

RAPPORT MÉTHODOLOGIQUE

IDENTIFICATION DES ZONES DE HAUTE VALEUR POUR LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ PRIORITAIRES POUR LE REBOISEMENT DANS LE PARC NATIONAL DU MOYEN-BAFING

Novembre 2024

Présenté par

habitat
LA NATURE À L'ŒUVRE





HABITAT

Habitat est une entreprise de solutions environnementales fondée en 2017 (d'abord connue sous le nom d'Eco2urb) et basée à Montréal. Elle propose des solutions fondées sur la nature pour alimenter et propulser la transition écologique de sa clientèle, notamment dans un contexte de relance verte.

Habitat est née d'une mise en commun des expertises de trois laboratoires de pointe dans le domaine des sciences humaines et naturelles. À la tête de l'entreprise, on retrouve les professeurs Dupras, Gonzalez et Messier, tous reconnus à l'échelle internationale dans leurs domaines.

Au cours des dernières années, Habitat a catalysé la transition écologique d'une clientèle diversifiée. L'équipe collabore avec plusieurs universités, centres de recherche et organisations non gouvernementales afin de faciliter la mise en œuvre de travaux scientifiques reliés à l'écologie, la foresterie et l'aménagement du territoire. Elle propose des approches innovatrices et des stratégies environnementales à la fine pointe de la science.

L'équipe de scientifiques d'Habitat vous encadre dans la gestion durable des écosystèmes, dans la conservation de la biodiversité et dans la prise en compte des services rendus par vos infrastructures naturelles, en appliquant la meilleure science disponible.

Notre mission est d'accélérer votre transition écologique à l'aide de solutions ancrées dans la nature et la science.

habitat

LA NATURE À L'ŒUVRE



Remerciements :

Nous tenons à remercier l'équipe Femmes Pro-Forêts de UPA DI pour leur implication dans la coordination des activités de consultation réalisées en Guinée ainsi que pour leur contribution à la documentation des traits fonctionnels des arbres.

Nous remercions également tous les expert·e·s ayant pris part aux consultations réalisées.

Citation suggérée :

Habitat (2024). *Identification des zones de haute valeur pour la conservation de la biodiversité prioritaires pour le reboisement dans le parc national du Moyen-Bafing*, pour l'Union des producteurs agricoles – Développement international, 41 p.

Notes :

Ce document fait usage de l'orthographe rectifiée.



TABLE DES MATIÈRES

1. MISE EN CONTEXTE.....	6
1.1. Contexte général.....	6
2. CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DES SOLS.....	9
2.1. Approche mobilisée pour le projet.....	9
2.2. Développement du modèle et adaptation à la zone d'étude	9
2.3. Résultats obtenus par le modèle	11
3. IDENTIFICATION DES ZONES DE HAUTE VALEUR POUR LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ	14
3.1. Approche multicritère pour identifier les zones de haute valeur pour la conservation	14
3.2. Détermination de la richesse spécifique.....	16
3.2.1. Modéliser la distribution des espèces dans le parc	16
3.2.2. Calculer l'indice de richesse spécifique.....	18
3.3. Modélisation de la connectivité écologique	21
3.3.1. Comprendre le modèle de connectivité écologique	21
3.3.2. Choisir un ensemble d'espèces représentatives.....	21
3.3.3. Implémenter le modèle pour les espèces choisies	22
3.4. Identification des zones d'importance pour la conservation de la biodiversité à l'aide d'une analyse multicritère.....	25
4. IDENTIFICATION DE SITES PRIORITAIRES POUR LA REFORESTATION	26
4.1. Identification de sites potentiels pour la reforestation.....	26
4.2. Priorisation des sites pour la reforestation	28
5. RECOMMANDATIONS.....	30
6. CONCLUSION	31
ANNEXE 1 – Jeux de données publics utilisés	32
ANNEXE 2 – Espèces retenues pour calculer l'indice de richesse spécifique	34
ANNEXE 3 – Sites prioritaires pour la reforestation par zone de gestion.....	36



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Activités concernées par les résultats produits, selon le modèle logique développé par UPA-DI.....	7
Tableau 2. Association entre les écosystèmes observables sur le terrain et les classes d'occupation des sols identifiables grâce au modèle développé.....	11
Tableau 3. Répartition de l'occupation des sols du parc national du Moyen-Bafing selon un modèle de classification non supervisée et des données complémentaires* (issues des sources de données mentionnées à l'Annexe 1).	12
Tableau 4. Espèces représentantes sélectionnées pour l'analyse de connectivité.....	22
Tableau 5. Critères utilisés pour identifier les zones d'importance pour la conservation de la biodiversité	25
Tableau 6. Superficies de forêts perdues par zone du PNMB.....	28
Tableau 7. Définition des classes de priorité des sites pour la reforestation	29
Tableau 8. Répartition des sites prioritaires pour la reforestation.....	29
Tableau 9. Données utilisées pour réaliser la classification de l'occupation des sols dans le parc national du Moyen-Bafing.....	32
Tableau 10. Espèces pour lesquelles des modèles de distribution ont été produits et qui ont été retenues pour le calcul de l'indice de richesse spécifique	34

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Région d'étude englobant les bassins versants superposant le parc national du Moyen-Bafing.	8
Figure 2. Cartographie de l'occupation des sols du parc national du Moyen-Bafing (PNMB). ..	13
Figure 3. Exemple de modèle de distribution obtenu pour le chimpanzé d'Afrique de l'Ouest.	17
Figure 4. Exemple d'aire de distribution modélisée, selon une probabilité de présence minimale de 60%.	19
Figure 5. Richesse spécifique de la faune dans le parc national du Moyen-Bafing.	20
Figure 6. Importance des milieux naturels pour la connectivité dans le parc national du Moyen-Bafing.	24
Figure 7. Exemple des pertes forestières identifiées pour la zone de gestion de Keyla.....	27
Figure 8. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Darah.....	36
Figure 9. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Kalinko.....	37
Figure 10. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Kansangui.	38
Figure 11. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Keyla.....	39
Figure 12. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Kollet.	40
Figure 13. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Laffa boubhe.....	41
Figure 14. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Ndireyanguéya..	42
Figure 15. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Taybata.	43



1. MISE EN CONTEXTE

1.1. Contexte général

Le projet Femmes pro-Forêts, mené par l'Union des producteurs agricoles - Développement international (UPA DI) en collaboration avec la Chaire de recherche du Canada en écologie écologique (CRCEE), est un projet financé par Affaires mondiales Canada (AMC), qui se déroule sur trois ans, en Guinée. Le projet vise l'adaptation aux changements climatiques au bénéfice des femmes et jeunes femmes vulnérables et leur famille, dans le parc national du Moyen-Bafing (PNMB), notamment grâce à l'adoption accrue de solutions fondées sur la nature (SfN). En plus de soutenir la biodiversité forestière du parc et du paysage élargi, les SfN ont comme objectif de contribuer de manière durable à l'amélioration des services écosystémiques pour lutter contre les menaces directement liées aux changements climatiques dans la région (ou les atténuer) et de créer des opportunités économiques pour les femmes/jeunes femmes et leur famille.

Le PNMB est officiellement devenu un parc national en 2021. La région soutient une des plus grandes populations de chimpanzés de l'ouest (*Pan troglodytes verus*) en Afrique de l'Ouest. Ce parc est habité par 405 villages¹ qui pratiquent des systèmes de cultures itinérantes en forêt, utilisant des feux pour ouvrir et débroussailler les sites pour l'agriculture et le bétail. En raison de ces activités, le couvert forestier a diminué de manière significative dans les dernières années. Le parc se situe en bordure du Sahel, où l'on retrouve des écosystèmes forestiers dynamiques et vulnérables à des transitions vers les systèmes de savanes. En parallèle, la région est un château d'eau pour les paysages de l'Afrique de l'Ouest et constitue la tête de source de la rivière Bafing qui forme l'origine de la rivière Sénégal, dont la population sénégalaise dépend fortement pour l'approvisionnement en eau. Cependant, comme d'autres régions du monde, le PNMB est confronté aux impacts des changements climatiques, particulièrement les sécheresses et le tarissement des cours d'eau. Pour lutter contre ces impacts et rétablir le couvert forestier dans le parc au bénéfice de la biodiversité et des populations résidentes, le projet Femmes pro-Forêts vise l'implantation de plusieurs SfN axées sur la reforestation et la restauration des milieux forestiers.

Reconnue pour ses expertises en écologie forestière et en biodiversité, Habitat met à disposition son savoir-faire dans les domaines scientifiques et analytiques pour développer des outils permettant d'informer les décisions liées au soutien de la biodiversité dans le PNMB et fournir des conseils relatifs aux activités de reforestation et restauration. Lors de la première année du projet Femmes pro-Forêts, les activités réalisées par Habitat et abordées dans ce rapport visaient notamment à :

1. Créer une cartographie de l'occupation des sols adaptée aux analyses subséquentes réalisées dans le cadre du projet ;
2. Identifier les zones de haute valeur pour la conservation de la biodiversité ;
3. Faire des recommandations sur les sites les plus prioritaires pour la reforestation en se basant sur les zones de haute valeur pour la conservation de la biodiversité.

Lors de la prochaine année du projet, Habitat aura comme objectif d'identifier les sites prioritaires pour l'implantation de solutions fondées sur la nature (SfN) afin d'améliorer les services écosystémiques d'approvisionnement des eaux souterraines, de contrôle de l'érosion et de pollinisation. Les activités² concernées par ce rapport sont présentées au **Tableau 1**.

¹ WCF (Wild Chimpanzee Foundation), 'Création Du Parc National Du Moyen-Bafing - Plan d'Action 2018-2020', 2018.

² Selon les activités du modèle logique développé par UPA DI pour la planification du projet Femmes pro-Forêts.



Tableau 1. Activités concernées par les résultats produits, selon le modèle logique développé par UPA-DI.

RÉSULTAT INTERMÉDIAIRE	1100. Adoption accrue des SfN d'adaptation aux changements climatiques (ACC) soutenant la biodiversité forestière par les parties prenantes du PNMB au bénéfice des femmes et jeunes femmes (F/JF) vulnérables et leur famille.
RÉSULTAT IMMÉDIAT	<p>1110. Connaissances accrues des parties prenantes du PNMB, et ses zones tampons, sur les SfN d'ACC répondant aux besoins et intérêts des F/JF et soutenant la biodiversité des écosystèmes forestiers.</p> <p>1120. Capacités accrues des communautés vulnérables au PNMB à mettre en œuvre des SfN d'ACC soutenant la biodiversité des écosystèmes forestiers au bénéfice des F/JF.</p>
EXTRANTS	<p>1111. Études réalisées sur l'identification des zones de haute valeur pour la biodiversité forestière du PNMB et les SfN d'ACC en particulier pour les F/JF.</p> <p>1122. Programmes communautaires de reforestation/restauration des corridors et habitats forestiers des zones de haute valeur pour la biodiversité du PNMB et/ou à haut potentiel pour les SfN d'ACC.</p>
ACTIVITÉS	<p>1111.1 Mettre à jour la cartographie des zones de haute valeur pour la biodiversité du PNMB à restaurer/conservé pour renforcer la biodiversité forestière et la connectivité des habitats.</p> <p>Résultats associés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cartographie de l'occupation des sols (résultat intermédiaire) • Cartographie des zones d'importance pour la connectivité écologique (résultat intermédiaire) • Cartographie de la richesse spécifique faunique (résultat intermédiaire) • Cartographie des zones de haute valeur pour la biodiversité (résultat principal) <p>1122.3.1 Identifier les sites à reforester/régénérer</p> <p>Résultats associés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cartographie de l'occupation des sols (résultat intermédiaire) • Cartographie des pertes forestières • Cartographie des sites de perte forestière prioritaires pour le reboisement afin de renforcer la biodiversité forestière (résultat principal)

Cette étude a été réalisée pour l'ensemble du PNMB. Cependant, certaines analyses subséquentes liées aux services écosystémiques exigeront d'étendre la zone d'étude à l'ensemble des bassins versants recouvrant la zone d'étude. Nous avons donc également réalisé la présente étude pour la zone d'étude élargie. Ainsi, bien que les cartes présentées dans cette étude aient été restreintes aux limites du PNMB, des sites déforestés et prioritaires pour la reforestation ont également été identifiés en périphérie du parc, dans les limites des bassins versants couvrant le parc.

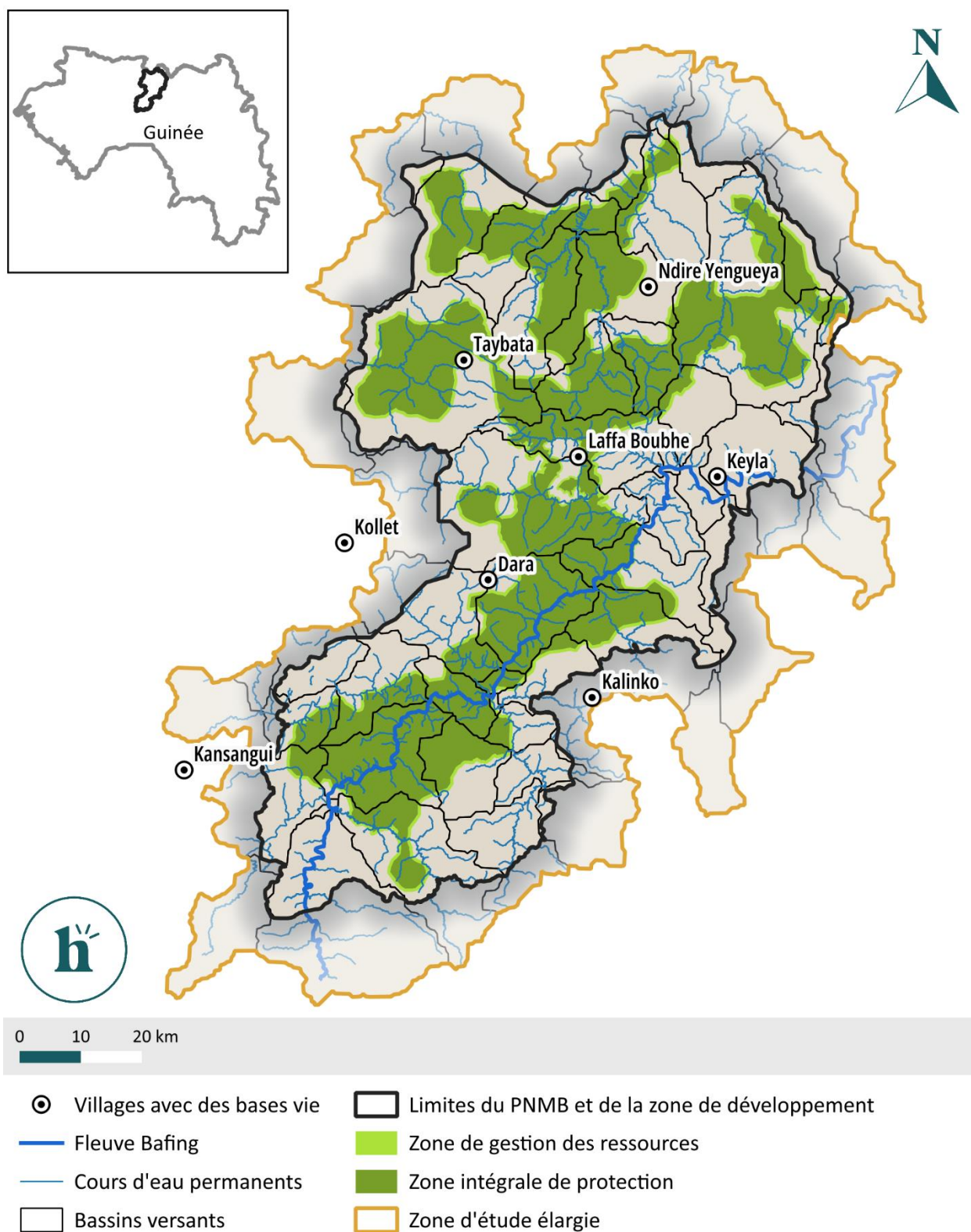


Figure 1. Région d'étude englobant les bassins versants superposant le parc national du Moyen-Bafing.



2. CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DES SOLS

Le développement d'une cartographie de l'occupation des sols dans le parc est une étape essentielle à la réalisation de plusieurs activités de la composante 1100. Il s'agit d'une base permettant d'évaluer la connectivité écologique du parc, de délimiter les sites potentiels pour l'adoption de SfN et d'éventuellement spatialiser la répartition de l'approvisionnement en services écosystémiques.

Bien que des données globales existent déjà dans la sphère publique pour caractériser l'occupation des sols, différentes raisons justifient la pertinence de développer notre propre cartographie. Tout d'abord, les données géomatiques à l'échelle globale ont été créées pour répondre à un besoin de standardisation et d'harmonisation mondiale, ce qui implique que les classes utilisées pour ces produits ont été créées pour être applicables à grande échelle et pour des territoires très différents. En effet, afin d'arriver à un système de classification uniforme à l'échelle globale, les classes sont nécessairement simplifiées et regroupent une quantité importante d'écosystèmes. Ces classes sont le plus souvent basées sur le système de classification des territoires des Nations-Unies.

Lorsqu'on travaille dans un contexte local, ces produits de couverture et utilisation des sols ne représentent pas correctement les types de couvertures terrestres locaux, ou peuvent être trop simplifiés. Dans le cas du parc national du Moyen-Bafing, la structure végétale est complexe, et selon nos observations, elle est peu adaptée et n'est pas correctement représentée par les produits globaux. De plus, ces produits ne reposent pas sur une classification qui soit forcément alignée entre eux et avec les objectifs de nos analyses. Par exemple, si on compare deux produits globaux, la classe forêt du produit ESA WorldCover montrera une distribution différente des forêts par rapport à la classe forêt du produit de couverture terrestre de l'Impact Observatory. C'est pourquoi nous avons décidé de créer notre propre carte d'occupation des sols plus adéquate à l'échelle locale pour améliorer la performance de tous les travaux dérivés.

2.1. Approche mobilisée pour le projet

Pour créer une cartographie de l'occupation des sols, nous avons généré un modèle de classification non supervisée, principalement à partir d'images satellitaires de Sentinel-2, pour obtenir une classification de l'occupation actuelle des sols du PNMB permettant de distinguer les gradients de végétation sur le territoire.

Le modèle de classification utilisé, appelé *classification non supervisée*, est une approche d'apprentissage machine (*machine learning*) dans laquelle l'algorithme regroupe des données en fonction de propriétés ou de statistiques communes. Dans le cas de la création d'une couche d'occupation des sols, ce sont les pixels d'images satellitaires (caractérisés par leur réflectance spectrale) et de produits dérivés d'images satellitaires qui sont utilisés pour faire les regroupements. Le résultat de ce type de classification est une couche matricielle, où chaque pixel appartient à un groupe et où chaque groupe correspond à une occupation des sols. La classe associée à chaque groupe est ensuite déterminée par photo-interprétation ou par validation terrain.

2.2. Développement du modèle et adaptation à la zone d'étude

Pour développer un modèle de classification des sols, il était important de déterminer quelles étaient les classes que l'on cherchait à distinguer dans le PNMB. Pour ce faire, deux missions terrain ont été effectuées dans le parc afin de permettre aux analystes d'Habitat de se



familiariser avec les paysages et les écosystèmes locaux. Nous avons ainsi identifié différents gradients de végétation pouvant être identifiés par télédétection et étant prioritaires à distinguer dans nos analyses. Les classes déterminées sont les suivantes : sols nus, savanes, zones arbustives ou arbustaies, forêts clairsemées, ainsi que les forêts-galeries (une formation forestière plus dense associée à des cours d'eau).

Puis, pour permettre à l'algorithme de classification non supervisée de regrouper avec précision les pixels en classes de végétation, nous avons identifié diverses variables et indices spectraux aidant à différencier les classes visées. Ces variables et indices sont utilisés par le modèle pour caractériser chaque pixel et ensuite les regrouper selon leurs caractéristiques communes. Par exemple, l'utilisation de l'indice spectral NDVI³ permet de différencier avec précision la végétation dense des sols nus. En ajoutant la variable de la pente, il est ensuite possible de différencier la végétation dense sur les pentes abruptes de celles sur les terrains plats. Après avoir testé plusieurs combinaisons de variables et indices, nous avons retenu un modèle avec 10 variables pertinentes pour caractériser le paysage du PNMB, soit la hauteur de la canopée, l'altitude, la pente, le carbone et le pH du sol, ainsi que divers indices spectraux dérivés de l'imagerie Sentinel-2 (Annexe 1). Nous estimons que la hauteur de la canopée est l'une des variables les plus importantes pour distinguer les classes de végétation d'intérêt, combinée aux images Sentinel-2 et à la pente. Cependant, la couche de hauteur de la canopée n'était disponible qu'en 2020, ce qui a limité notre analyse à cette année-là. Pour calculer les indices spectraux liés à la caractérisation de la végétation, nous avons utilisé des images prises lors de deux périodes différentes (la saison sèche et la saison des pluies) afin de prendre en compte les changements phénologiques du paysage.

Le paysage du PNMB n'est toutefois pas uniquement composé des classes de végétation visées par le modèle. Nous avons identifié 4 classes supplémentaires présentes dans le PNMB : les cours d'eau, les milieux humides, les bâtiments et les cultures agricoles. Cependant, le fait de forcer un modèle à se concentrer sur de nombreuses classes d'occupation des sols peut conduire à des résultats indésirables et moins précis. En raison de la complexité du paysage naturel à l'intérieur du parc, nous voulions que le modèle se concentre sur la distinction entre les classes d'occupation des sols prioritaires (écosystèmes liés au gradient de végétation), et non sur les classes pour lesquelles des délimitations étaient disponibles via d'autres sources de données, soient les cours d'eau, les milieux humides, les bâtiments et les cultures agricoles précédemment évoqués. Ainsi, nous avons masqué les pixels associés à ces 4 classes non prioritaires pour réduire la complexité du paysage.

Les résultats préliminaires ont montré que le nombre de classes optimal pour illustrer le mieux les occupations de sol d'intérêt (classes de forêt et savanes) dans notre paysage était de 6. Ces classes ont ensuite pu être nommées par photo-interprétation et à l'aide d'une validation terrain. Il est important de spécifier que les classes identifiées par imagerie satellitaire reposent nécessairement sur des caractéristiques de l'occupation des sols pouvant être perçues et distinguées par imagerie satellitaire, pour la résolution d'images disponibles. Par exemple, il n'y a pas d'information sur ce qui se cache sous la canopée. Ainsi, toutes les forêts avec un couvert et une hauteur de végétation similaires sont regroupées au sein de la même classe, sauf si certaines caractéristiques identifiables par imagerie les distinguent, comme la pente. C'est d'ailleurs ce qui a permis de distinguer les forêts-galeries des autres types de forêts. Une fois les 6 classes créées et nommées, nous avons pu réintégrer les délimitations de cultures, les bâtiments, les milieux humides et les cours d'eau dans notre couche d'occupation des sols. Cette approche nous a permis de distinguer et spatialiser 10 classes d'occupation des sols (**Tableau 3**).

³ *Normalized Difference Vegetation Index*. Il s'agit d'un indice spectral calculé à partir d'images satellites permettant d'estimer la biomasse relative de végétation des pixels de l'image.



2.3. Résultats obtenus par le modèle

Des 10 classes d'occupation des sols distinguées, la classe la plus représentée, avec une occupation de 35% du territoire, est constituée des arbustaies (qui regroupe les jachères, les savanes herbeuses et les savanes arborées, selon un échantillonnage réalisé lors d'une visite terrain par le bureau local d'UPA DI), suivie de près par les forêts clairsemées (regroupant les forêts claires et les forêts denses sèches), qui occupent 26% du territoire. Certains types d'habitats ou d'écosystèmes se présentent de manière très similaire lorsque observés du ciel ou de l'espace par des capteurs optiques et ne peuvent être distingués que par des visites terrain ou en combinaison avec d'autres critères (ex. distance à un cours d'eau dans le cas des forêts galerie vs les forêts denses humides). C'est pourquoi certaines classes regroupent différents écosystèmes distinguables sur le terrain.

Pour identifier les écosystèmes associés à chaque classe d'occupation des sols identifiée par notre modèle, une campagne terrain a été réalisée. L'objectif était d'identifier les écosystèmes présents à différents points GPS dans le parc afin de couvrir toutes les classes d'occupation des sols de notre modèle. Nous avons ainsi pu associer les écosystèmes aux classes de notre modèle (**Tableau 2**) tout en validant le résultat obtenu par le modèle. De manière générale, nous observons d'occasionnelles confusions du modèle pour classer certains écosystèmes de transition. Par exemple, une savane arborée est parfois classée comme une forêt clairsemée, même si de manière générale on les retrouve au sein de la classe *Arbustaies*. Nous jugeons toutefois que cette marge d'erreur n'a pas d'impact majeur sur les analyses subséquentes et que la classification réalisée reste plus précise et mieux adaptée à nos besoins que les autres classifications globales disponibles. Afin de réaliser un modèle plus précis, il serait nécessaire de procéder à une campagne terrain beaucoup plus importante pour collecter des points GPS associés à des classes d'occupation des sols. En raison des coûts importants associés à une telle campagne, cette option a été exclue, d'autant plus que la classification actuelle était suffisante pour répondre aux besoins du projet.

Tableau 2. Association entre les écosystèmes observables sur le terrain et les classes d'occupation des sols identifiables grâce au modèle développé.

CLASSES D'OCCUPATION DES SOLS	ÉCOSYSTÈMES ASSOCIÉS
Forêt-galerie	Forêt-galerie Forêt dense humide
Forêt clairsemée	Forêt dense sèche Forêt claire
Arbustaie	Savane arborée Savane arbustive Jachère
Savane	Savane herbeuse

De manière générale, les forêts-galeries longent les cours d'eau. Cette classe regroupe également les forêts denses humides, que l'on retrouve en plus grande abondance au sud du PNMB. C'est également au sud que l'on retrouve une proportion plus grande de forêts clairsemées, alors que le nord est principalement composé d'arbustaies (qui regroupent les



savanes arborées, les savanes arbustives et les jachères). Les zones assimilables à des zones de brulis se retrouvent quant à elles davantage dans la zone de développement, surtout au centre ouest du parc et au nord-est, mais le modèle a également détecté des brulis à l'intérieur de la zone intégrale de protection. Il s'agit de bowé ou d'écosystèmes potentiellement dégradés (ex. dû à des feux), même s'il n'est pas possible de connaître la nature exacte de ces zones sans procéder à une visite terrain. Il s'agit, dans tous les cas, de zones peu attrayantes pour la biodiversité et susceptibles d'être associées à de plus faibles SE que les savanes, arbustaies et forêts.

Tableau 3. Répartition de l'occupation des sols du parc national du Moyen-Bafing selon un modèle de classification non supervisée et des données complémentaires* (issues des sources de données mentionnées à l'Annexe 1).

OCCUPATION DES SOLS	SUPERFICIE (KM ²)	SUPERFICIE (HA)	SUPERFICIE RELATIVE (%)
Bâtiment*	5	535	0,1
Culture*	36	3 555	0,5
Eau*	48	4 757	0,7
Milieu humide*	1	109	0,0
Brulis	987	98 743	14,6
Sol nu	2	164	0,0
Forêt clairsemée	1 755	175 507	26,0
Arbustaie	2 381	238 126	35,2
Savane	415	41 465	6,1
Forêt-galerie	1 132	113 156	16,7
TOTAL	6 761	676 117	100,0

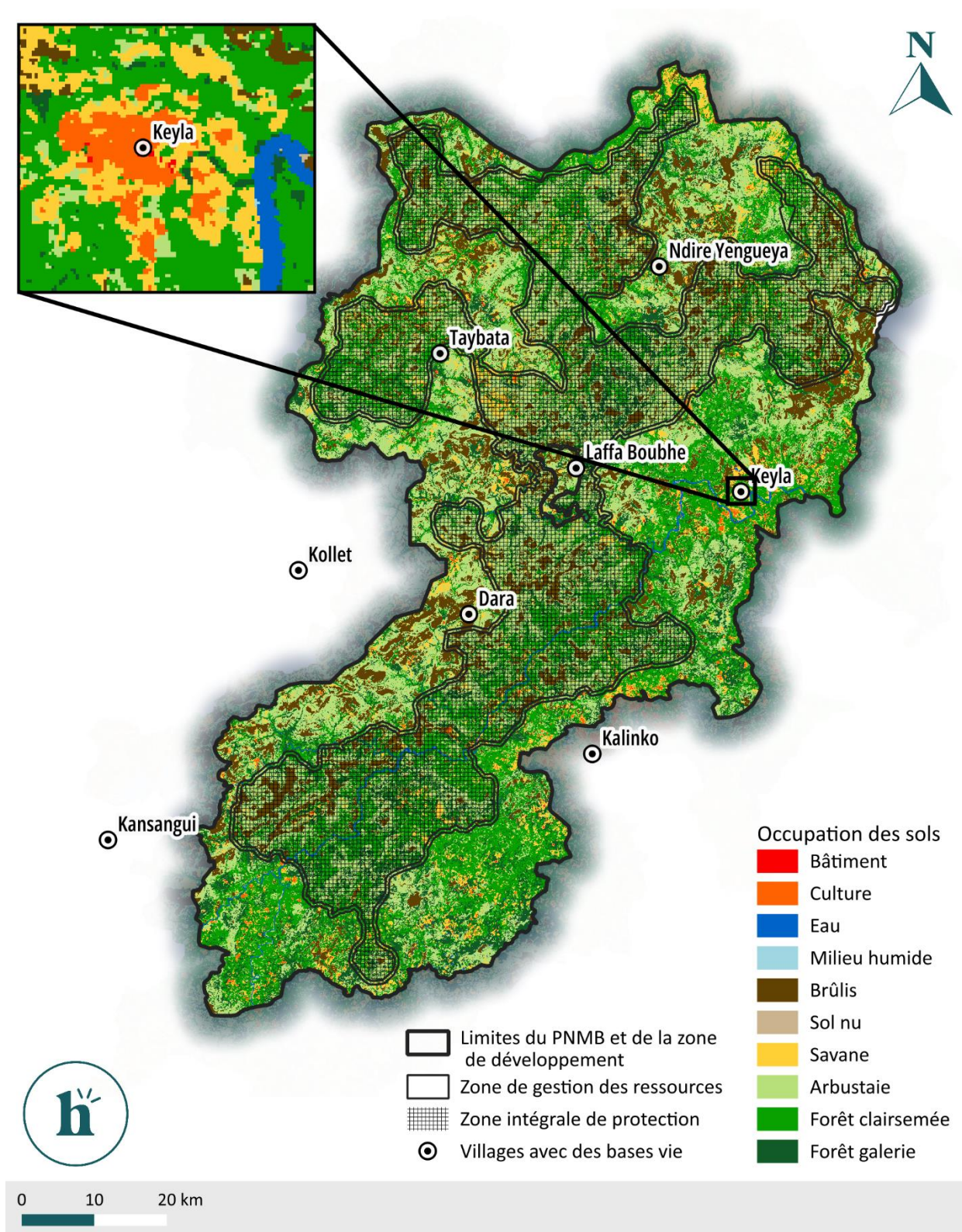


Figure 2. Cartographie de l'occupation des sols du parc national du Moyen-Bafing (PNMB).



3. IDENTIFICATION DES ZONES DE HAUTE VALEUR POUR LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ

L'un des résultats intermédiaires visés par ce projet est l'adoption accrue de solutions fondées sur la nature d'adaptation aux changements climatiques soutenant la biodiversité forestière au bénéfice des femmes et jeunes femmes vulnérables et leur famille (**Tableau 1**). Pour y parvenir, il était nécessaire de mener une étude pour identifier les zones de haute valeur pour la conservation de la biodiversité forestière afin d'implanter des SfN visant à renforcer la biodiversité forestière, comme la mise en défens ou la reforestation.

3.1. Approche multicritère pour identifier les zones de haute valeur pour la conservation

L'approche développée pour identifier les zones de haute valeur pour la conservation de la biodiversité forestière repose sur une approche multicritère qui vise à valoriser l'importance des milieux naturels en fonction de leur capacité à soutenir la diversité faunique. L'objectif était ainsi de développer une analyse basée sur des critères écologiques permettant, d'une part, d'identifier les points chauds de biodiversité à conserver et, d'autre part, d'identifier les secteurs les plus enclins à donner des résultats concluants en termes de succès des plantations pour la reforestation. Certaines plantations réalisées dans le parc par le passé ont en effet présenté des résultats variables. Pour tenter de réduire ces enjeux pour le présent projet, nous incluons dès le départ des critères que nous jugeons importants pour maximiser les chances de succès des actions de reforestation afin d'obtenir des bénéfices pour la conservation de la biodiversité.

Cinq critères ont ainsi été sélectionnés sur la base des données disponibles et des commentaires récoltés lors d'un atelier de restitution qui s'est déroulé en mai 2024 avec des expert·e·s régionaux et les parties prenantes du PNMB.

Critère 1 : Richesse spécifique

La richesse spécifique est un paramètre qui permet de quantifier le nombre d'espèces retrouvées dans un endroit donné. Il permet ainsi de comparer les secteurs du parc en fonction de leur niveau de biodiversité pour les taxons considérés. Ainsi, plus une zone est associée à un haut niveau de richesse spécifique, plus elle est prioritaire pour la conservation.

Critère 2 : Importance pour la connectivité écologique

Dans un paysage, tel que celui du PNMB, les espèces fauniques vivent et se reproduisent dans des habitats spécifiques qui répondent à leurs besoins en termes de ressources et de taille. La fragmentation de ces habitats, par les activités humaines ou à cause des effets des changements globaux, peut réduire leur taille, leur qualité et leur facilité d'accès.

Plusieurs études montrent l'importance de maintenir et d'améliorer la connectivité écologique pour soutenir la biodiversité, favoriser la résilience des milieux naturels face aux changements globaux et continuer à bénéficier des services écosystémiques qu'ils fournissent (ex. Gonzalez et collab., 2017; Mitchell et collab., 2015). C'est pourquoi le renforcement de la connectivité écologique est intrinsèquement lié à la biodiversité forestière et a lui-même le potentiel de renforcer plusieurs objectifs du projet. Ainsi, plus une



zone est favorable à la connectivité écologique pour plusieurs espèces, plus elle est prioritaire pour la conservation.

Critère 3 : Proximité des cours d'eau

Les écosystèmes riverains sont associés à d'importants bénéfices pour la biodiversité et pour l'approvisionnement en services écosystémiques. Les forêts riveraines, à proximité de cours d'eau, permettent un accès à l'eau pour les espèces fauniques forestières, alors que la ressource en eau peut être limitante lors des périodes de sécheresse. L'importance de ce critère avait d'ailleurs été soulevée par des expert·e·s de la région du parc et les parties prenantes du PNMB lors d'un atelier de restitution réalisé en mai 2024. Cet atelier de restitution avait également soulevé la volonté de prioriser la reforestation des forêts-galeries, qui sont situées en bordure des cours d'eau. De plus, la proximité des cours d'eau permanents peut favoriser le succès des plantations, car ces milieux ont souvent une nappe phréatique moins profonde, en plus de réduire le temps de marche nécessaire pour l'approvisionnement en eau pour l'arrosage.

Critère 4 : Fertilité des sols

Le carbone organique du sol est lié à la quantité de matière organique qui s'y trouve. Cette matière organique fournit des nutriments au sol et aide également à retenir l'eau plus longtemps⁴. De nombreux sols tropicaux sont très altérés et ont une faible quantité de carbone organique, ce qui limite leur productivité, en plus de se drainer rapidement, ce qui favorise des sols plus secs. Les sols riches en carbone organique, et donc en matière organique, ont tendance à être plus fertiles⁵ et ainsi être plus productifs en favorisant une croissance plus rapide de la végétation. Les sols qui séquestrent plus de carbone organique sont ainsi associés à de nombreux bénéfices liés à la biodiversité, comme la production de biomasse, le stockage et le cyclage des nutriments, la rétention d'eau, la stabilisation de la température du sol et le maintien de la biodiversité⁶. Par ailleurs, la fertilité des sols et une meilleure rétention de l'eau sont susceptibles de mener à un meilleur succès des plantations, ce qui est favorable d'un point de vue de la biodiversité pour assurer le rétablissement rapide d'un couvert forestier.

Critère 5 : Précipitations lors de la période la plus sèche de l'année

Les sécheresses constituent un aléa climatique important à considérer afin d'assurer la survie de plantation, surtout dans le contexte des changements climatiques. C'est pourquoi les zones avec le plus de précipitations lors de la période la plus sèche de l'année constituent des secteurs prioritaires pour les actions de reforestation dans une optique de conservation de la biodiversité et de gestion des risques.

Différentes stratégies ont été mobilisées pour calculer ces critères. La richesse spécifique et la connectivité ont fait l'objet de modélisations basées sur des données d'observations fauniques dans le parc. Ces méthodologies sont présentées aux sections 3.2. et 3.3. La

⁴ E. Marks *et al.*, « Conservation of soil organic carbon, biodiversity and the provision of other ecosystem services along climatic gradients in West Africa », 2009.

⁵ Wafa E. Abaker *et al.*, « Linkages between soil carbon, soil fertility and nitrogen fixation in *Acacia senegal* plantations of varying age in Sudan », *PeerJ*, 6, (2018), p. e5232 ; Karolien Denef et Koen Oorts, « Soil Organic Matter and Soil Fertility », *Sustaining Soil Fertility in West Africa*, Madison, États-Unis, 2001 ; H. Tiessen, E. Cuevas, et P. Chacon, « The role of soil organic matter in sustaining soil fertility », *Nature*, 371, 6500 (1994), p. 783-785.

⁶ E. Marks *et al.*, *op. cit.*, 2009.



proximité des cours d'eau permanents a été calculée à partir de données de la base de données de la WCF. Le carbone dans le sol⁷ et les précipitations⁸ ont été extraits de jeux de données publics.

3.2. Détermination de la richesse spécifique

3.2.1. Modéliser la distribution des espèces dans le parc

Les modèles de distribution d'espèces permettent d'estimer la distribution d'une espèce dans le paysage basé sur les caractéristiques environnementales, comme la distance aux forêts, la distance à un cours d'eau ou l'élévation. Plus précisément, le modèle permet d'identifier les caractéristiques du paysage qui influencent le plus l'observation d'une espèce sur le terrain, puis de prédire sa distribution dans le paysage en fonction des caractéristiques identifiées. Ce type de modèle dépend donc d'observations terrain des espèces ciblées ainsi que sur des données renseignant sur les caractéristiques du paysage.

Les observations terrain ont été fournies par le *Moyen-Bafing Offset Project* (MBOP). Celles-ci proviennent des bases de données de la WCF qui a procédé à l'installation de pièges caméras dans le parc. Ces données ont été triées afin de ne retenir que les espèces sauvages qui ont été observées sur au moins 30% de la superficie du parc, permettant ainsi d'assurer un nombre suffisant d'observations et une bonne répartition spatiale de ces observations dans le parc. Seules les espèces ayant été retenues suite à ce tri et ayant mené à des modèles de distribution statistiquement adéquats ont été sélectionnées pour l'analyse de richesse spécifique, soit 43 espèces au total (Annexe 2).

⁷ Hengl, T. et al. (2021) African soil properties and nutrients mapped at 30 m spatial resolution using two-scale ensemble machine learning. *Scientific Reports*, vol. 11, n°1, p. 6130.

⁸ Karger, D.N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R.W., Zimmermann, N.E., Linder, P., Kessler, M. (2017). Climatologies at high resolution for the Earth land surface areas. *Scientific Data*. 4 170122. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>

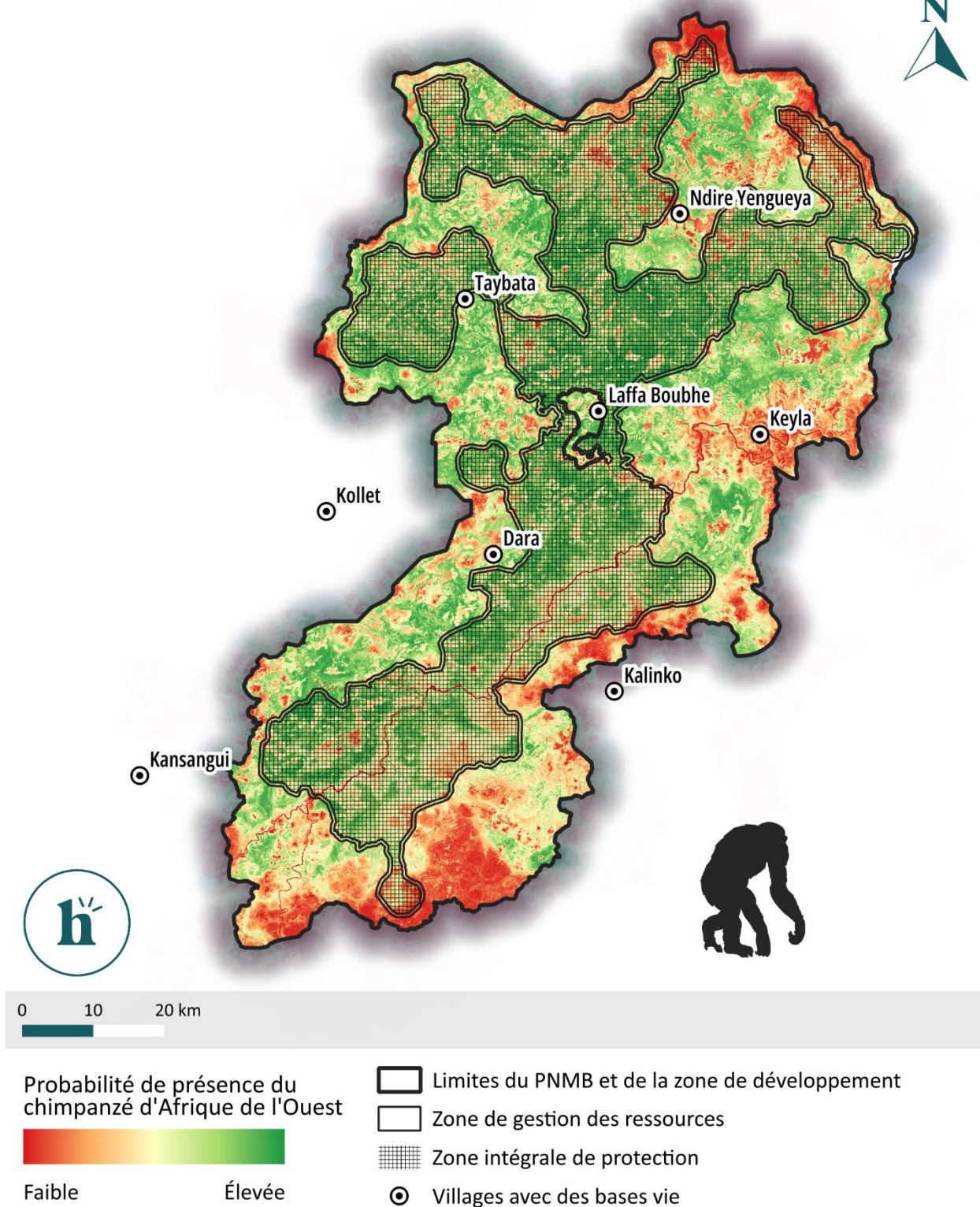


Figure 3. Exemple de modèle de distribution obtenu pour le chimpanzé d'Afrique de l'Ouest.



3.2.2. Calculer l'indice de richesse spécifique

Pour évaluer la richesse spécifique, nous avons fait la somme du nombre d'espèces qui, selon leur modèle de distribution, avaient plus de 60% de probabilité de se trouver dans une zone donnée (**Figure 4**), permettant ainsi d'obtenir un indice de richesse spécifique variant de 0 à 43 espèces (**Figure**).

De manière générale, on retrouve plusieurs zones avec une richesse spécifique plus élevée à l'intérieur de la zone intégrale de protection, sans que cela soit pour autant exclusif. Il est important de noter que cet indice se base uniquement sur un groupe restreint d'espèces. On compte, par exemple, peu d'oiseaux ou de reptiles. Les animaux de plus petite taille ne sont également pas identifiés par piège caméra. Cet indice reste toutefois un bon indicateur de biodiversité considérant les données disponibles.

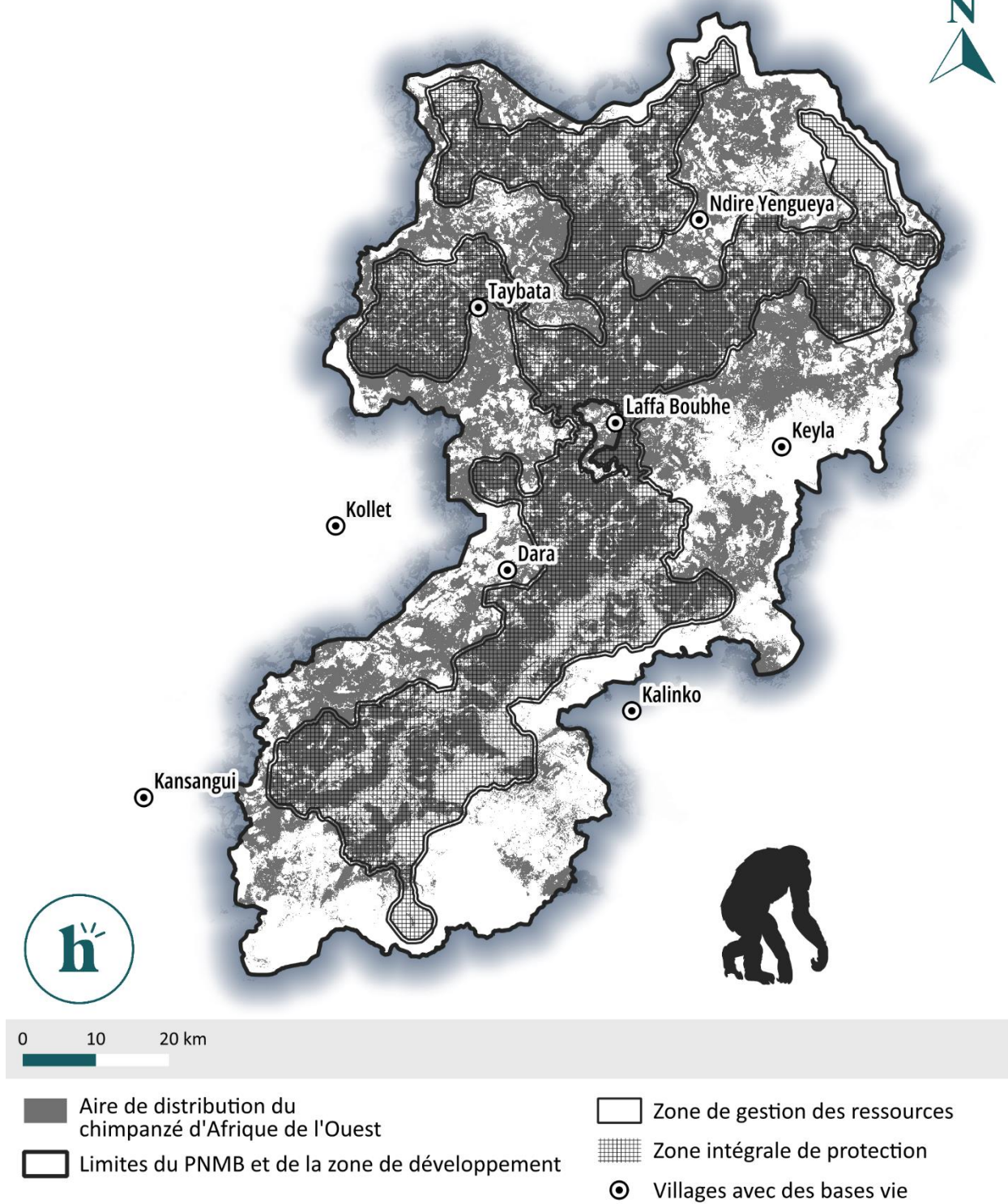


Figure 4. Exemple d'aire de distribution modélisée, selon une probabilité de présence minimale de 60%.

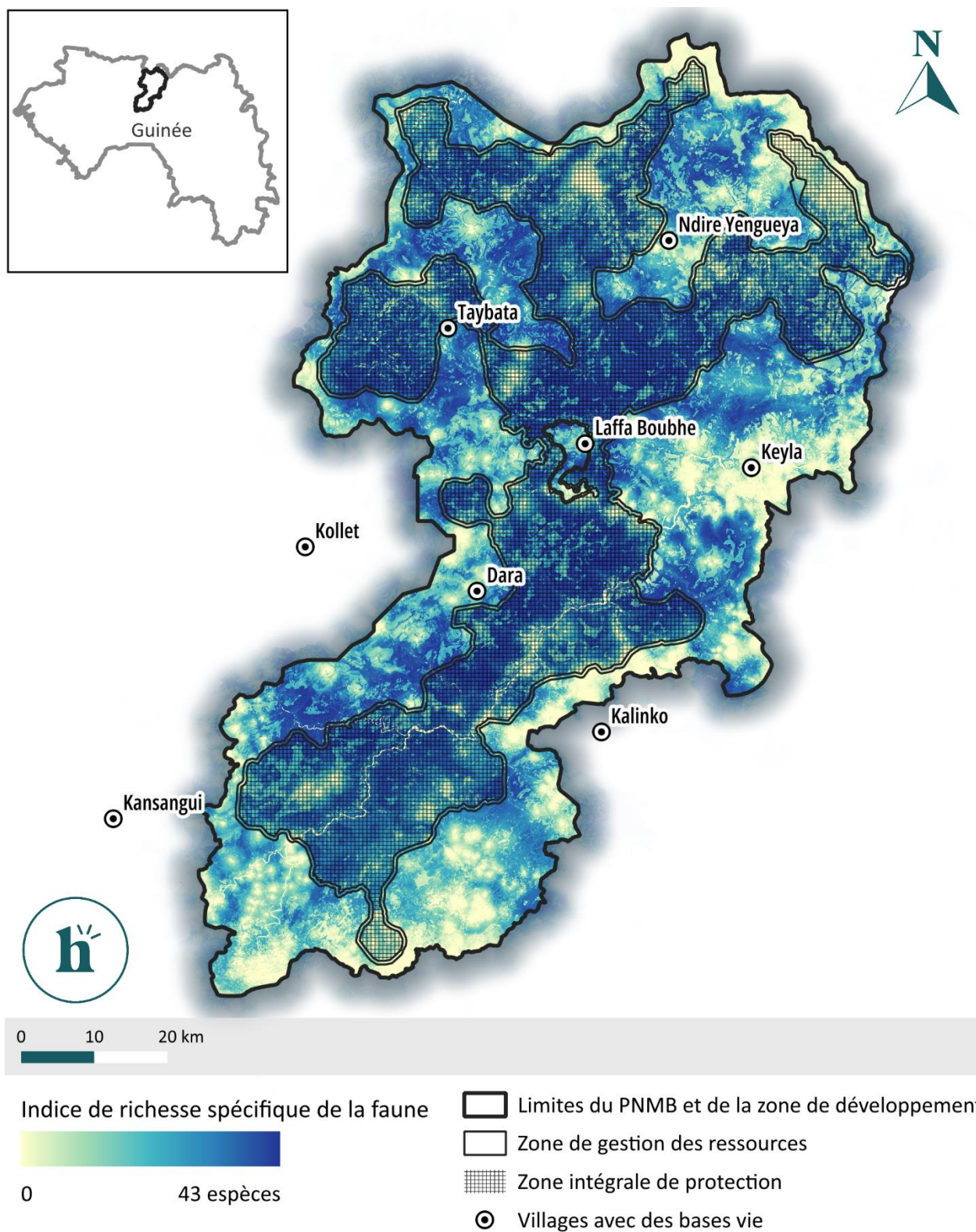


Figure 5. Richesse spécifique de la faune dans le parc national du Moyen-Bafing.



3.3. Modélisation de la connectivité écologique

3.3.1. Comprendre le modèle de connectivité écologique

L'approche méthodologique développée par Habitat, Connect2⁹, permet d'identifier les milieux naturels prioritaires pour la connectivité écologique. L'approche se base sur des travaux scientifiques réalisés au Québec (Canada)¹⁰ et peut être adaptée pour différentes régions du monde. Cette approche permet d'identifier les milieux naturels qui contribuent le plus au déplacement d'une espèce faunique d'intérêt au sein d'un paysage.

Un modèle de connectivité écologique réalisé à l'aide de Connect2 est adapté pour une espèce donnée en intégrant plusieurs paramètres liés à l'écologie de l'espèce, comme (1) la qualité des habitats, (2) la taille minimale des habitats et (3) la capacité de dispersion de l'espèce. Cependant, toutes les espèces n'ont pas les mêmes capacités de dispersion et les mêmes besoins en habitats et c'est pourquoi il est essentiel de faire une planification de la connectivité écologique basée sur les besoins d'une diversité d'espèces ou de taxons¹¹. Pour ce faire, on choisit un ensemble d'espèces représentatives, c'est-à-dire qui reflète bien les besoins de la communauté faunique forestière de la région d'étude. L'analyse réalisée par la suite permet d'évaluer l'importance des milieux naturels pour la connectivité par le calcul d'un indice de connectivité écologique basé sur les modèles développés pour chacune des espèces représentatives.

3.3.2. Choisir un ensemble d'espèces représentatives

Pour implémenter le modèle de connectivité écologique au PNMB, il a tout d'abord fallu sélectionner un ensemble d'espèces fauniques représentant la biodiversité forestière. Pour ce faire, il fallait, d'une part, choisir des espèces pour lesquelles nous avons les données nécessaires pour paramétrer le modèle et, d'autre part, faire une sélection d'espèces complémentaires entre elles.

À partir des 43 espèces candidates, une sélection rigoureuse des espèces a pu être réalisée. Pour ce faire, la stratégie choisie a été de regrouper les espèces semblables entre elles et de sélectionner un représentant de chaque groupe pour l'analyse de connectivité. Ceci a pu être réalisé à l'aide d'un algorithme de clustering, qui permet le regroupement d'espèces similaires. Les variables utilisées pour ce regroupement sont : la qualité d'habitat des différentes occupations des sols, la taille de l'animal (indicateur de sa capacité de dispersion), son comportement de socialisation et sa période d'activité (diurne/nocturne). Alors que la qualité d'habitat des différentes occupations des sols a été renseignée à l'aide des modèles de distribution des espèces, les autres paramètres ont tous fait l'objet d'une recherche dans la littérature.

L'algorithme a identifié qu'il était optimal de regrouper les espèces en 12 groupes. Pour chacun de ces groupes, nous avons ainsi identifié une espèce représentante, basé sur la qualité des données (fiabilité statistique du modèle de distribution de l'espèce) et sur l'intérêt particulier pour certaines espèces pour la conservation (Tableau 4). Les espèces fauniques d'intérêt ont

⁹ <https://www.habitat-nature.com/connect2>

¹⁰ Bronwyn Rayfield et al., *Une priorisation pour la conservation des milieux naturels des Basses-Terres du Saint-Laurent en fonction de leur importance pour la connectivité écologique*, 2019 ; Cécile H. Albert et al., « Applying network theory to prioritize multispecies habitat networks that are robust to climate and land-use change », *Conservation Biology*, 31, 6 (2017), p. 1383-1396.

¹¹ B. Rayfield et Andrew Gonzalez, *Une priorisation des corridors écologiques dans les Basses-Terres du Saint-Laurent en fonction de cinq espèces cibles*, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Gouvernement du Québec, 2020.



pu être identifiées grâce à une consultation de l'Office Guinéen des Parcs Nationaux et Réserves de Faune (OGPNRF) et de deux experts de la faune du PNMB.

Tableau 4. Espèces représentantes sélectionnées pour l'analyse de connectivité.

NOM COMMUN	NOM LATIN
Babouin	<i>Papio papio</i>
Buffle d'Afrique	<i>Syncerus caffer</i>
Céphalophe de Maxwell	<i>Philantomba maxwellii</i>
Chimpanzé d'Afrique de l'Ouest	<i>Pan troglodytes ssp. verus</i>
Cobe defassa	<i>Kobus ellipsiprymnus ssp defassa</i>
Grand aulacode	<i>Thryonomys swinderianus</i>
Léopard	<i>Panthera pardus</i>
Phacochère commun	<i>Phacochoerus africanus</i>
Potamochère roux	<i>Potamochoerus porcus</i>
Singe patas	<i>Erythrocebus patas</i>
Varan du Nil	<i>Varanus niloticus</i>
Zorille du Cap	<i>Mellivora capensis</i>

3.3.3. Mettre en œuvre le modèle pour les espèces choisies

Tel que mentionné précédemment, pour paramétrer un modèle de connectivité écologique pour une espèce, il est nécessaire d'avoir des données de qualité des habitats, taille minimale des habitats (en km²) et de capacité de dispersion de l'espèce (en km). Grâce aux modèles de distribution d'espèces, il a été possible de caractériser la qualité des habitats en se basant sur la distribution de l'espèce dans le paysage. Toutefois, nous n'avons pas accès à des données renseignant sur la taille minimale des habitats et la capacité de dispersion des espèces, et la littérature à cet effet est quasi absente lorsqu'il s'agit de documenter les paramètres adéquats pour le modèle de connectivité. Nous avons ainsi fait appel au jugement de personnes expertes de la faune retrouvée dans le PNMB afin d'estimer les paramètres manquants.

À l'aide de ces paramètres, il a été possible de générer des modèles de connectivité écologique pour les 12 espèces sélectionnées. Les 12 modèles réalisés ont ensuite été agrégés en une seule carte de connectivité, permettant ainsi d'identifier les milieux naturels prioritaires pour la connectivité écologique multiespèces dans le PNMB.

La Figure 6 présente l'importance des milieux naturels du PNMB pour la connectivité écologique. Un milieu naturel de haute importance signifie que celui-ci contribue à maintenir la connectivité écologique entre les parcelles et qu'il doit donc être préservé dans le futur, par des mesures de protection ou de restauration. On constate que les milieux naturels qui se retrouvent dans la zone intégrale de protection (ZIP) sont généralement d'importance pour la connectivité écologique, bien que des milieux d'importance soient également à l'extérieur de cette zone. La sensibilisation des communautés face à la conservation des forêts pour le



maintien de la biodiversité doit ainsi cibler ces zones d'importance pour la connectivité écologique.

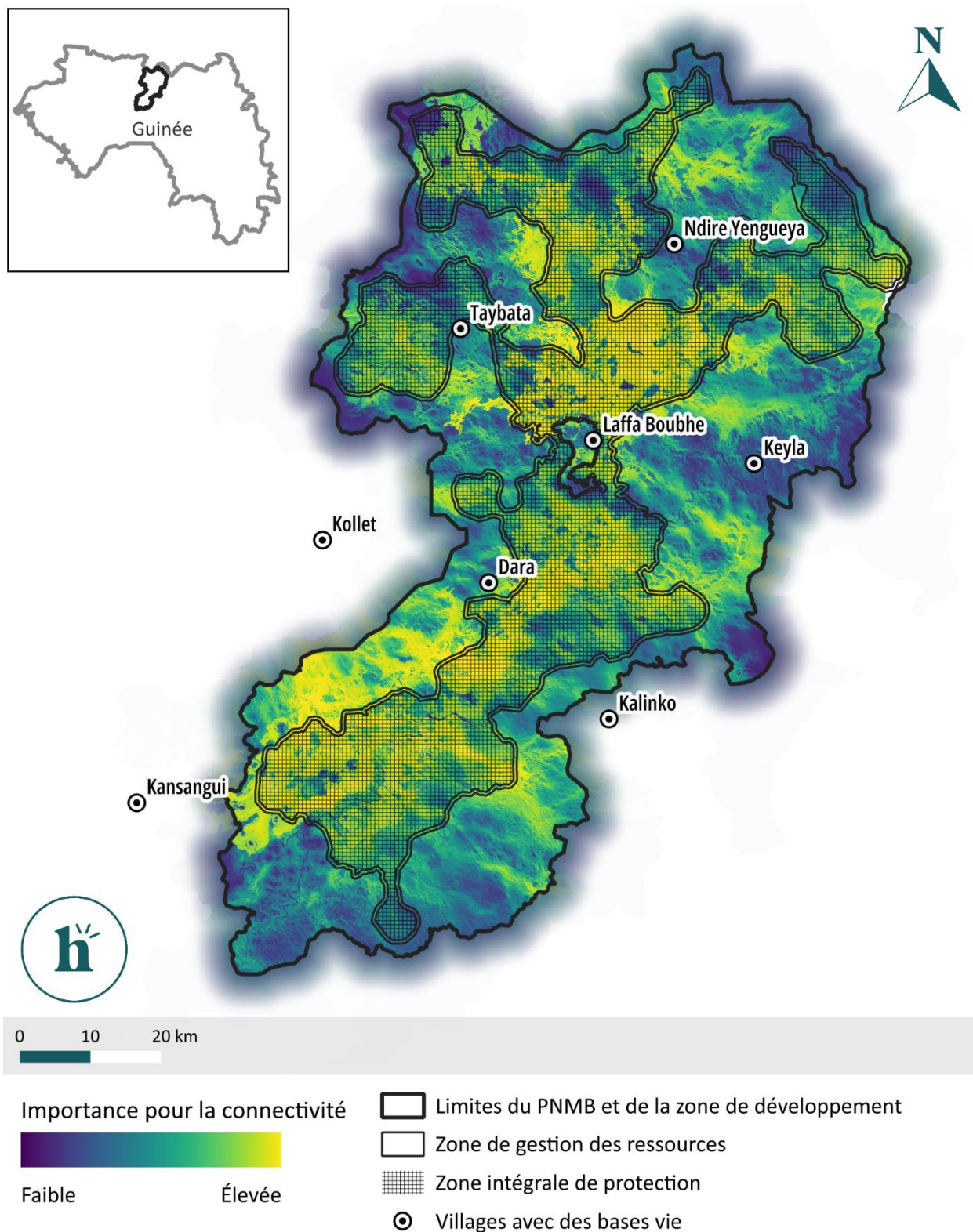


Figure 6. Importance des milieux naturels pour la connectivité dans le parc national du Moyen-Bafing.



3.4. Identification des zones d'importance pour la conservation de la biodiversité à l'aide d'une analyse multicritère

Une fois l'ensemble des données acquises et les modélisations réalisées, il a été possible de réaliser l'analyse multicritère permettant d'identifier les zones d'importance pour la conservation de la biodiversité forestière, basé sur les cinq critères présentés à la section 3.1. Nous avons attribué un poids supérieur aux critères davantage associés à la biodiversité par rapport à ceux principalement liés au succès potentiel des plantations. La justification liée au choix de chacun des critères est détaillée ci-dessous (**Tableau 5**). Cette analyse a été effectuée à l'aide du logiciel Zonation¹².

Tableau 5. Critères utilisés pour identifier les zones d'importance pour la conservation de la biodiversité

NO	CRITÈRE	INDICATEUR	POIDS	SOURCE DES DONNÉES
1	Richesse spécifique élevée	Indice de richesse spécifique	0,3	Modélisation réalisée par Habitat (détaillée à la section 3.2)
2	Importance pour la connectivité écologique	Indice de connectivité écologique	0,3	Modélisation réalisée par Habitat (détaillée à la section 3.3)
3	À proximité d'un cours d'eau permanent	Distance au cours d'eau permanent le plus proche	0,3	Calcul géomatique de distance réalisé par Habitat à l'aide des données de la WCF
4	Fertilité élevée des sols	Quantité de carbone dans les sols	0,1	Hengl, T. et al. (2021) African soil properties and nutrients mapped at 30 m spatial resolution using two-scale ensemble machine learning . Scientific Reports, vol. 11, n°1, p. 6130. https://doi.org/10.1038/s41598-021-85639-y
5	Précipitations plus abondantes lors des périodes de sécheresse	Volume de précipitation	0,1	Karger, D.N. et al. (2017). Climatologies at high resolution for the Earth land surface areas . Scientific Data. 4 170122. https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122

¹² <https://zonationteam.github.io/Zonation5/>



IDENTIFICATION DE SITES PRIORITAIRES POUR LA REFORESTATION

4.1. Identification de sites potentiels pour la reforestation

L'identification de sites pour la reforestation implique tout d'abord d'identifier des parcelles potentielles pouvant ensuite être prioritaires pour la reforestation selon leur contribution potentielle au maintien de la biodiversité forestière. Le PNMB comporte de nombreuses zones non boisées, mais plusieurs d'entre elles constituent des savanes. Puisque l'objectif du reboisement n'est pas de convertir des écosystèmes, mais plutôt de rétablir les écosystèmes forestiers, l'approche priorisée a été d'identifier des parcelles de forêt récemment déforestées.

Le moyen le plus efficace d'évaluer les pertes forestières dans un territoire aussi vaste que le PNMB a été d'utiliser l'imagerie satellitaire. Cette méthode est rapide et peut être réalisée à l'aide de données disponibles gratuitement. Pour ce faire, il est nécessaire d'avoir accès à des images pour un intervalle de temps donné. L'objectif était d'identifier des parcelles qui étaient des forêts plus tôt, mais qui sont aujourd'hui à l'état de jachère ou des brulis. En raison de la rapidité de la reprise de la végétation dans les zones déforestées ou mises en jachère, il n'était pas possible d'utiliser un intervalle supérieur à 5 ans pour détecter les zones déforestées. À cet effet, nous avons choisi cette valeur d'intervalle temporel. Ceci aide aussi à garantir que les sites identifiés sont toujours dans un stade précoce de revégétalisation, même en 2024 (car cela représente au maximum 9 ans depuis sa déforestation)

Une classification de l'occupation des sols avait déjà été réalisée pour l'année 2020. Cependant, comme tous les jeux de données nécessaires pour reproduire la méthodologie développée n'étaient pas disponibles pour une autre période d'intérêt, nous avons dû entraîner un modèle¹³ reposant sur la carte de classification des sols produite pour 2020. Cette approche nécessite un volume réduit de données et peut donc être appliquée à différentes années d'intérêt pour lesquelles il est possible d'avoir les images satellitaires adéquates. Cet exercice a donc été réalisé pour 2015, permettant un intervalle temporel de 5 ans avec l'année de référence de 2020. L'algorithme peut techniquement être utilisé pour classer des images plus récentes, par exemple de 2023. Toutefois, celui-ci performait moins bien en 2023, et c'est pourquoi l'intervalle 2015-2020 a été privilégié. Cela implique que la déforestation survenue depuis 2020 n'est pas détectée dans cette analyse.

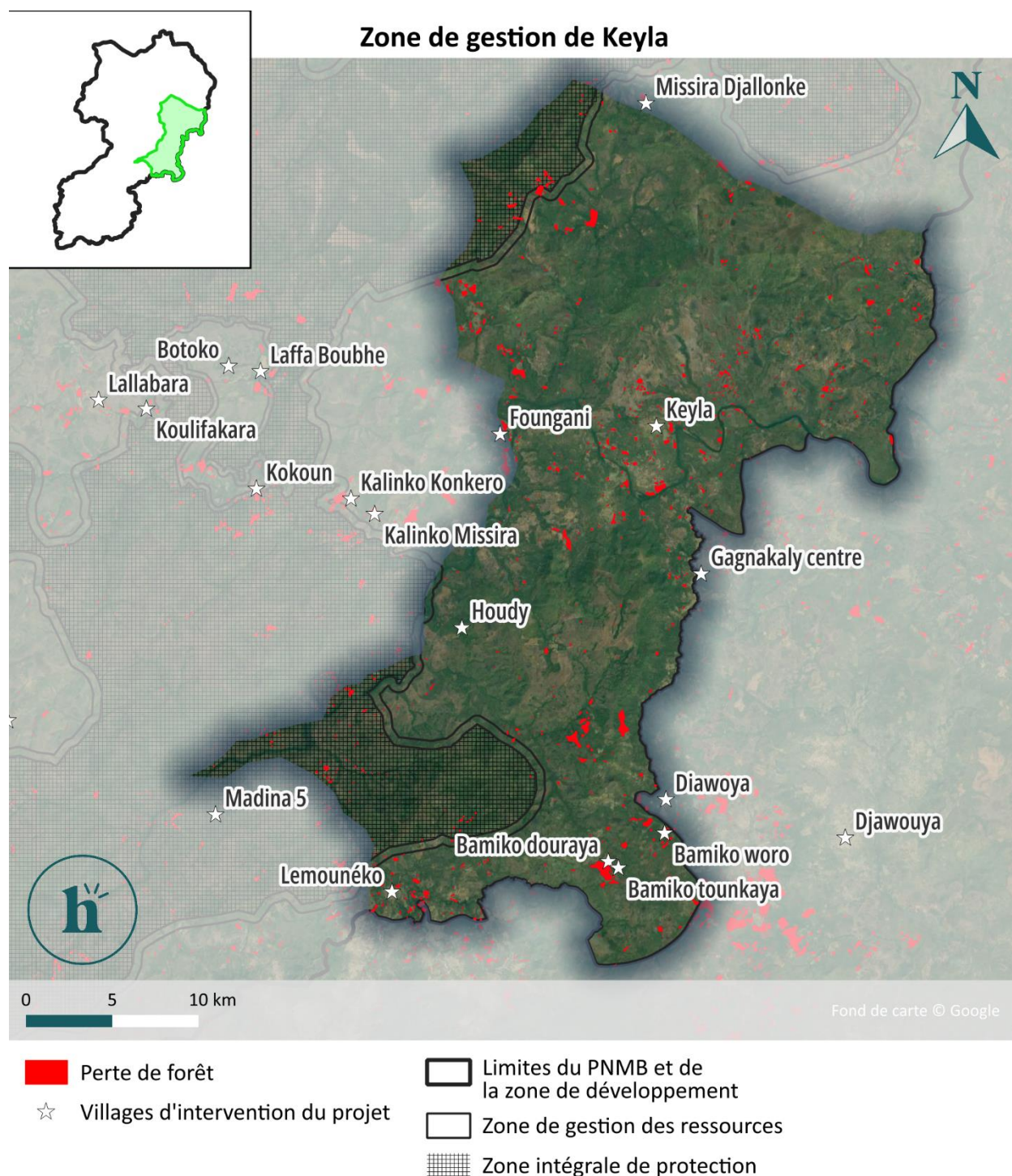
Au total, 13 455 ha (134,55 km²) de forêts perdues entre 2015 et 2020 ont ainsi été identifiés (**Tableau 6**). Nous jugeons cependant qu'il s'agit d'une superficie minimale de forêts perdues par rapport à la réalité. En effet, un exercice de photo-interprétation a permis de visuellement évaluer la précision des résultats obtenus. De manière générale, le modèle identifie bien les forêts perdues, bien que la cause de déforestation ne puisse être déterminée (ex. feu naturel, feu anthropique, coupe de bois). Cela dit, le modèle reste conservateur, c'est-à-dire que les parcelles déforestées lors de cette période ne sont pas toutes détectées par le modèle. Les 13 455 ha détectés restent donc une valeur minimale. L'augmentation de la sensibilité du modèle engendrait des problèmes de fausse détection, c'est-à-dire que des parcelles restées intactes étaient détectées comme ayant été déforestées. Ceci est entre autres dû à la performance du modèle de classification qui confond parfois certains écosystèmes en transition (ex. écosystème en transition entre les classes *arbustaie* et *forêt clairsemée*). Puisque l'objectif est d'identifier des parcelles à reforester et non à quantifier les forêts perdues, nous avons priorisé une approche conservatrice visant à éviter les fausses détections afin de faciliter le travail de sélection de sites pour la reforestation.

¹³ De manière plus précise, nous avons développé un modèle de classification supervisé basé sur les données étiquetées de la classification non supervisée de l'occupation des sols de 2020.



La

Figure 7 illustre les pertes forestières identifiées pour la zone de gestion de Keyla. Les pertes forestières des autres zones de gestion correspondent aux sites priorités pour la reforestation,



présentés à l'annexe 3.

Figure 7. Exemple des pertes forestières identifiées pour la zone de gestion de Keyla.



Tableau 6. Superficies de forêts perdues par zone du PNMB

ZONE	SUPERFICIE DE FORÊTS PERDUES ¹ (HA)	SUPERFICIE DE FORÊTS PERDUES (KM ²)
En périphérie du PNMB	6 687	67
Zone de développement (ZD)	3 602	36
Zone de gestion des ressources (ZGR)	394	4
Zone intégrale de protection (ZIP)	2 772	28
TOTAL	13 455	135

4.2. Priorisation des sites pour la reforestation

La priorisation de sites pour la reforestation a suivi une méthodologie similaire à l'établissement des zones de haute importance pour la conservation de la biodiversité. En effet, nous avons appliqué les mêmes critères et les mêmes pondérations (**Tableau 6**) à cette priorisation également réalisée à l'aide du logiciel Zonation. Cependant, plutôt que d'appliquer les critères à l'ensemble du paysage, nous les avons seulement appliqués aux parcelles de forêts perdues.

Les parcelles déforestées ont par définition une valeur écologique inférieure aux forêts intactes. La connectivité écologique et la richesse spécifique y sont donc plus basses par défaut. C'est pourquoi nous avons évalué la priorité d'un site pour la reforestation en considérant le paysage environnant, en calculant chacun des critères pour une zone tampon de 100 mètres autour du site. Cette approche est également en meilleure adéquation avec la réalité, où l'on risque de délimiter un site de reforestation un peu plus largement que la parcelle identifiée à l'aide du modèle.

Pour délimiter un site, nous avons regroupé les parcelles déforestées adjacentes (pixels adjacents) en un seul un site, pour un total de 8 694 sites¹⁴, dont certains se situent en périphérie du PNMB. La priorisation a permis d'attribuer à l'ensemble de ces sites un rang de priorité¹⁵ variant de 0 (faible) à 100 (élevé). On compte un nombre équivalent de sites pour chacun des rangs. Ainsi, si l'on vise uniquement le 10% de sites avec la priorité la plus élevée, il s'agira des sites avec un rang de priorité égal ou supérieur à 90.

L'Annexe 1 présente les résultats de la priorisation. Afin de faciliter la lecture des cartes, une carte par zone de gestion¹⁶ (7) a été réalisée. Globalement, c'est dans la zone de protection intégrale (ZIP) que l'on retrouve une majorité de sites avec une priorité élevée (**Tableau 7**). En effet, plus de la moitié des sites de la zone intégrale de protection et de la zone de gestion des ressources ont une priorité très élevée (rangs médians de 82 et 91 respectivement). La zone de

¹⁴ Noter qu'il est possible que deux sites soient ainsi très proches tout en étant distincts du point de vue de la priorisation. Ceux-ci pourraient alors être traités comme un même secteur de plantation lors des actions sur le terrain.

¹⁵ Les rangs de priorité (valeur numérique) des sites sont disponibles dans la couche de priorisation du jeu de données géomatiques transmis.

¹⁶ Il s'agit des zones de gestion utilisées par la WCF. Celles-ci, au nombre de 7, se distinguent du zonage du PNMB qui se décline en 3 zones, soit la zone intégrale de protection, la zone de développement et la zone de gestion intégrée des ressources.



développement compte également un grand nombre de sites avec un rang de priorité élevé ou très élevé (**Tableau 8**).

Tableau 7. Définition des classes de priorité des sites pour la reforestation

CLASSE DE PRIORITÉ	RANG DE PRIORITÉ
Très faible	0-20
Faible	20-40
Moyenne	40-60
Élevée	60-80
Très élevée	80-100

Tableau 8. Répartition des sites prioritaires pour la reforestation

ZONE	SUPERFICIE TOTALE DE SITES ¹ (HA)	SUPERFICIE TOTALE DE SITES ¹ (KM ²)	NOMBRE DE SITES	VALEUR MÉDIANE DES RANGS DE PRIORITÉ	RANG DE PRIORITÉ DES 25% DE SITES AVEC LE RANG LE PLUS ÉLEVÉ DANS LA ZONE ²
En périphérie du PNMB	8 406	84	3 987	35	61 et +
Zone de développement (ZD)	6 518	65	596	54	73 et +
Zone de gestion des ressources (ZGR)	610	6	152	66	82 et +
Zone intégrale de protection (ZIP)	2 956	30	1 490	82	91 et +

¹Ces valeurs incluent la zone tampon de 100 m autour des zones déforestées.

²Correspond au 3^e quartile.



5. RECOMMANDATIONS

Les analyses réalisées pour cette étude constituent des outils d'aide à la décision pour la sélection de sites d'intérêt pour la reforestation (ou, selon le cas, la mise en défens). Voici des recommandations pour utiliser adéquatement ces outils.

1. Choisir des sites avec un rang de priorité supérieur à 60

Bien que le choix de sites repose sur différents critères, comme l'accord des communautés, la taille des parcelles et leur localisation, la sélection devrait se baser sur les sites ayant un niveau de priorité élevée ou très élevée (c.-à-d. avec un rang de priorité égal ou supérieur à 60). Idéalement, il faut choisir les sites avec les rangs de priorité les plus élevés.

2. Confirmer la pertinence d'un site pour la reforestation à l'aide d'une validation sur le terrain

Avant de choisir un site, il est préférable de vérifier que le site est pertinent pour des actions de reforestation. Une validation initiale peut être réalisée sur Google Earth. Par la suite, une campagne terrain permettra de confirmer la pertinence du site. Voici quelques éléments à valider sur le terrain :

- *Est-ce qu'il s'agit vraiment d'un site déforesté?* L'historique du site peut être vérifié avec les communautés locales au besoin. Cela va permettre d'éviter de convertir des savanes ou autres types d'écosystèmes non forestiers en forêts. Par ailleurs, ces informations seront utiles pour justifier le choix des sites et pour évaluer la précision du modèle de détection des forêts perdues.
- *Est-ce qu'il y a vraiment un potentiel de plantation sur le site?* Il n'est pas impossible que l'algorithme ait identifié un site comme une forêt perdue, mais que la végétation ait atteint un plus haut niveau entre temps. Il faut se rappeler que l'analyse historique a été réalisée entre 2015 et 2020, quelques années se sont écoulées depuis.
- *Est-ce que la communauté est favorable à la reforestation et à la conservation de cette parcelle à long terme?* Cela permettra de s'assurer que les efforts de reforestation ne seront pas réalisés en vain, et que la communauté se portera en support aux actions mises en place.
- *Y a-t-il des espèces envahissantes qui pourraient nuire aux efforts de reforestation?*

3. Utiliser la carte de zones de haute importance pour la conservation de la biodiversité forestière pour sélectionner des sites déforestés non identifiés lors de l'analyse des pertes forestières

Il est probable que des sites soient identifiés sur le terrain sans pour autant que l'analyse historique de l'occupation des sols les ait détectés, surtout s'ils ont été déboisés depuis 2020. Si tel est le cas, nous recommandons d'estimer leur niveau de priorité en se basant sur la carte des zones de haute importance pour la conservation. Comme indiqué à la 2^e recommandation, il est préférable de valider l'historique du site pour s'assurer qu'il s'agit bien d'une parcelle déforestée.

4. Documenter l'état initial du site avant d'entreprendre les travaux de reforestation

Nous recommandons de réaliser un inventaire rapide de la végétation et autres conditions (sols, accès à l'eau) sur le site avant d'entreprendre les travaux de reforestation. Cela permettra, d'une part, de mettre en pratique les principes de diversité fonctionnelle (voir la



5^e recommandation) et, d'autre part, de pouvoir faire un suivi de l'évolution de la parcelle avant et après les actions de reforestation.

5. Lors des plantations, mettre en pratique les principes de diversité fonctionnelle

Un rapport précédent¹⁷ a fait état de recommandations pour sélectionner les espèces d'arbres à utiliser pour les actions de reforestation. Pour rappel, les deux principales recommandations étaient (1) de s'assurer d'avoir autant que possible une proportion égale de tiges de chacun des groupes fonctionnels (ex. 200 tiges de chaque groupe) et (2) de s'assurer d'avoir au maximum 10% de tiges de la même espèce, 20% du même genre et 30% de la même famille. À des fins de suivi, il est important de noter la composition initiale des espèces plantées.

6. Délimiter la zone de plantation à l'aide d'une application GPS

Il est pertinent de délimiter les zones de plantation (c.-à-d. uniquement la zone précise où les arbres ont été plantés) afin de pouvoir réaliser, au besoin, une mise à jour de la carte d'occupation des sols considérant ces nouvelles plantations. Il est également possible de délimiter plus largement le site de reforestation englobant aussi des zones de mise en défens, par exemple, pour documenter les actions du projet.

6. CONCLUSION

En conclusion, cette étude aura permis de créer une cartographie de l'occupation des sols en vue d'analyses et d'usages subséquents et de créer deux outils d'aide à la décision pour la sélection de sites pour la reforestation, soit **une carte des zones de haute valeur pour la conservation de la biodiversité forestière** et **une priorisation de sites déforestés pour la reforestation**. Ces outils, développés pour être utilisés dans un logiciel de système d'information géographique (SIG), servent à orienter les décisions d'un point de vue scientifique. Toutefois, les aspects et contraintes techniques n'ont pas été considérés et c'est pourquoi la délimitation de zones de plantation reste à la discrétion d'UPA DI.

Il est important de mentionner que la méthodologie développée s'applique uniquement dans une optique de reforestation pour renforcer la biodiversité forestière. Une méthodologie pour cibler les secteurs prioritaires pour l'implantation de SfN pour l'approvisionnement en services écosystémiques sera réalisée lors de la prochaine année du projet.

¹⁷ Habitat (2024). *Projet Femmes Pro-Forêts – Recommandations pour des plantations diversifiées afin de favoriser leur résilience face aux changements climatiques*, pour l'Union des producteurs agricoles – Développement international, 26 p.



ANNEXE 1 – Jeux de données publics utilisés

Tableau 9. Données utilisées pour réaliser la classification de l'occupation des sols dans le parc national du Moyen-Bafing

VARIABLE	JEU DE DONNÉES	ANNÉE ¹	RÉSOLUTION	LIEN D'ACQUISITION
Données utilisées pour entraîner le modèle à distinguer les milieux naturels				
Modèle de hauteur de canopée	Lang, N., Jetz, W., Schindler, K. et Wegner, J. D. (2023) A high-resolution canopy height model of the Earth . Nature Ecology & Evolution, vol. 7, n°11, p. 1778-1789.	2020	10 m	https://langnico.github.io/globalcanopyheight/
Modèle numérique d'élévation	NASA JPL (2020). NASADEM Merged DEM Global 1 arc second V001 [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center.	2000	30 m	https://lpdaac.usgs.gov/products/nasadem_hgtv001/
Pente	Calculé à partir du modèle numérique d'élévation.	2000	30 m	NA
Carbone organique du sol pH du sol	Hengl, T. et al. (2021) African soil properties and nutrients mapped at 30 m spatial resolution using two-scale ensemble machine learning . Scientific Reports, vol. 11, n°1, p. 6130.	2017	30 m	https://doi.org/10.1038/s41598-021-85639-y
Réflectance de surface	Sentinel-2 Surface Reflectance	2020	20 m	https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/processing-levels/level-2
NDVI (Normalized difference vegetation index)	Calculé à partir des bandes Sentinel-2 (rouge et proche infra-rouge).	2020	20 m	NA
NBR (Normalized burn ratio)	Calculé à partir des bandes Sentinel-2 (proche infrarouge et SWIR).	2020	20 m	NA
EVI (Enhanced vegetation index)	Calculé à partir des bandes Sentinel-2 (rouge, bleu et proche infrarouge).	2020	20 m	NA
SAVI (Soil adjusted vegetation index)	Calculé à partir des bandes Sentinel-2 (rouge et proche infra-rouge).	2020	20 m	NA
Données utilisées pour ajouter les milieux anthropiques à la cartographie				



Cultures	Digital Earth Africa's cropland extent map Africa 2019 Global cropland expansion in the 21st century	2019	10 m 30 m	https://gee-community-catalog.org/projects/dea_croplands/ https://glad.umd.edu/dataset/croplands
Milieux humides et aquatiques	GWL_FCS30: global 30 m wetland map with fine classification system using multi-sourced and time-series remote sensing imagery in 2020 JRC Yearly Water Classification History, v1.4	2020 2021	30 m	https://zenodo.org/records/7340516 https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/JRC_GSWI_4_YearlyHistory
Empreinte des bâtiments	Sirko, W., Kashubin, S., Ritter, M., Annkah, A., Bouchareb, Y. S. E., Dauphin, Y., Keysers, D., Neumann, M. Cisse, M. et Quinn, J. (2021) Continental-Scale Building Detection from High Resolution Satellite Imagery. Google Research.	2021	30 m	https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.12283

¹ Fait référence à l'année reflétée par le jeu de données.



ANNEXE 2 – Espèces retenues pour calculer l'indice de richesse spécifique

Tableau 10. Espèces pour lesquelles des modèles de distribution ont été produits et qui ont été retenues pour le calcul de l'indice de richesse spécifique

NOM COMMUN	NOM LATIN
Athérure africain	<i>Atherurus africanus</i>
Babouin	<i>Papio papio</i>
Bongo	<i>Tragelaphus eurycerus</i>
Buffle d'Afrique	<i>Syncerus caffer</i>
Calao	<i>Calao</i>
Caracal	<i>Caracal caracal</i>
Céphalophe à dos jaune	<i>Cephalophus silvicultor</i>
Céphalophe à flanc roux	<i>Cephalophus rufilatus</i>
Céphalophe de Grimm	<i>Sylvicapra grimmia</i>
Céphalophe de Maxwell	<i>Philantomba maxwellii</i>
Céphalophe du Natal	<i>Cephalophus natalensis</i>
Céphalophe noir	<i>Cephalophus niger</i>
Chacal doré	<i>Canis aureus</i>
Chacal rayé	<i>Canis adustus</i>
Chimpanzé d'Afrique de l'Ouest	<i>Pan troglodytes ssp. verus</i>
Civette africaine	<i>Civettictis civetta</i>
Civette palmiste africaine	<i>Nandinia binotata</i>
Cobe defassa	<i>Kobus ellipsiprymnus ssp defassa</i>
Cricétome des savanes	<i>Cricetomys gambianus</i>
Écureuil	<i>Ecureuil sp</i>
Écureuil de Gambie	<i>Heliosciurus gambianus</i>
Écureuil de terre du Cap	<i>Xerus inauris</i>
Funisciure à pattes rousses	<i>Funisciurus pyrropus</i>
Galago du Sénégal	<i>Galago senegalensis</i>
Genette commune	<i>Genetta genetta</i>
Genette tigrine	<i>Genetta tigrina</i>
Grand aulacode	<i>Thryonomys swinderianus</i>
Guib harnaché	<i>Tragelaphus scriptus</i>
Hylochère	<i>Hylochoerus meinertzhageni</i>



Léopard	<i>Panthera pardus</i>
Lièvre des rochers	<i>Lepus saxatilis</i>
Mangouste à queue blanche	<i>Ichneumia albicauda</i>
Mangouste de Gambie	<i>Mungos gambianus</i>
Mangouste des marais	<i>Atilax paludinosus</i>
Mangouste rayée	<i>Mungos mungo</i>
Mangouste rouge	<i>Herpestes sanguineus</i>
Phacochère commun	<i>Phacochoerus africanus</i>
Porc-épic à crête	<i>Hystrix cristata</i>
Potamochère roux	<i>Potamochoerus porcus</i>
Singe patas	<i>Erythrocebus patas</i>
Singe vert	<i>Chlorocebus sabaeus</i>
Varan du Nil	<i>Varanus niloticus</i>
Zorille du Cap	<i>Mellivora capensis</i>



ANNEXE 3 – Sites prioritaires pour la reforestation par zone de gestion

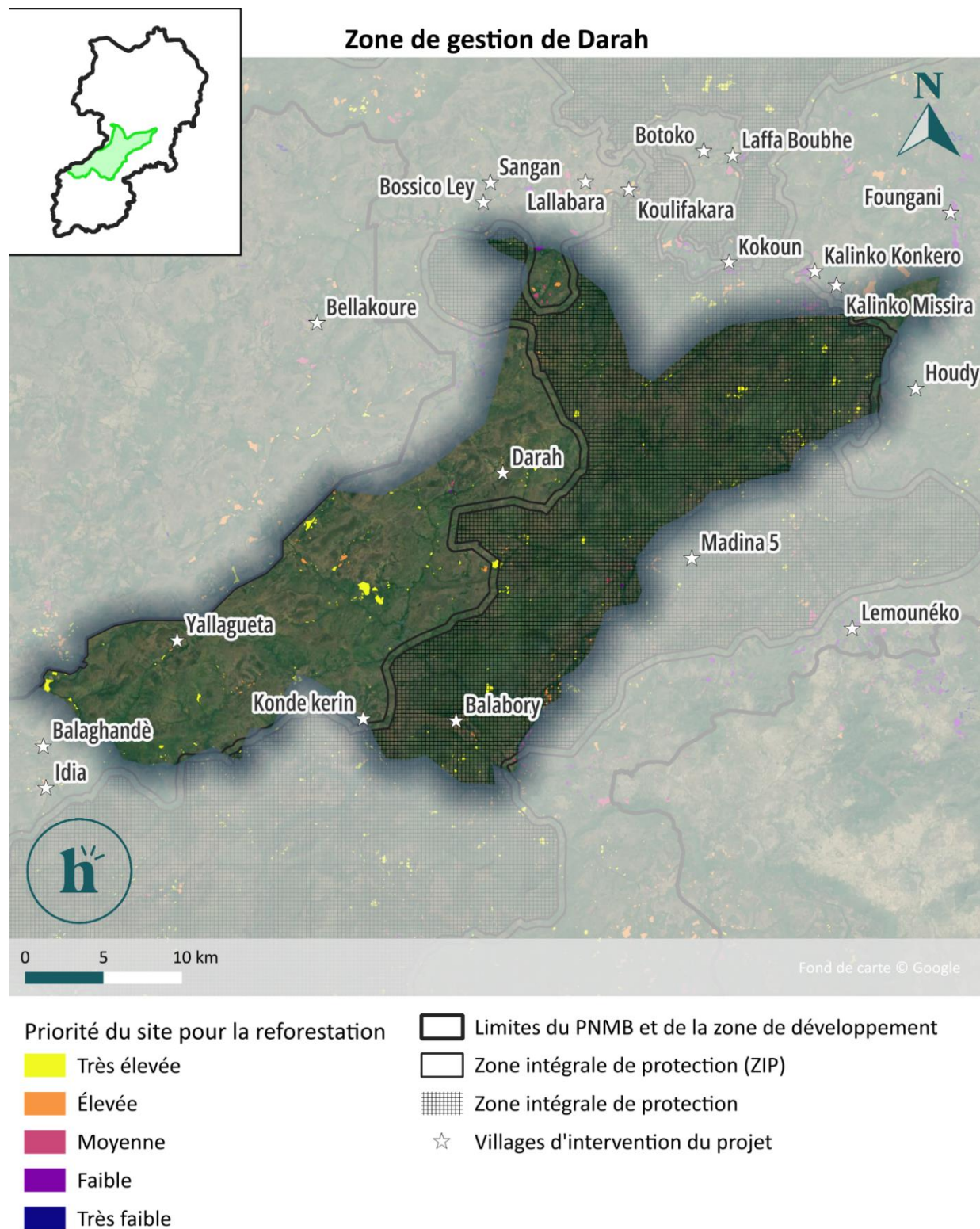
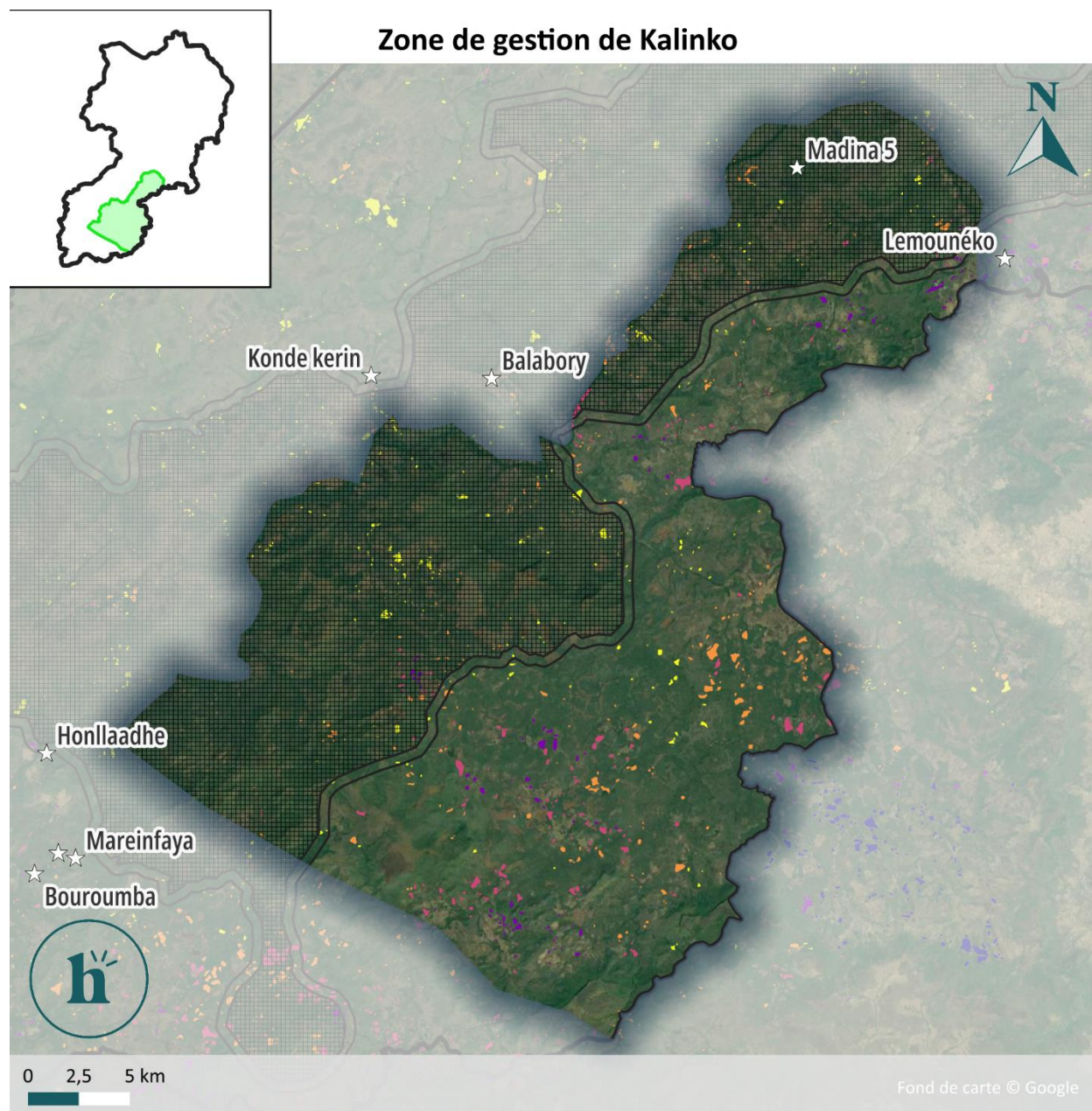


Figure 8. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Darah.



Priorité du site pour la reforestation

Très élevée

Élevée

Moyenne

Faible

Très faible

Limites du PNMB et de la zone de développement

Zone intégrale de protection (ZIP)

Zone intégrale de protection

☆ Villages d'intervention du projet

Figure 9. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Kalinko.

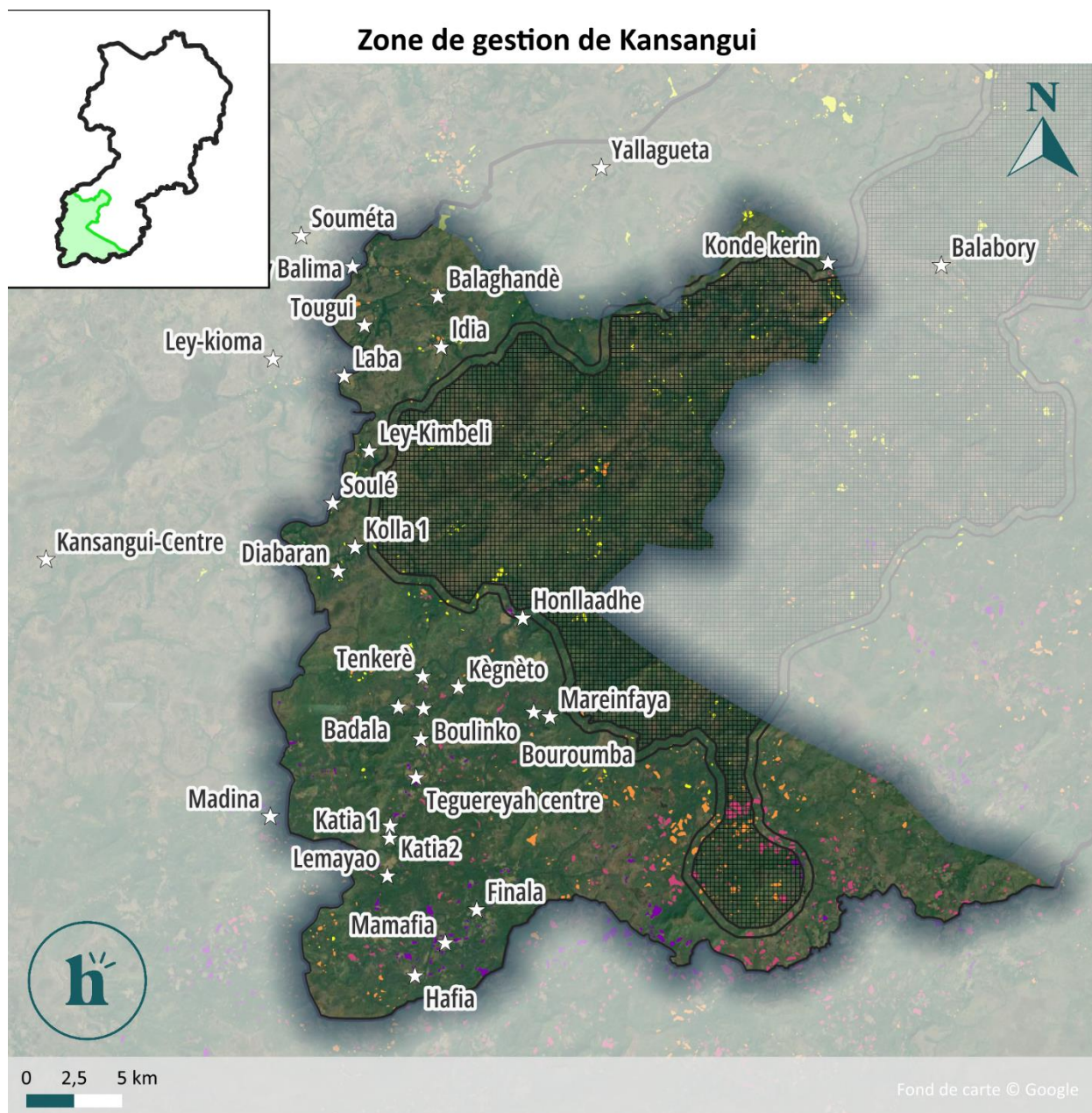
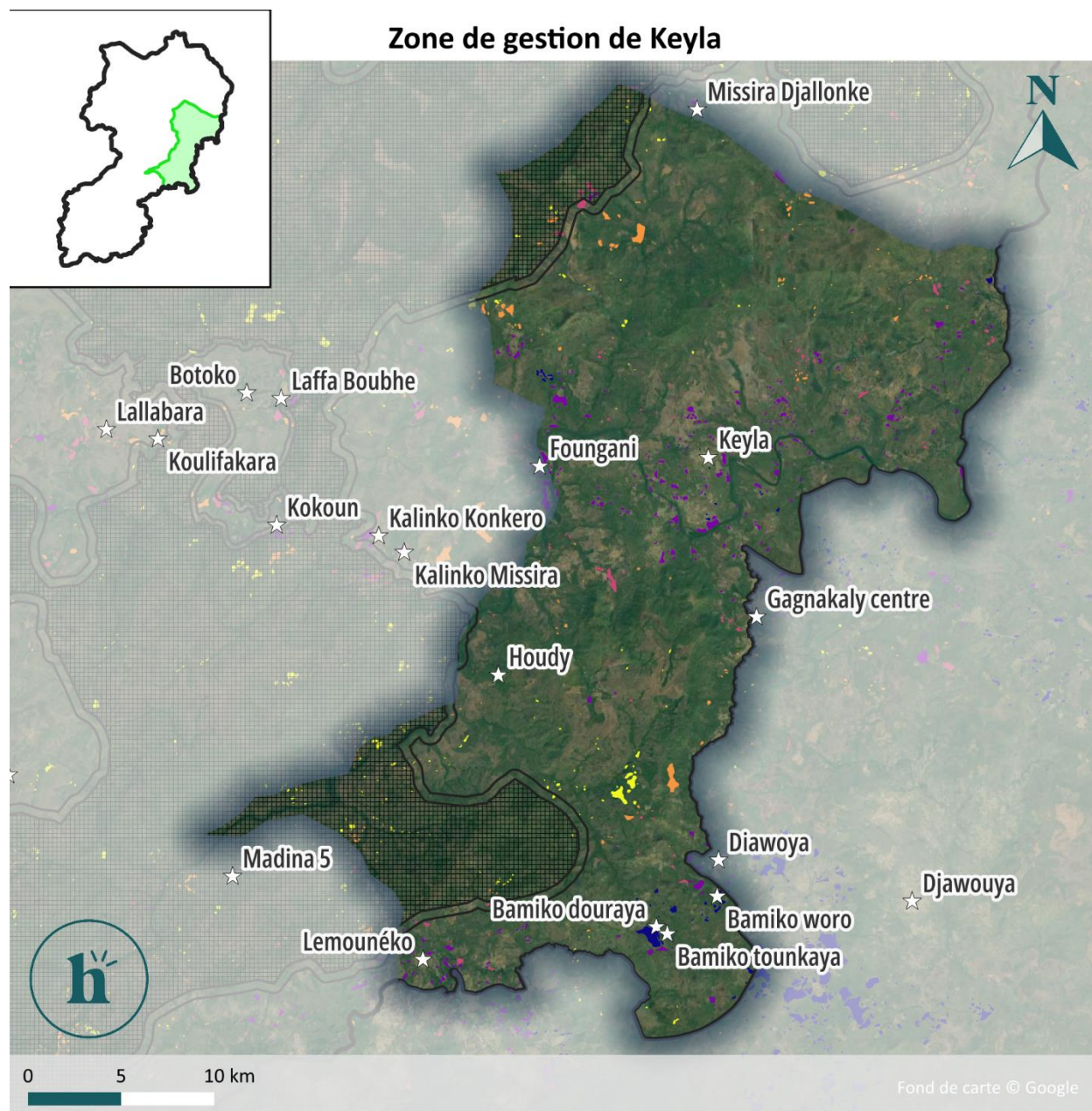


Figure 10. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Kansangui.



Priorité du site pour la reforestation

Très élevée

Élevée

Moyenne

Faible

Très faible

Limites du PNMB et de la zone de développement

Zone intégrale de protection (ZIP)

Zone intégrale de protection

☆ Villages d'intervention du projet

Figure 11. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Keyla.



Priorité du site pour la reforestation

- Très élevée
- Élevée
- Moyenne
- Faible
- Très faible

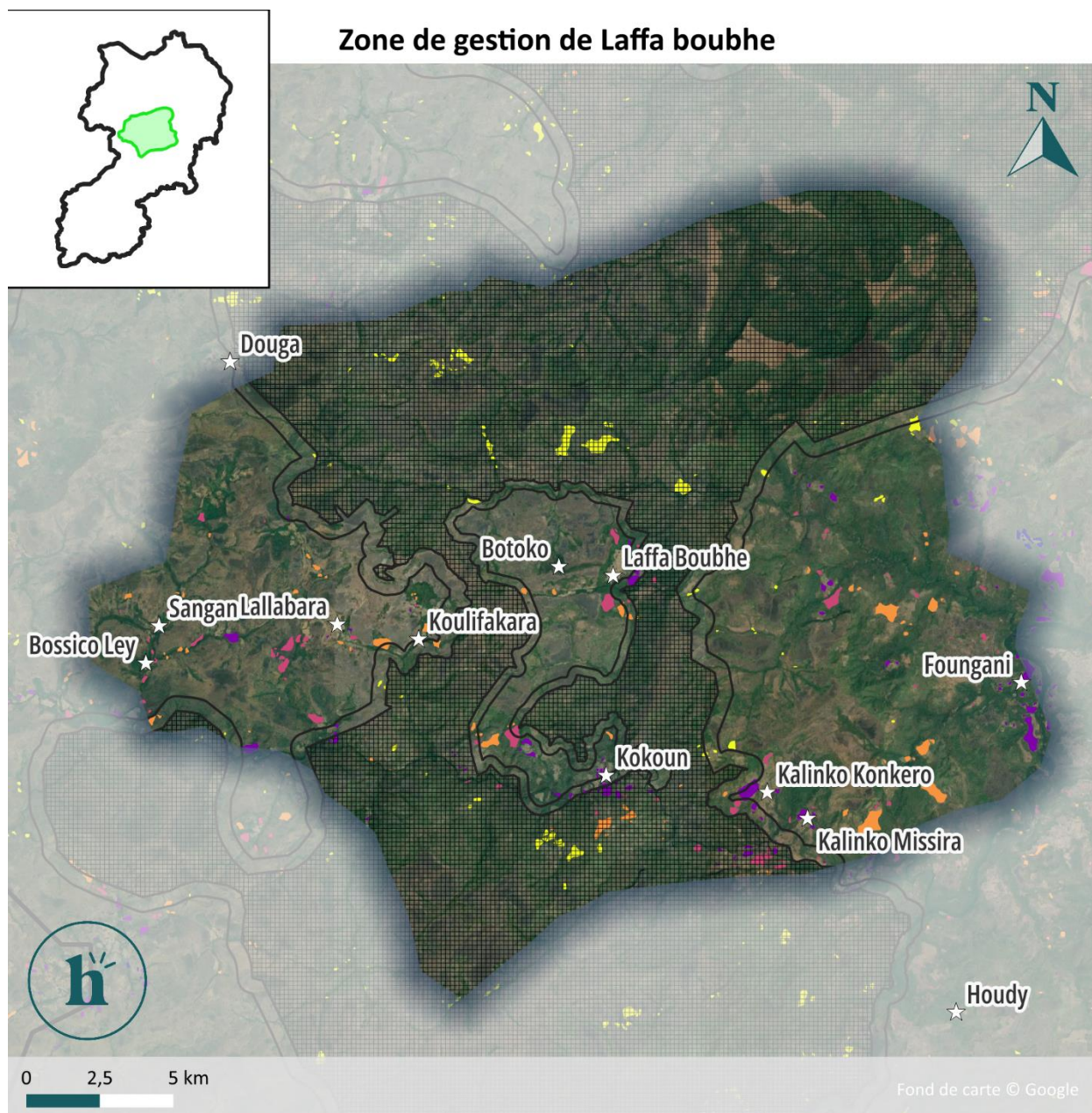
Limites du PNMB et de la zone de développement

Zone intégrale de protection (ZIP)

Zone intégrale de protection

☆ Villages d'intervention du projet

Figure 12. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Kollet.



Priorité du site pour la reforestation

Très élevée

Élevée

Moyenne

Faible

Très faible

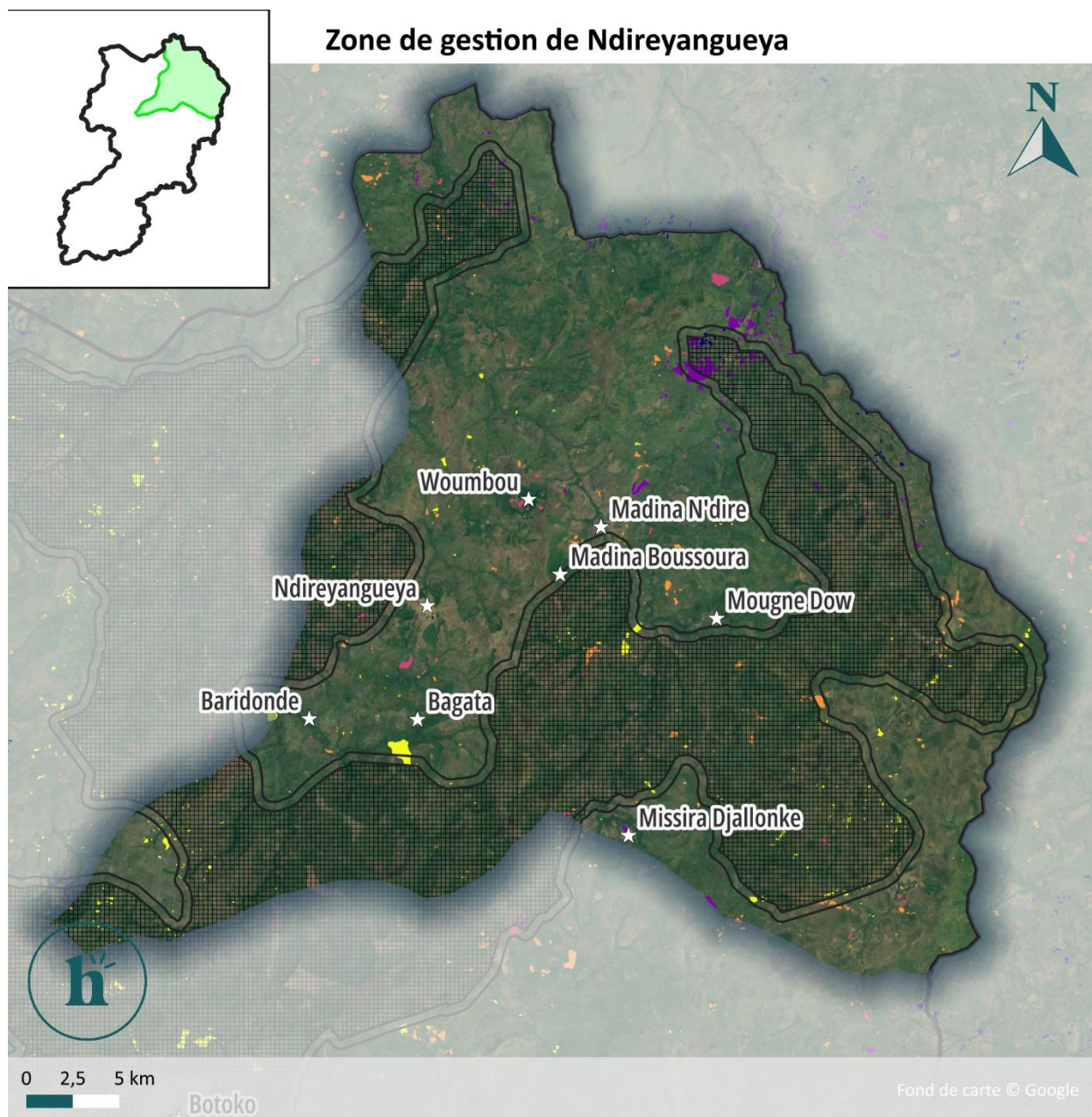
Limites du PNMB et de la zone de développement

Zone intégrale de protection (ZIP)

Zone intégrale de protection

☆ Villages d'intervention du projet

Figure 13. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Laffa boubhe.

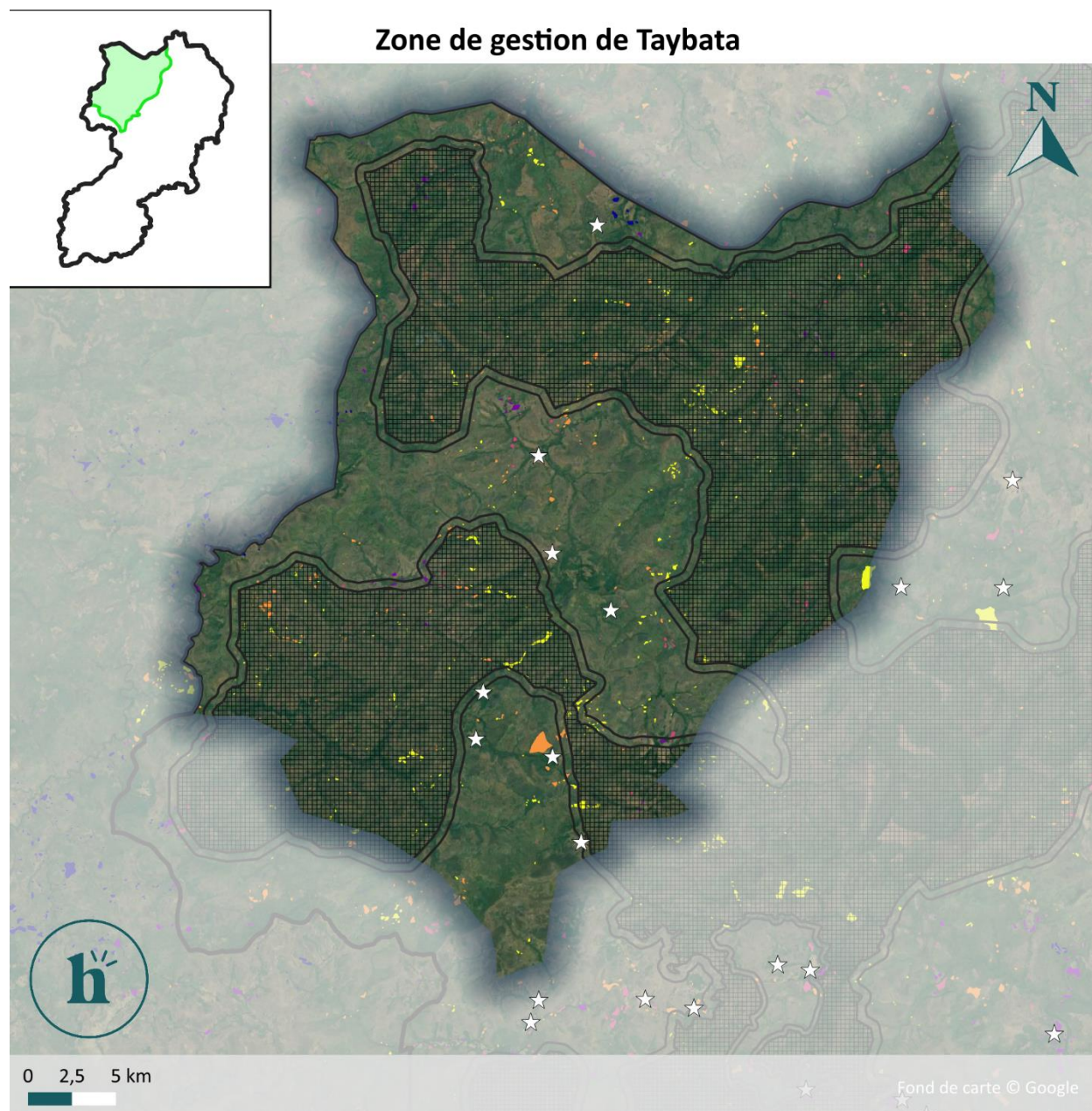


Priorité du site pour la reforestation

- Très élevée
- Élevée
- Moyenne
- Faible
- Très faible

- Limites du PNMB et de la zone de développement
- Zone intégrale de protection (ZIP)
- Zone intégrale de protection
- ☆ Villages d'intervention du projet

Figure 14. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Ndireyangueya.



Priorité du site pour la reforestation

Très élevée

Élevée

Moyenne

Faible

Très faible

Limites du PNMB et de la zone de développement

Zone intégrale de protection (ZIP)

Zone intégrale de protection

Villages avec des bases vie

Figure 15. Sites prioritaires pour la reforestation dans la zone de gestion de Taybata.



FEMMES
PRO-F[♀]ORÊTS