas de coordonnées précises publiques lorsque la restriction est justifiée.
Confidentiel / non divulguable	Non publié ; l'existence d'informations retenues ne peut être indiquée que si cela est autorisé et sans danger.

Les indicateurs définis par les communautés peuvent être intégrés comme un type de preuve autonome plutôt que traduits automatiquement dans des catégories scientifiques externes. Lorsque les interprétations scientifiques et communautaires diffèrent, l'Atlas doit pouvoir rendre visible cette différence plutôt que contraindre l'une à effacer l'autre.

15. Données relatives au carbone

Les informations relatives au carbone doivent être désagrégées afin que les stocks écologiques existants ne soient pas masqués par des absorptions futures. Au minimum, l'Atlas doit distinguer le stock actuel de carbone, la capacité écologique de stockage lorsqu'elle est scientifiquement évaluable, les émissions brutes, les absorptions brutes, les émissions évitées lorsqu'un scénario contrefactuel défendable existe, la séquestration sacrifiée, le risque de non-permanence et la catégorie écologique dans laquelle le carbone est stocké.

L'Atlas ne doit pas utiliser une note carbone comme indicateur indirect d'intégrité écologique. Une forte densité de carbone peut coexister avec une dégradation biologique, et une faible biomasse peut être naturelle dans certains systèmes forestiers. De même, une accumulation rapide de carbone dans une plantation ou une jeune forêt en reconquête ne démontre pas une équivalence écologique avec une vieille forêt ou une forêt primaire.

- Enregistrer les compartiments de carbone inclus : biomasse aérienne, biomasse souterraine, bois mort, litière, carbone organique du sol ou autres compartiments.
- Enregistrer la méthode d'estimation ainsi que le modèle allométrique ou de télédétection utilisé.
- Indiquer les unités, la surface de référence, la date, l'incertitude et le support spatial.
- Distinguer les stocks des flux.
- Énoncer les hypothèses contrefactuelles utilisées pour les émissions évitées ou la séquestration sacrifiée.
- Enregistrer les risques de non-permanence et de réversion séparément du stock actuel.
- Lorsqu'un scénario contrefactuel défendable et un modèle temporel existent, enregistrer la dette carbone comme différence cumulative du stock de carbone ou de la charge atmosphérique dans le temps après un événement de perte ; expliciter les hypothèses et ne pas traiter la dette carbone comme une unité de compensation.

Les éléments tirés de l'étude de cas du Tongass renforcent la raison méthodologique de cette séparation : la perte d'un stock de vieille forêt existant et l'absorption future de carbone par une jeune forêt constituent des quantités temporelles différentes. La utilise ces éléments pour étayer la séparation stock / flux et l'absence de compensation nette ; elle ne transforme pas une transition locale

vers de jeunes peuplements en règle sylvicole universelle.

Dette carbone. Lorsqu'elle peut être scientifiquement évaluée, l'Atlas peut présenter le déficit cumulatif de carbone ou la charge atmosphérique supplémentaire dans le temps relativement à un scénario contrefactuel défendable de protection ou d'absence de perte, à la suite d'une récolte, d'une conversion ou d'un autre événement de perte de carbone. La dette carbone est un diagnostic temporel, et non une équivalence écologique ou un crédit susceptible de neutraliser rétroactivement la perte d'un stock forestier existant.

16. Gouvernance, droits, tenure et protection effective

Les informations relatives à la gouvernance et aux droits doivent être traitées séparément de l'état écologique, tout en reconnaissant que la gouvernance peut influencer matériellement sur la trajectoire forestière. Un polygone juridiquement protégé ne suffit pas, à lui seul, à établir une protection effective. Inversement, un territoire sans désignation formelle d'aire protégée peut être effectivement conservé dans le cadre d'une gouvernance autochtone, communautaire, privée ou partagée.

Dimension	Informations minimales
Propriété / tenure	Fondement juridique ou coutumier ; titulaire / communauté lorsque la divulgation est légitime ; source et date.
Droits d'usage des terres et droits coutumiers	Accès, usage, gestion, exclusion, prélèvement, droits culturels ou autres droits reconnus.
Territoire autochtone / communautaire	Statut de reconnaissance, institutions de gouvernance, contraintes de divulgation, exigences de consentement.
Protection formelle	Désignation, catégorie, date, fondement juridique, activités permises / interdites.
Protection effective	Moyens, personnel, contrôle, violations, pressions autorisées, efficacité de la gestion, résultats écologiques.
Conflit / incertitude	Revendications concurrentes, limites non résolues, contentieux, données contestées, défaut de reconnaissance.

GARANTIE JURIDIQUE

L'inclusion dans l'Atlas ne modifie ni la propriété, ni la tenure, ni les droits, ni la compétence, ni la personnalité juridique, ni le statut de protection, ni la légalité des activités. Les conséquences contraignantes ne peuvent résulter que des autorités juridiques compétentes et du droit applicable.

Une classification, une évaluation, une carte, une alerte ou un autre résultat scientifique de l'Atlas ne crée ni n'éteint, par lui-même, un droit de propriété, de tenure ou d'usage ; ne confère pas la personnalité juridique ; ne constitue pas une autorisation administrative ; n'établit pas une responsabilité pénale ou civile ; ne détermine pas une compensation ; ne crée pas une aire protégée ; et ne remplace pas une évaluation environnementale ou une décision juridique propre au site.

Ces résultats peuvent néanmoins constituer des éléments scientifiques pertinents. Lorsqu'ils apportent des preuves crédibles d'un risque grave pour une forêt primaire ou un autre écosystème protégé, ils peuvent déclencher, en vertu de la Convention ou du droit applicable, un examen en temps utile, une mesure de prévention ou de précaution, un suivi renforcé ou un réexamen par l'autorité compétente.

GARANTIE JURIDIQUE ET VALEUR PROBATOIRE

Pas d'effet juridique automatique ; pas de neutralisation scientifique. L'Atlas ne décide pas du droit, mais ses résultats peuvent obliger l'autorité compétente à examiner, évaluer et agir lorsque le cadre juridique applicable le prévoit.

17. Non-compensabilité et interprétation multidimensionnelle

L'Atlas doit résister à l'usage d'une note composite universelle, car les dimensions écologiques ne sont pas pleinement interchangeables. Lorsque des indicateurs synthétiques sont utiles, leur construction doit être transparente et les dimensions qui ne peuvent être compensées doivent être régies par des conditions minimales ou des règles de veto plutôt que par une simple moyenne.

Exemples de non-compensabilité : une biomasse élevée ne compense pas un effondrement hydrologique ; une protection juridique ne compense pas une mise en œuvre inefficace ; une canopée stable ne compense pas la perte de faune ou de régénération ; une plantation réalisée ailleurs ne compense pas écologiquement la destruction d'une forêt primaire ; et des absorptions futures de carbone n'effacent pas la perte immédiate d'un stock forestier existant.

Situation	Interprétation requise
Carbone élevé, faible biodiversité	Afficher les deux dimensions ; ne pas qualifier l'écosystème de « haute intégrité » sur le seul fondement du carbone.
Grande stabilité de canopée, simplification sévère	La stabilité demeure une observation temporelle ; l'intégrité exige des preuves indépendantes.
Protégé en droit, dégradation persistante	La protection formelle et la protection effective doivent être affichées séparément.
Projet de restauration, récupération non démontrée	Enregistrer séparément l'activité / le projet de restauration et le statut de récupération ; ne pas déduire la récupération du statut du projet.
Nouvelle plantation après perte d'une forêt naturelle	Déclarer séparément la perte de forêt naturelle et le gain de plantation ; aucune compensation écologique nette.
Perte d'intégrité sur un site, gain ailleurs	Enregistrer la perte brute d'intégrité au lieu et au moment où elle est survenue et déclarer séparément les gains ailleurs ; aucune compensation ni neutralisation nette.

Situation	Interprétation requise
Forêt primaire après perturbation naturelle	Afficher séparément le statut primaire antérieur, la perturbation, les héritages biologiques, l'état actuel et la trajectoire ; une coupe de récupération ou une extraction post-perturbation ne transforme pas la forêt en ressource productive compatible.
Perturbations répétées avec canopée persistante	Évaluer la perte cumulative d'intégrité et les interactions causales ; le maintien du couvert arboré ou de la biomasse n'établit pas l'absence de dégradation.

RÈGLE DES PERTES BRUTES D'INTÉGRITÉ

Les pertes d'intégrité écologique sont enregistrées comme pertes brutes au lieu et au moment où elles surviennent. La récupération, la restauration, l'établissement de plantations, l'expansion naturelle ou les gains ailleurs sont enregistrés séparément et ne peuvent effacer la perte historique.

Dettes de récupération. Lorsqu'elle est pertinente et méthodologiquement défendable, l'Atlas peut quantifier ou décrire qualitativement le déficit cumulatif de certains attributs, fonctions, composantes de biodiversité ou services relativement au modèle de référence pendant la dégradation puis la récupération. Elle n'est appliquée qu'après établissement d'une perte ou d'un déficit matériel. Elle ne peut être attribuée au seul fait qu'un état naturel post-perturbation ou s'étalant précocement diffère de l'état mature qui le précédait. La dette documente les pertes dans le temps ; elle n'est ni facteur de conversion, ni compensation, ni justification d'une destruction évitable.

ALIGNEMENT SER ET NON-SUBSTITUTION DOCTRINALE

SER 2026 : le potentiel de restauration ne doit pas justifier la destruction d'écosystèmes indigènes ; des mesures compensatoires ne peuvent être envisagées qu'après les étapes antérieures de la hiérarchie d'atténuation. La règle absolue de non-substitution de l'Atlas est doctrinale et n'est pas attribuée à la SER.

18. Classification automatisée et assistée par modèle

La classification automatisée peut soutenir le dépistage mondial, mais elle ne doit pas devenir silencieusement l'autorité finale pour des catégories qui exigent une interprétation historique, écologique, juridique ou communautaire. Le Protocole distingue l'observation automatisée, l'inférence assistée par modèle et la classification écologique validée.

Classe de résultat	Usage autorisé	Garantie minimale
Observation automatisée	Détecter des signaux mesurables tels que changement de couvert, feu, hauteur de canopée, étendue d'eau, routes ou fragmentation.	Validation du produit et métadonnées ; aucune requalification écologique non étayée.
Inférence assistée par modèle	Estimer une probabilité ou une classe probable à partir de plusieurs variables.	Transparence sur les données d'entraînement, incertitude, tests de transférabilité, validation indépendante lorsque cela est possible.
Classification écologique nécessitant une revue experte	Statut primaire, primauté possible, haute naturalité, diagnostic de dégradation, sélection de la condition de référence, activité de restauration / trajectoire de récupération, protection effective et exclusion d'un statut primaire dans les cas complexes.	Revue humaine / experte indépendante, synthèse des preuves convergentes et enregistrement des conflits d'intérêts ; aucune exclusion automatique fondée sur l'absence d'inventaire ou un seul produit de télédétection.
Classification relative aux droits / savoirs sensibles	Tenure, droits coutumiers, territoires communautaires, savoirs confidentiels.	Aucune détermination automatisée sans preuve juridique / communautaire faisant autorité et sans garanties de gouvernance.

Tout modèle d'apprentissage automatique utilisé dans l'Atlas doit disposer d'une fiche de modèle ou d'un document équivalent précisant sa finalité, ses données d'entraînement, son domaine spatial et temporel, ses mesures de performance, ses biais connus, ses limites, sa version et les conditions dans lesquelles ses prédictions ne doivent pas être utilisées.

Aucun modèle automatisé ne peut conclure définitivement qu'une forêt n'est pas primaire sur le seul fondement d'un inventaire incomplet, d'une apparence de canopée, d'un seuil d'âge, d'une petite superficie ou d'un signal de perturbation naturelle. Aucun modèle automatisé ne peut déduire l'absence de dégradation du seul maintien stable du couvert ou de la biomasse.

19. Revue scientifique et validation

La validation doit être proportionnée aux conséquences de la classification. L'affichage à faible enjeu d'une mesure satellitaire brute appelle un parcours de révision différent d'une affirmation publique de l'Atlas selon laquelle un espace constitue une forêt primaire, est gravement dégradé ou fait l'objet d'une protection inefficace.

Niveau de révision	Usage typique	Exigence de révision
Assurance qualité technique	Couche de données brute ou dérivée	Vérifier l'intégrité des données, les métadonnées, la reproductibilité du traitement, le référentiel spatial et la version.
Revue méthodologique	Couche d'indicateur ou de modèle	Vérifier l'adéquation à la finalité, la calibration, l'incertitude et la transférabilité.
Revue par expert écologique	Classification écologique substantielle	Examiner la convergence des preuves, le modèle de référence, l'échelle, la logique de dégradation et les explications alternatives.
Revue pluraliste	Classification impliquant des droits, la gouvernance, des preuves contestées ou une conséquence publique majeure	Associer les expertises scientifiques, juridiques, de gouvernance et des titulaires de droits pertinentes ; documenter les désaccords.
Revue renforcée à forte conséquence	Exclusion d'une primauté possible ; décision susceptible d'appuyer une conversion, une extraction ou une atteinte irréversible	Évaluation indépendante et transparente ; pluralité des preuves ; revue écologique et, selon le contexte, juridique et par les titulaires de droits ; commanditaire, financement, conflits et contexte décisionnel documentés.

Les relecteurs doivent déclarer leurs conflits d'intérêts pertinents et leurs relations de financement. La participation d'un relecteur ne vaut pas approbation de la Déclaration universelle des droits de l'Arbre, de l'ensemble de la doctrine forestière, du Protocole ou de classifications de l'Atlas sans rapport avec son intervention.

Une évaluation destinée à écarter une possible primarité ou à soutenir une activité irréversible ne peut reposer uniquement sur l'absence dans un inventaire, une apparence satellitaire, une étude commandée par le promoteur, une source unique ou l'absence documentaire d'exploitation connue. Le dossier doit identifier le commanditaire, les sources de financement, les conflits d'intérêts, le contexte décisionnel et le degré d'indépendance des évaluateurs et relecteurs.

20. Contestation, correction et versionnement scientifique

L'Atlas doit prévoir un mécanisme documenté de contestation fondée sur des preuves. Une demande de révision peut être présentée par des chercheurs, des institutions publiques, des peuples autochtones, des communautés locales, des titulaires de droits, des organisations de la société civile, des gestionnaires fonciers ou toute autre personne en mesure de fournir des éléments pertinents.

- 1 Transmission de l'enregistrement contesté et de la question précise soulevée.
- 2 Transmission des preuves à l'appui, de leur source, de leur date et de leur pertinence.
- 3 Examen initial de recevabilité : la contestation est-elle fondée sur des preuves et relève-t-elle du champ de l'Atlas ?
- 4 Orientation vers le parcours de révision approprié.
- 5 Attribution temporaire d'un statut « en cours de révision » ou « contesté » lorsque cela est justifié.
- 6 Décision motivée : confirmer, réviser, restreindre, suspendre ou retirer.
- 7 Publication versionnée de l'issue et conservation de l'enregistrement antérieur à des fins d'audit.

VERSIONNEMENT SCIENTIFIQUE

Classification antérieure -> preuves soumises -> révision -> décision -> classification révisée. Les modifications doivent être versionnées et ne jamais être silencieusement écrasées.

Lorsque des preuves de grande qualité demeurent réellement contradictoires, l'Atlas doit indiquer que le désaccord persiste et identifier les interprétations concurrentes. Un désaccord scientifique explicite est préférable à une fausse certitude.

Lorsqu'une forêt précédemment qualifiée de primaire est perturbée ou dégradée, la nouvelle observation modifie les champs d'état, d'intégrité, de perturbation et de trajectoire, mais ne supprime pas silencieusement l'historique du statut primaire. Toute requalification doit expliquer ce qui a changé, quelles preuves nouvelles sont apparues et pourquoi l'origine ou la continuité seraient réinterprétées.

CONTINUITÉ DU DOSSIER SCIENTIFIQUE

Statut antérieur -> perturbation ou nouvelle preuve -> réexamen -> décision motivée -> qualification révisée. L'historique primaire demeure accessible même lorsque l'état actuel s'est dégradé.

21. Métadonnées, assurance qualité et auditabilité

Tout enregistrement substantiel de l'Atlas doit comporter des métadonnées suffisantes pour permettre à un relecteur indépendant de comprendre ce qui a été mesuré, comment cela a été interprété et pourquoi une classification a été attribuée. Les métadonnées font partie de la preuve scientifique ; elles ne sont pas un simple ajout administratif.

- Identifiant unique de l'enregistrement Atlas
- Géométrie / emprise géographique et système de référence de coordonnées
- Échelle spatiale de l'évaluation
- Date / période d'observation
- Producteur et source des données
- Version et licence de la source
- Méthode d'acquisition
- Méthode de traitement / d'analyse
- Modèle de référence et sites / preuves de référence associés
- Version doctrinale utilisée
- Qualification écologique matérielle, activité de restauration, statut de récupération et descripteurs orthogonaux
- Statut primaire et historique du statut primaire
- Répartition historique / reconstituée / écologiquement potentielle de l'écosystème lorsque cela est pertinent

- Compatibilité de la perturbation avec le régime caractéristique
- Origine de la perturbation

? Héritages biologiques
? État séral / développemental et statut de succession post-perturbation

- Condition de référence de la dégradation
- Causalité de la dégradation et facteur(s) anthropique(s) spécifique(s)
- Impacts cumulatifs et intervalles entre perturbations
- Évaluation du risque et de la vulnérabilité lorsque cela est pertinent
- Condition / provenance de la récupération
- Dette de récupération lorsque cela est pertinent et évaluable
- Métriques relatives aux routes et infrastructures linéaires lorsque cela est pertinent
- Enregistrement de la perte brute d'intégrité lorsqu'il est applicable
- Enregistrement de l'extraction post-perturbation / coupe de récupération lorsqu'il est applicable
- Statut de succession naturelle protégée lorsqu'il est applicable
- Contexte d'écosystème non forestier et sensibilité à l'afforestation lorsque cela est pertinent
- Finalité de gestion et compatibilité avec la catégorie
- Besoins humains essentiels et usages compatibles lorsque cela est pertinent
- Dette carbone lorsque cela est pertinent et évaluable
- Contexte décisionnel
- Signal de précaution
- Commanditaire de l'évaluation
- Source de financement
- Conflits d'intérêts
- Cadre juridique applicable et note sur l'effet juridique
- Hypothèses
- Limites connues
- Incertitude quantitative ou qualitative
- Niveau de confiance
- Statut de révision
- Date d'évaluation par l'Atlas
- Version du Protocole
- Relecteur / instance de validation le cas échéant
- Liens vers les enregistrements remplacés ou connexes

L'assurance qualité doit comprendre, lorsque cela est approprié, des contrôles automatisés - champs manquants, validité des géométries, dates impossibles, unités incohérentes, identifiants dupliqués - et des contrôles scientifiques portant sur la plausibilité, l'échelle, la méthode, l'adéquation des sources, la pertinence de la condition de référence et l'interprétation causale. Les modifications critiques doivent pouvoir être reproduites à partir des traces de traitement conservées ou de notes décisionnelles documentées.

22. Fréquence du suivi et règles de mise à jour

La fréquence du suivi doit être propre à chaque indicateur. Les jalons de long terme d'environ 15, 25, 50, 100 et 500 ans concernent la reconquête de la naturalité sur le temps long ; ils ne constituent pas des intervalles universels de mesure pour toutes les variables.

Type d'information	Logique indicative de mise à jour pour la v0.1.4
Perturbations rapides / alertes	Du quasi temps réel au mensuel lorsque des données fiables et un besoin opérationnel le justifient.
Couvert, fragmentation, feu, sécheresse, pression des infrastructures	Annuel ou pluriannuel selon le produit, la vitesse de changement et le contexte décisionnel.
Routes / infrastructures linéaires	Annuel ou déclenché par événement lorsque les données le permettent ; enregistrer les nouveaux accès, la densité routière, la superficie des noyaux sans route, les intersections routes-cours d'eau et les effets de fragmentation aux échelles valides.
Structure de canopée / biomasse	Selon le produit ; mise à jour lorsque de nouvelles acquisitions ou de nouveaux modèles validés améliorent substantiellement le dossier.
Structure de terrain / régénération / état séral / récupération Remesures périodiques fondées sur les dynamiques de l'écosystème et les objectifs de suivi de la succession, de gestion, de restauration, de dégradation et de récupération.	

Type d'information	Logique indicative de mise à jour pour la v0.1.4
Sols / hydrologie	Propre à l'indicateur ; déclenchée par événement ou périodique selon le processus et la vulnérabilité.
Risque / vulnérabilité	Mise à jour lorsque l'exposition, les projections climatiques, les régimes de perturbation, les preuves de seuil, la capacité adaptative ou les hypothèses de réversibilité changent substantiellement.
Faune / microbiote	Plan d'inventaire saisonnier / périodique adapté à la détectabilité et à la question écologique.
Gouvernance / statut juridique	Mise à jour lors de changements faisant autorité ; vérification périodique des résultats effectifs.
Trajectoire de long terme	Synthèse pluridécennale avec comparaison explicite aux états antérieurs et au modèle de référence déclaré.
Statut primaire / historique du statut	Mise à jour lors de toute nouvelle preuve substantielle ou perturbation ; l'enregistrement antérieur demeure conservé et lié.
Événement de perte brute d'intégrité	Mise à jour lorsqu'un événement substantiel de dégradation ou une perte cumulative nouvellement documentée est établi ; conserver l'enregistrement de l'événement même si une récupération intervient ultérieurement.
Extraction post-perturbation / coupe de récupération	Alerte rapide lorsque détectable ; enregistrer séparément l'intervention, ses autorisations, ses effets sur les héritages biologiques, les sols, la succession et sa compatibilité avec la catégorie écologique.
Succession naturelle protégée	Mise à jour lorsque changent le statut, la gouvernance, les perturbations, les interventions ou les engagements de suivi ; maintenir l'état écologique séparé du programme ou de la désignation juridique.
Sensibilité des écosystèmes non forestiers à l'afforestation	Mise à jour lorsque la cartographie de l'écosystème, la trajectoire de la végétation, la pression d'usage des terres, les projections climatiques ou les projets d'afforestation modifient substantiellement l'évaluation du risque.

Toute mise à jour doit préserver la date de l'évaluation antérieure. Une nouvelle observation ne doit pas effacer les preuves historiques ; elle doit prolonger le dossier temporel. L'Atlas est destiné à montrer une histoire écologique, et non seulement l'image la plus récente.

23. Phase pilote et calibration

Le déploiement mondial ne doit pas commencer en supposant qu'un même protocole fonctionne avec la même performance partout. La conserve l'exigence de tests pilotes dans des systèmes écologiquement contrastés. Les régions pilotes sont des bancs d'essai méthodologiques, et non des sites vitrines supposés représentatifs.

Contexte forestier pilote	Principal test de robustesse méthodologique
Forêt tropicale humide	Distinction primaire / secondaire, dégradation sous canopée intacte, forte biodiversité, pression rapide des changements d'usage des terres, pénétration routière.
Forêt boréale	Grands régimes de perturbations naturelles, feu et insectes, mosaïques d'âges, impacts industriels cumulés, contextes de pergélisol / tourbe.
Forêt tempérée	Longue histoire d'usage des terres, intensité de gestion, continuité historique, fragmentation, propriété mixte, rareté des références anciennes.
Forêt méditerranéenne / saisonnièrement sèche	Sécheresse, feu, structures ouvertes, déprise agricole, pâturage, transition climatique.
Forêt inondée / tourbeuse / littorale / mangrove	Dépendance hydrologique, sols riches en carbone, dynamiques de marée / crue, évolution de la limite terre-eau.

- la reproductibilité des classifications et l'accord entre relecteurs indépendants ;
- la distinction primaire / secondaire après incendie ou autre perturbation naturelle ;
- la capacité à séparer la sévérité de la dégradation par l'analyse du régime de perturbation ;
- les mosaïques sérales jeunes, les canopées naturellement ouvertes et les fragments primaires de petite superficie ;
- la compatibilité des usages autochtones, traditionnels, culturels ou de subsistance ;
- le maintien de l'historique du statut primaire après dégradation, exploitation illégale ou coupe de récupération ;
- le fonctionnement du signal « primarité possible - évaluation indépendante requise » ;
- l'interdiction de transformer une absence de données ou d'inventaire en absence de primarité ;
- la capacité des indicateurs PCIV orientés vers la dégradation à distinguer les conditions focales des conditions de référence sans imposer de seuils universels ;

? la capacité du Protocole à distinguer d'abord succession post-perturbation / état séral caractéristique et récupération, puis, lorsque la récupération s'applique, à répondre à « récupération de quoi ? » en préservant la provenance causale ;

- la séparation du diagnostic / de l'intensité de la dégradation d'avec le niveau de confiance et le statut de révision ;
- la séparation de l'origine de la perturbation d'avec la causalité de la dégradation ;
- la séparation analytique du risque et de la vulnérabilité d'avec l'état présent, l'intégrité, la dégradation et le niveau de confiance ;
- la définition transparente et non compensatoire de la dette de récupération et de la dette carbone lorsqu'elles sont utilisées ;
- l'enregistrement de la succession naturelle protégée séparément de la classification écologique et de la protection juridique ;
- l'identification des écosystèmes naturels non forestiers exposés à une afforestation inappropriée sans les forcer dans des classes forestières ;
- la valeur explicative, aux échelles appropriées, de la densité routière, de la superficie des noyaux sans route, des intersections routes-cours d'eau et des métriques de fragmentation ;
- la séparation entre résultat scientifique de l'Atlas et conséquence juridique déterminée par l'autorité compétente ;
- l'indépendance des classifications lorsque des intérêts économiques ou politiques importants sont en cause ;

- le changement d'échelle ; l'intégration terrain / télédétection ; le traitement des droits et de la gouvernance ; les procédures de contestation ; la charge associée aux métadonnées ; la clarté pour les utilisateurs ; la construction des modèles de référence ; la séparation activité de restauration / statut de récupération ; l'interopérabilité avec les six attributs SER ; et les sous-protocoles spécialisés manquants.

RÈGLE PILOTE

Une méthode qui échoue dans un pilote ne signifie pas que l'Atlas a échoué. Elle fournit une preuve utile que le protocole doit être révisé avant un déploiement plus large.

24. Gouvernance scientifique et indépendance institutionnelle

La gouvernance scientifique de l'Atlas doit être institutionnellement distincte des organes de la Déclaration universelle des droits de l'Arbre, de la Convention internationale des droits de l'Arbre, des Parties, des financeurs, des fournisseurs de données et de tout opérateur administratif. Le portage fondateur ou administratif peut assurer la coordination, le secrétariat et les moyens techniques sans disposer d'une autorité unilatérale sur les classifications, les méthodes ou les décisions de publication.

Exigence de gouvernance	Garantie minimale
Composition	Pluralité disciplinaire, géographique et de systèmes de savoirs ; participation appropriée de spécialistes des forêts, des données, du droit, des sciences sociales et des savoirs autochtones et locaux.
Nomination et mandats	Procédure publique, critères de compétence et d'indépendance, durée déterminée, renouvellement encadré et possibilité de révocation motivée pour manquement.
Conflits d'intérêts	Déclarations publiques, règles de dépôt, traçabilité des financements et interdiction de participer à une décision en cas d'intérêt matériel non maîtrisé.
Indépendance scientifique et éditoriale	Aucun acteur externe ne peut orienter, modifier, retarder ou supprimer une méthode, une classification, une évaluation, une alerte ou une publication scientifique.
Séparation des fonctions	Le portage administratif, la maintenance technique, la validation scientifique, le traitement des contestations et la décision de publication sont distingués.
Réexamen et recours	Procédures documentées de contestation, révision, appel ou réexamen, avec décision motivée, versionnement et conservation des désaccords.
Coopération	Des accords peuvent organiser l'interopérabilité, la revue et l'échange d'informations avec la Convention, les États ou d'autres systèmes, sans conférer de tutelle scientifique.
Transparence	Règles de gouvernance, composition, mandats, financements, décisions méthodologiques et modifications du protocole rendus publics, sous réserve des informations légitimement confidentielles.

PHASE TRANSITOIRE

Jusqu'à la constitution formelle de la gouvernance autonome, le projet peut être préparé et administré par son initiateur et La Compagnie des Papillons Bleus. Cette phase transitoire ne doit pas être présentée comme conférant une autorité scientifique définitive ni comme permettant de soustraire les classifications à une revue indépendante.

25. Gouvernance des données, licences et publication

L'Atlas doit tenir un registre des sources pour chaque jeu de données utilisé. Pour chaque source, le registre doit indiquer le producteur, le titre, la version, la couverture spatiale et temporelle, la licence, les exigences d'attribution, les transformations autorisées, les restrictions de redistribution, les conditions d'accès et toute limite liée à la sensibilité ou à la confidentialité.

Les données ouvertes sont privilégiées lorsqu'elles sont scientifiquement appropriées, mais l'ouverture ne peut prévaloir sur les restrictions juridiques, l'autorité des peuples autochtones ou des communautés, la confidentialité, la protection des espèces menacées ou les obligations contractuelles. Certains jeux de données peuvent être référencés ou interrogés sans être redistribués.

Champ de gouvernance	Enregistrement minimal
Licence	Référence exacte à la licence ou aux conditions d'utilisation ; version / date lorsqu'elles sont disponibles.
Attribution	Citation requise, nom du producteur, texte de reconnaissance.
Transformation	Indication de l'autorisation des produits dérivés ; conditions de modification.
Redistribution	Indication de la possibilité de redistribuer les données sources ou dérivées.
Classe d'accès	Public, restreint, confidentiel / non divulguable.
Conservation	Indication de la possibilité de stocker des copies sources et de leur durée de conservation.
Retrait / mise à jour	Modalités de traitement d'une source remplacée ou retirée.

26. Restitutions de l'Atlas et classification destinée au public

L'interface publique doit simplifier l'accès sans aplatir la nuance scientifique. Toute classification affichée doit permettre d'accéder à un parcours « pourquoi cette classification ? » conduisant à la provenance, à la date, à la méthode, au niveau de confiance, aux limites et au statut de révision.

- Afficher la catégorie écologique séparément du niveau de confiance.
- Afficher l'état actuel séparément de la trajectoire.
- Afficher le risque et la vulnérabilité séparément de l'état présent, de l'intégrité, de la dégradation et du niveau de confiance.
- Afficher la protection juridique séparément de la protection effective.
- Afficher les pertes de forêts naturelles séparément des gains de plantations.
- Afficher les pertes brutes d'intégrité séparément de la récupération ultérieure ou des gains ailleurs.
- Proposer des vues en séries temporelles lorsque les données le permettent.
- Utiliser « non déterminé » plutôt que de contraindre visuellement chaque espace à une classe.
- Afficher clairement le statut contesté sans laisser entendre que la contestation prouve à elle seule que la classification est fausse.
- Protéger les coordonnées sensibles et les savoirs confidentiels.
- Afficher le statut primaire actuel séparément de l'historique du statut primaire.
- Afficher distinctement le signal de précaution « primarité possible - évaluation indépendante requise ».
- Afficher la compatibilité ou l'incompatibilité d'une finalité de gestion avec la catégorie écologique.
- Lorsque la récupération est affichée, identifier la condition dont le système se remet et le modèle de référence.
- Lorsque la dette de récupération ou la dette carbone est affichée, présenter la référence / le scénario contrefactuel, l'horizon temporel, les hypothèses et l'incertitude, et préciser que la métrique n'est pas une compensation.
- Afficher la succession naturelle protégée séparément de la classe écologique, de la protection juridique formelle et de la protection effective.
- Lorsque cela est pertinent, identifier les écosystèmes naturels non forestiers et leur sensibilité à l'afforestation afin que les écosystèmes ouverts ne soient pas présentés visuellement comme des lacunes de restauration forestière.
- Fournir une note claire sur l'absence d'effet juridique automatique et, le cas échéant, sur le cadre juridique susceptible d'être déclenché.

La vue mondiale par défaut doit éviter de suggérer une certitude au niveau du pixel pour des variables grossières ou modélisées. La résolution et l'échelle doivent être communiquées dans les légendes et panneaux d'information. Lorsque plusieurs sources divergent, les utilisateurs doivent pouvoir examiner les preuves sous-jacentes plutôt que voir uniquement une couleur finale inexplicée.

L'interface publique ne doit pas réduire l'Atlas à la surveillance des exploitations. Les changements de couvert, les coupes, les routes, les feux, les conversions, la dégradation, la récupération et les autres pressions ou trajectoires constituent des couches ou résultats possibles au sein d'un système plus large de connaissance, de qualification et de suivi longitudinal.

27. Feuille de route de mise en oeuvre

Étape	Résultat	Seuil décisionnel
0.1 - Protocole fondateur	Architecture probatoire initiale ; confiance provisoire ; critères des pilotes.	Ouverture de la revue scientifique externe.
0.1.1 - Révision d'alignement	Alignement doctrine / Convention ; autonomie ; définition primaire ; précaution.	Version alors courante soumise à revue externe.
0.1.2 - Alignement restauration	Terminologie restauration / récupération, écosystème indigène, modèle de référence, interopérabilité SER.	Version alors courante ; aucune revendication d'approbation SER.
0.1.3 - Consolidation intégrité / dégradation	24 août : dégradation, références, PCIV, régime de perturbation, provenance récupération, pertes brutes, routes, risque / vulnérabilité, dettes, garanties non forestières.	Version alors courante ; apports DellaSala pris en compte sans approbation.
0.1.4 - Consolidation succession / héritages	25 août : succession avant récupération ; état séral ; héritages biologiques renforcés ; références séralement dynamiques ; garantie dette de récupération ; champs, pilotes et références actualisés.	Version de travail courante soumise à revue externe ; publications supplémentaires de DellaSala traitées comme apports scientifiques sans approbation.
0.2 - Protocole révisé	Commentaires structurés et principales objections méthodologiques traités.	Gouvernance autonome adoptée ; passage aux pilotes.
Mise en -uvre pilote	Sites contrastés ; reproductibilité ; catalogue de données ; tests techniques et de gouvernance.	Tester catégories, logique succession / récupération, dégradation, références, pertes brutes et précaution.
0.3 / 0.4 - Révisions après pilotes	Corrections méthodologiques ; calibration ; sous-protocoles spécialisés.	Revue indépendante des preuves issues des pilotes.
1.0 - Protocole consolidé	Base méthodologique approuvée pour un déploiement plus large.	Extension régionale / mondiale progressive.
Atlas Alpha / Bêta	Mise en -uvre spatiale publique avec enregistrements versionnés et mécanismes de révision.	Audit, correction et révision du protocole en continu.

La mise en oeuvre technique - bases de données, stockage en nuage, API, bibliothèques cartographiques et infrastructure de traitement - doit rester subordonnée à l'architecture méthodologique et à la gouvernance scientifique autonome. La technologie peut évoluer sans modifier le sens scientifique. Tout système doit préserver la provenance, le versionnement, l'incertitude, la séparation analytique des dimensions de l'Atlas et l'indépendance des décisions de publication.

Annexe A. Enregistrement minimal de l'Atlas

Les champs suivants constituent l'enregistrement conceptuel minimal pour toute classification substantielle de l'Atlas. Les couches spécialisées peuvent exiger des métadonnées supplémentaires.

Champ	Signification minimale
record_id	Identifiant unique pérenne.
geometry	Polygone, point, emprise raster ou unité spatiale référencée.
assessment_scale	Pixel, site, peuplement, complexe forestier, paysage, bassin versant, écorégion, etc.
ecosystem_context	Biome, écorégion, type d'écosystème / de forêt ; inclure le type d'écosystème naturel non forestier lorsqu'il est pertinent pour l'interprétation paysagère ou la sensibilité à l'afforestation.
historical_potential_distribution	Répartition historique, reconstituée ou écologiquement potentielle de l'écosystème lorsqu'elle est pertinente ; méthode, date et limites de reconstruction.
doctrine_version	Version exacte de la doctrine utilisée pour l'évaluation.
ecological_origin	Naturel, planté, mixte, inconnu ; preuves à l'appui.
ecological_classification	Catégorie écologique matérielle attribuée ou non déterminée.
primary_status	Primaire confirmé / primaire possible / non primaire / non déterminé. Le niveau de confiance probatoire et le statut de révision sont enregistrés séparément.
primary_status_history	Qualifications primaires antérieures, dates, preuves, révisions et liens.
historical_continuity	Continuité primaire, longue continuité, récupération secondaire, incertaine ; date la plus ancienne étayée.
ecological_naturalness	Naturalité actuelle et preuve correspondante.
integrity_status	Dimensions structurelle, biologique, écologique, paysagère et bioculturelle.
degradation_diagnosis	Non évalué / aucune dégradation détectée dans les dimensions évaluées / dégradation détectée / indéterminé. Le niveau de confiance probatoire est enregistré uniquement dans confidence_level.
degradation_intensity	Intensité écologique calibrée facultative : faible / modérée / élevée / sévère / proche d'un seuil / indéterminée, uniquement lorsqu'une gradation est justifiée par des critères propres au biome ou à l'écosystème ; jamais un code de confiance.
degradation_reference	Condition ou modèle de référence utilisé pour évaluer la perte d'intégrité et justification de sa sélection.
disturbance_origin	Naturelle / anthropique / mixte / indéterminée ; source et fondement.

Champ	Signification minimale
degradation_causality	Anthropique directe / processus naturel amplifié par les activités humaines / anthropique mixte / indéterminée / non applicable ; facteurs spécifiques lorsque les preuves le permettent. Une perturbation purement naturelle relevant du régime caractéristique n'est pas codée comme cause de dégradation.
cumulative_impacts	Pressions répétées ou interactives, chronologie, intervalles, étendue et preuves de chronicité ou d'effets composés.
risk_vulnerability	Exposition prospective, sensibilité, capacité adaptative, risque de seuil / point de bascule, réversibilité et temps probable de récupération lorsqu'ils sont pertinents ; preuves et échelle indiquées.
seral_state Stade séral précoce / intermédiaire / mature / tardif / mosaïque multi-séral / autre état adapté au biome / indéterminé ; preuves et échelle indiquées.	
old_growth_structure	Présence et preuve de structures anciennes / tardives.
intact_landscape_context	Contexte de paysage forestier intact ou degré de fragmentation.
condition_summary	Composition actuelle, structure, sols, eau, régénération, biodiversité.
management	Objectif, intensité, interventions, récurrence.
management_compatibility	Compatibilité de la finalité de gestion avec la catégorie écologique et le droit applicable.
disturbance_history	Type, origine, date, intensité, fréquence, durée, étendue spatiale, récurrence, intervalle entre événements.
disturbance_regime_compatibility	Compatibilité de la perturbation avec le régime caractéristique de l'écosystème.
biological_legacies	Arbres vivants ou morts, semences, propagules, sols, micro-organismes, champignons, refuges et structures conservés.
road_linear_infrastructure	Densité routière, superficie des noyaux sans route, intersections routes-cours d'eau, obstacles, changements d'accès et métriques de fragmentation lorsque cela est pertinent et valide à l'échelle considérée.
post_disturbance_extraction	Coupe de récupération ou autre extraction après perturbation naturelle ; date, emprise, autorisation, effets écologiques.
trajectory	Succession post-perturbation ; transition sérale ; maturation ; récupération lorsqu'elle est applicable ; stable ; déclinante ; conversion ; échec ; transition ; indéterminée.
recovery_from_condition	Utilisé seulement lorsque la récupération est applicable : perte / déficit matériel et condition ou rupture anthropique de continuité dont le système se remet ; cause, date, référence et preuves indiquées.
restoration_activity	Intervention / processus de restauration, date, objectif, méthodes, intensité ; ne constitue pas un résultat de récupération.
rehabilitation_activity	Actions rétablissant conditions physiques, fonctionnement ou services sans impliquer une récupération substantielle d'un écosystème indigène.
recovery_status Non applicable / aucune / amorcée / en progression / partielle / complète / indéterminée ; date et base probatoire.	
recovery_evidence	Preuves étayant la récupération relativement au modèle de référence.
recovery_debt Déficit cumulatif facultatif relativement à une référence défendable pendant dégradation et récupération ; méthode, horizon, incertitude ; jamais compensation et jamais attribué du seul fait d'un état séral naturel caractéristique.	
self_organization_status	Preuves que les attributs de l'écosystème continuent à évoluer vers le modèle de référence ; dépendance résiduelle à la gestion déclarée.
ser_attribute_assessment	Lorsque la restauration est évaluée, mise en correspondance facultative avec les six attributs clés SER ; ne remplace pas les dimensions propres à l'Atlas.
reference_model	État attendu de haute intégrité de l'écosystème indigène, justification, variabilité et hypothèses de changement environnemental.
reference_sites	Identifiants des sites de référence et autres sources probatoires utilisées pour construire le modèle.
gross_integrity_loss_record	Pertes substantielles d'intégrité enregistrées au lieu et au moment où elles surviennent ; récupération ou gains ultérieurs liés mais non compensés.
protected_succession_status	Aucun / proposé / désigné ou sécurisé / sous suivi / autre, avec fondement juridique ou de gouvernance le cas échéant ; conservé séparément de la classification écologique et de l'efficacité de la protection.
non_forest_ecosystem_context	Identité et état écologique des écosystèmes naturellement ouverts ou autres écosystèmes non forestiers pertinents ; ne pas les forcer dans une classe forestière.
afforestation_sensitivity	Preuves que l'établissement d'arbres peut être compatible, neutre, incertain ou écologiquement dommageable pour le système non forestier ; condition de référence, échelle et incertitude.
carbon	Champs pertinents relatifs aux stocks, flux, capacité, séquestration sacrifiée, permanence et risque.
carbon_debt	Déficit cumulatif facultatif de carbone ou charge atmosphérique supplémentaire dans le temps relativement à un scénario contrefactuel défendable après un événement de perte de carbone ; méthode, horizon, hypothèses, incertitude ; jamais une unité de compensation.
rights_governance	Tenure, droits, territoire, protection, gouvernance, classe de divulgation.
essential_human_needs_compatible_uses	Besoins humains essentiels et usages compatibles avec la catégorie écologique, les droits et la gouvernance applicable lorsque cela est pertinent.
decision_need	Protéger, restaurer, expertiser, reconnecter, suivre, réduire le risque ; production compatible seulement lorsque la catégorie et le droit le permettent.
decision_context	Décision, politique, projet ou usage auquel l'évaluation est destinée.
precautionary_alert	Signal de primarité possible ou autre besoin de précaution ; preuve et action scientifique recommandée.
commissioning_entity	Commanditaire de l'évaluation ou de l'étude.
funding_source	Source de financement et relation matérielle pertinente.
conflict_of_interest	Conflits déclarés par producteurs, évaluateurs et relecteurs.
applicable_legal_framework	Droit ou instrument juridique susceptible d'utiliser le résultat.
legal_effect_note	Absence d'effet juridique automatique ; enregistrer tout mécanisme d'examen ou de précaution.

Champ	Signification minimale
source_list	Sources de preuves primaires et secondaires.
method	Méthode d'acquisition et d'analyse.
uncertainty	Incertitude quantitative / qualitative.
confidence_level	Échelle provisoire CL0-CL4.
status_flag	EN VIGUEUR / PROVISoire / CONTESTÉ / EN COURS DE RÉVISION / REMPLACÉ / RETIRÉ.
assessment_date	Date de l'interprétation par l'Atlas.
protocol_version	Version du Protocole utilisée.
review_record	Relecteur / instance, date, conflits, décision.
version_links	Liens vers les enregistrements prédécesseurs / successeurs.

Annexe B. Matrice provisoire des niveaux de confiance

Cette matrice est volontairement générique dans la version 0.1.4. Des protocoles propres aux biomes pourront relever les exigences minimales pour certaines classifications. La matrice doit être testée au cours de la revue externe et de la mise en œuvre pilote.

Critère	CL0	CL1	CL2	CL3	CL4
Quantité de preuves	Aucune / inutilisable	Unique / limitée	Une forte ou plusieurs modérées	Multiples et complémentaires	Multiples + dossier de validation
Adéquation de la méthode	Inconnue / inadaptée	Partiellement pertinente	Généralement appropriée	Appropriée et calibrée	Validée pour l'usage déclaré
Échelle spatiale	Inadéquation non résolue	Inadéquation possible	Acceptable avec limitation	Bonne correspondance	Correspondance vérifiée
Pertinence temporelle	Inconnue / obsolète	Faible	Généralement pertinente	Actuelle / correctement reconstruite	Actuelle + revue
Convergence indépendante	Aucune	Limitée	Partielle	Forte	Forte + revue formelle
Incertitude	Non bornée	Élevée / mal bornée	Substantielle mais décrite	Bornée et documentée	Bornée + validation confirmant l'adéquation

Une classification ne peut être promue à un niveau de confiance supérieur au seul motif qu'une source de données possède une haute résolution. Le niveau de confiance dépend de l'adéquation à la question écologique, et non seulement de la précision technique.

Règle de normalisation. Le niveau de confiance exprime uniquement le soutien probatoire. Il ne doit jamais être utilisé comme état écologique, intensité de dégradation, catégorie de statut primaire, classe de risque ou statut de révision. PROVISoire et CONTESTÉ

La version 0.1.4 ne fixe aucun seuil universel permettant d'exclure une primarité possible ou de diagnostiquer une dégradation sévère dans une décision à forte conséquence. Une telle conclusion exige une revue renforcée, des preuves convergentes, une condition de référence explicite et une adéquation au contexte décisionnel.

Annexe C. Matrice des preuves par catégorie

Catégorie / descripteur	Preuves généralement requises	Preuves insuffisantes à elles seules
Forêt primaire	Régénération naturelle ; espèces indigènes ; processus écologiques et évolutifs naturels ; héritages biologiques ; régime caractéristique de perturbation ; continuité écologique ; historique des interventions et usages ; éléments écologiques actuels ; contexte paysager ; usages humains compatibles.	Apparence d'une vieille canopée ; hauteur ; biomasse ; âge ; canopée ouverte ou fermée ; superficie ; statut juridique ; plan de gestion ; présence humaine ; perturbation naturelle ; absence d'inventaire ou d'historique connu d'exploitation.
Très haute naturalité	Naturalité actuelle ; processus autonomes ; preuves historiques d'intervention limitée, ancienne ou incertaine ; modèle de référence approprié.	Faible intensité de gestion seule ; forte richesse spécifique seule ; proximité visuelle avec une forêt primaire.
Forêt secondaire	Rupture substantielle de continuité liée à une perturbation anthropique significative, une exploitation ou une conversion ; régénération naturelle ; processus forestiers actuels ; trajectoire de récupération lorsqu'elle est applicable.	Seuil d'âge ; gain de couvert ; incendie ou tempête naturels sans analyse du régime de perturbation.
Forêt de haute intégrité	Modèle de référence approprié ; composition, structure, processus, connectivité, stabilité, autonomie, capacité adaptative et cas échéant, dimension bioculturelle.	Carbone élevé, protection juridique ou canopée stable pris isolément.
Risque / vulnérabilité	Exposition prospective et voies de pression ; sensibilité ; capacité adaptative ; preuves de seuil ou de point de bascule ; réversibilité ; temps probable de récupération ; informations climatiques et de perturbation adaptées à l'échelle.	Dégradation actuelle seule ; carte de danger unique ; état présent ou score de confiance utilisé comme substitut de la vulnérabilité future.
Forêt de longue continuité	Sources historiques convergentes démontrant la persistance forestière et l'absence de conversion durable.	Âge des arbres ou présence actuelle d'une vieille structure.
État séral / développemental	Stade séral précoce, intermédiaire, mature, tardif ou mosaïque multi-sérale adapté au biome ; héritages biologiques ; contexte de perturbation ; trajectoire et compatibilité du régime.	État séral unique, état de canopée seul ou différence avec l'état mature antérieur.
Vieille forêt / old-growth structurel	Vieux et grands arbres, bois mort, cavités, étagement, microhabitats et autres structures tardives.	Ancienne apparence de canopée ou protection juridique seule.
Paysage forestier intact	Grande continuité, faible fragmentation industrielle, noyaux naturels, processus à grande échelle et contexte paysager.	Grande superficie ou couvert élevé sans analyse des infrastructures et usages.
Forêt naturelle dégradée	Origine naturelle plus détérioration anthropique documentée ou fortement étayée de l'intégrité relativement à une référence appropriée ; structure, fonctions, communautés biologiques, sols, hydrologie, connectivité, régénération, configuration paysagère ou impacts cumulatifs ; historique primaire conservé lorsqu'il est applicable.	Éclaircie de canopée seule ; faible biomasse seule ; perturbation naturelle sévère ; canopée stable seule.
Trajectoire de récupération	Applicabilité démontrée de la récupération ; perte ou déficit écologique matériel antérieur ; condition dont le système se remet au modèle / condition de référence ; séries temporelles d'attributs pertinents.	Gain de couvert, fermeture de canopée, désignation de projet, âge seul ou succession naturelle post-perturbation sans déficit démontré.
Forêt en restauration	Activité de restauration documentée + modèle de référence explicite d'un écosystème indigène + preuves / statut mesurable de la récupération + suivi et gestion adaptative.	Non du projet, budget, événement de plantation ou établissement de canopée seuls.
Plantation de production	Établissement planté ; objectif de production prédominant ; gestion ou récolte récurrente ; autonomie et structure contraintes.	Alignements réguliers seuls, notamment dans les jeunes plantations de restauration.
Agroforêt	Association intentionnelle arbres-cultures, pâturages ou élevage ; contexte de gestion et de moyens d'existence.	Présence d'arbres dispersés sur une terre agricole sans contexte de gestion.

Annexe D. Liste de contrôle pour l'évaluation des pilotes

- Les unités spatiales sont-elles écologiquement pertinentes et reproductibles ?
- Les catégories doctrinales et les descripteurs orthogonaux restent-ils distinguables avec les preuves disponibles ?
- Quelles variables peuvent être étayées par télédétection et lesquelles exigent des données de terrain ?
- Les niveaux de confiance produisent-ils des résultats cohérents entre relecteurs indépendants ?
- Le statut « non déterminé » apparaît-il lorsque les preuves sont réellement insuffisantes ?
- Le signal « primarité possible - évaluation indépendante requise » apparaît-il dans les cas appropriés ?
- La distinction primaire / secondaire résiste-t-elle aux incendies naturels, tempêtes, mosaïques sérales jeunes et canopées ouvertes ?
- Le protocole distingue-t-il une perturbation naturelle d'une dégradation sans utiliser la seule sévérité ?
- Les fragments primaires de petite superficie sont-ils évalués sans seuil administratif éliminatoire ?
- Les usages autochtones, traditionnels, culturels ou de subsistance compatibles sont-ils distingués des transformations intensives ?
- L'historique du statut primaire demeure-t-il visible après dégradation, exploitation illégale ou coupe de récupération ?
- L'absence d'inventaire ou de données est-elle empêchée de devenir une preuve d'absence de primarité ?
- Les modèles de référence sont-ils défendables, transparents et calibrés sur l'écosystème, avec identification des sites / preuves de référence lorsque cela est pertinent ?
- La référence de dégradation suit-elle la hiérarchie des conditions de référence ou tout écart justifié est-il expliqué ?
- Les indicateurs PCIV orientés vers la dégradation se comportent-ils différemment selon les biomes au point d'exiger des seuils régionaux ?

- Le Protocole distingue-t-il d'abord la succession post-perturbation / l'état séral caractéristique de la récupération puis, lorsque la récupération s'applique, identifie-t-il « récupération de quoi ? » en préservant l'historique causal pertinent ?
- Le diagnostic de dégradation, l'intensité calibrée de la dégradation et le niveau de confiance demeurent-ils distincts ?
- L'origine de la perturbation et la causalité de la dégradation demeurent-elles séparées, la perturbation purement naturelle relevant du régime étant exclue comme cause de dégradation ?
- Le risque et la vulnérabilité sont-ils représentés comme des dimensions prospectives distinctes de l'état actuel et de l'intégrité ?
- Les enregistrements de succession naturelle protégée sont-ils distincts de la classification écologique, de la protection juridique et de la protection effective ?
- Les écosystèmes non forestiers et la sensibilité à l'afforestation sont-ils représentés lorsque l'établissement inapproprié d'arbres pourrait causer un dommage ?
- Lorsque la dette de récupération ou la dette carbone est utilisée, la métrique est-elle transparente, limitée dans le temps, non compensatoire et étayée par une référence ou un scénario contrefactuel défendable ?
- Les pertes brutes d'intégrité demeurent-elles séparées de la récupération ultérieure, de la restauration, des gains de plantation ou des gains ailleurs ?
- La densité routière, la superficie des noyaux sans route, les intersections routes-cours d'eau et les métriques de fragmentation fonctionnent-elles aux échelles spatiales appropriées ?
- Les informations relatives aux droits et à la gouvernance peuvent-elles être traitées sans exposer des données sensibles ou contestées ?
- Les licences des sources peuvent-elles être respectées sans compromettre la transparence ?
- Les modifications des classifications sont-elles intégralement versionnées et auditable ?
- Une partie prenante peut-elle présenter une contestation et recevoir une décision motivée et traçable ?
- La séparation entre résultat scientifique et effet juridique est-elle comprise par les utilisateurs ?
- Les garanties d'indépendance fonctionnent-elles lorsque des intérêts économiques ou politiques importants sont en cause ?
- L'interface publique communique-t-elle l'incertitude sans submerger les utilisateurs ?
- Les règles de non-compensabilité et de pertes brutes sont-elles suffisamment claires pour prévenir des scores composites ou nets trompeurs ?
- Les jeux de données de terrain et de télédétection sont-ils alignés temporellement ?
- Quels sous-protocoles spécialisés manquent encore ?
- L'activité de restauration et le statut de récupération sont-ils enregistrés et communiqués séparément ?
- Les évaluations de restauration documentent-elles l'écosystème indigène, le modèle de référence, les preuves de récupération et l'auto-organisation lorsque cela est pertinent ?
- La mise en correspondance avec les six attributs SER améliore-t-elle l'interopérabilité sans remplacer les dimensions propres à l'Atlas ?

Annexe E. Registre des modifications et des révisions

Champ	Contenu requis
Enregistrement / version du protocole	Version faisant l'objet de la révision.
Version doctrinale	Version doctrinale utilisée dans l'évaluation contestée.
Question soulevée	Classification, méthode, seuil, source ou interprétation précise contestée.
Présenté par	Nom / institution / communauté ou référence confidentielle selon le cas.
Commanditaire / financement	Entité ayant commandé l'évaluation et sources de financement pertinentes.
Preuves soumises	Citation / jeu de données / relevé de terrain / document juridique / preuve communautaire.
Conflit d'intérêts	Déclarations des relecteurs et des parties matériellement impliquées.
Contexte décisionnel / juridique	Décision envisagée, cadre juridique applicable et conséquences possibles.
Effet sur l'historique primaire	Indiquer si la révision touche une qualification primaire antérieure et comment l'historique est préservé.
Effet sur l'enregistrement de dégradation / perte brute	Indiquer si la révision modifie un diagnostic de dégradation, la condition de référence, l'attribution causale ou un enregistrement antérieur de perte brute, et comment l'historique est préservé.
Parcours de révision	Technique, méthodologique, expert écologique, renforcé à forte conséquence ou pluraliste.
Décision	Confirmer / réviser / restreindre / suspendre / retirer / non résolu.
Motivation	Explication concise fondée sur les preuves.
Date d'effet	Date à laquelle le statut révisé prend effet.
Enregistrement remplacé	Identifiant et emplacement de l'archive conservée.

Références principales

Les références ci-dessous font partie du contexte méthodologique et scientifique à partir duquel la version 0.1.4 a été élaborée. La révision du 18 août 2026 utilise Gann et al. (2026) pour la terminologie de la restauration et l'interopérabilité ; celle du 24 août consolide l'intégrité et la dégradation ; celle du 25 août ajoute une consolidation ciblée de la succession, de l'état séral et des héritages biologiques à la suite de nouveaux échanges scientifiques critiques avec Dominick A. DellaSala et de l'examen de publications supplémentaires. Leur inclusion n'implique aucune approbation du présent Protocole par les auteurs ou institutions cités.

1. FAO. *Évaluation des ressources forestières mondiales 2025 ; FRA 2025, Termes et définitions.*
2. Chazdon, R. L., Brancalion, P. H. S., Laestadius, L., et al. (2016). « When Is a Forest a Forest? Forest Concepts and Definitions in the Era of Forest and Landscape Restoration. » *Ambio* 45, 538-550. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0772-y>
3. Kormos, C. F., Mackey, B., DellaSala, D. A., et al. (2017). « Primary Forests: Definition, Status and Future Prospects for Global Conservation. » *Encyclopedia of the Anthropocene*.
4. Brancalion, P. H. S., and Chazdon, R. L. (2017). « Beyond Hectares: Four Principles to Guide Reforestation in the Context of Tropical Forest and Landscape Restoration. » *Restoration Ecology* 25(4), 491-496. <https://doi.org/10.1111/rec.12519>
5. DellaSala, D. A., and Furnish, J. (2020). « Can Young-Growth Forests Save the Tongass Rainforest in Southeast Alaska? » *Encyclopedia of the World's Biomes*, Vol. 3, 218-225. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11685-9>
6. Grantham, H. S., Duncan, A., Evans, T. D., et al. (2020). « Anthropogenic Modification of Forests Means Only 40% of Remaining Forests Have High Ecosystem Integrity. » *Nature Communications* 11, 5978. <https://www.nature.com/articles/s41467-020-19493-3>
7. Rogers, B. M., Mackey, B., Shestakova, T. A., et al. (2022). « Using Ecosystem Integrity to Maximize Climate Mitigation and Minimize Risk in International Forest Policy. » *Frontiers in Forests and Global Change* 5, 929281. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.929281>
8. Mackey, B., Morgan, E., and Keith, H. (2024). « Evaluating Forest Landscape Management for Ecosystem Integrity. » *Landscape Research* 49(2), 246-267. <https://doi.org/10.1080/01426397.2023.2284938>
9. Mackey, B., Hugh, S., Norman, P., Rogers, B. M., and DellaSala, D. (2024). « Insights into Boreal Forest Disturbance from Canopy Stability Index. » *Land* 13, 1644. <https://doi.org/10.3390/land13101644>
10. Keith, H., et al. (2024). « Carbon Carrying Capacity in Primary Forests Shows Potential for Mitigation Achieving the European Green Deal 2030 Target. » *Communications Earth & Environment* 5, 256. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01416-5>
11. DellaSala, D. A., Mackey, B., Kormos, C. F., Young, V., Boan, J. J., Skene, J. L., Lindenmayer, D. B., Kun, Z., Selva, N., Malcolm, J. R., and Laurance, W. F. (2025). « Measuring Forest Degradation via Ecological-Integrity Indicators at Multiple Spatial Scales. » *Biological Conservation* 302, 110939. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110939>
12. Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., et al. (2026). « International Principles and Standards for the Practice of Ecological Restoration. Third Edition. » *Restoration Ecology* 34, e70441. <https://doi.org/10.1111/rec.70441>
13. Maron, M., Ward, M., Simmonds, J. S., et al. (2026). « Ecological Irreplaceability in the Era of Nature Positive. » *Conservation Letters* 19(4), e70073. <https://doi.org/10.1111/con4.70073>
14. UICN. *Typologie mondiale des écosystèmes.*
15. Nations Unies. *Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones.*
16. Convention sur la diversité biologique. *Cadre mondial de la biodiversité de Kunming-Montréal*, notamment les cibles 2, 3 et 22.

18. Déclaration universelle des droits de l'Arbre. Ce qu'est une forêt - et ce qui ne l'est pas - au regard de la Déclaration : classification mondiale des écosystèmes forestiers, protection des forêts primaires et programme de reconquête de la naturalité. Version révisée et consolidée du 25 août 2026.

19. Convention internationale des droits de l'Arbre. Édition de lecture consolidée du 14 août 2026.

20. DellaSala, D. A., Bond, M. L., Hanson, C. T., Hutto, R. L. et Odion, D. C. (2014). « Complex Early Seral Forests of the Sierra Nevada: What are They and How Can They Be Managed for Ecological Integrity? » *Natural Areas Journal* 34(3), 310-324. <https://doi.org/10.3375/043.034.0317>

21. DellaSala, D. A. (2020). « Fire-mediated Biological Legacies in Dry Forested Ecosystems of the Pacific Northwest, USA. » In *Disturbance Ecology and Biological Diversity*, chapitre 3, 63-78.

22. DellaSala, D. A. (2020). « Forest Biome: Trees of Life. » *Encyclopedia of the World's Biomes*, vol. 3, 1-15. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12007-X>

FIN DE LA VERSION 0.1.4

Le présent protocole de travail a vocation à être révisé à la suite d'une revue scientifique externe structurée et de tests pilotes. L'historique public des versions doit conserver toutes les modifications substantielles, les désaccords non résolus et les motifs de révision.