

# Aires Protégées Résilientes au Changement Climatique, PARCC Afrique de l'Ouest



2014

## Evaluation de la connectivité des aires protégées en Afrique de l'Ouest



FRANCAIS

Andy Arnell, Elise Belle et

Neil Burgess

UNEP-WCMC

2014

Le programme des Nations Unies pour l'environnement, Centre de surveillance de la conservation de la nature (UNEP-WCMC) est le centre spécialisé d'évaluation de la biodiversité du programme des Nations Unies pour l'environnement, l'organisation environnementale intergouvernementale la plus importante dans le monde. Le Centre a été en opération depuis plus de 30 ans, alliant recherche et conseils politiques pratiques.



*Evaluation de la connectivité des aires protégées en Afrique de l'Ouest*, préparé par Andy Arnell, Elise Belle, et Neil Burgess, avec le financement du Fonds pour l'environnement mondial (FEM) par le biais du PNUE.

Droits d'auteur : 2014. Programme des Nations Unies pour l'environnement.

Reproduction: La reproduction de cette publication à des fins éducatives ou non commerciales est autorisée sans permission spéciale, à condition que la reconnaissance de la source soit faite. La réutilisation de toutes les figures est soumise à l'autorisation des détenteurs des droits d'origine. Aucune utilisation de cette publication ne peut être effectuée pour la vente ou toute autre fin commerciale, sans la permission écrite du PNUE. Les demandes d'autorisation, accompagnées d'une déclaration de l'intention et de l'étendue de la reproduction, doivent être envoyées au Directeur, UNEP-WCMC, 219 Huntingdon Road, Cambridge, CB3 0DL, Royaume-Uni.

Non responsabilité : Le contenu de ce rapport ne reflète pas nécessairement les vues ou la politique du PNUE, des organisations participantes ou des éditeurs. Les appellations employées et la présentation des documents dans ce rapport n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part du PNUE ou des organisations participantes, ou des éditeurs concernant le statut juridique des pays, territoires, villes ou leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites ou la désignation de leurs noms, frontières ou limites. La mention d'une entité commerciale ou d'un produit dans cette publication n'implique pas son approbation par le PNUE.

Citation: Arnell, A.P., Belle, E. et Burgess, N.D. (2014) *Évaluation de la connectivité des aires protégées en Afrique de l'Ouest*. UNEP-WCMC technical report.

Disponibilité : UNEP World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC)  
219 Huntingdon Road, Cambridge CB3 0DL, UK  
Tel: +44 1223 277314; Fax: +44 1223 277136  
Email: [protectedareas@unep-wcmc.org](mailto:protectedareas@unep-wcmc.org)  
URL: <http://www.unep-wcmc.org>

Photo de couverture : Forêt classifiée de Kou, Burkina Faso. *Droits d'auteur* : Elise Belle.

UNEP promotes environmentally sound practices globally and in its own activities. This publication is printed on 100% recycled paper, using vegetable-based inks and other eco-friendly practices. Our distribution policy aims to reduce UNEP's carbon footprint.

**Sommaire**

---

RESUME EXECUTIF ..... 4

1. INTRODUCTION ..... 5

2. METHODES..... 7

3. RESULTATS ..... 10

4. DISCUSSION ..... 30

5. REFERENCES ..... 33

## Résumé exécutif

---

Le projet PARCC s'attache à l'identification des risques et des mesures d'adaptation pour les aires protégées d'Afrique de l'Ouest en réponse aux changements et aux variabilités climatiques. Afin d'établir la sélection des sites pilotes, cette évaluation examine les aires protégées et les liens qui existent entre elles, en étudiant particulièrement les frontières du Mali, du Tchad, de la Gambie, du Togo, de la Sierra Léone, du Burkina Faso, de la Côte d'Ivoire et du Ghana. Nous avons tâché d'identifier : (i) les aires protégées importantes et (ii) les liaisons existant entre elles, qui, si elles sont améliorées, devraient contribuer de manière plus efficace à la connectivité du réseau d'aires protégées.

Nous avons travaillé à partir d'un ensemble d'espèces génériques cibles en tant que substituts pour représenter les variations pouvant se produire parmi les espèces terrestres. Ces substituts n'étaient pas basés sur des espèces réelles, mais correspondaient à une combinaison de préférences en termes d'habitat (forêts, prairies et généralistes) et des distances maximales de dispersion (courtes, 1 km ; moyennes, 10 km ; longues, 100 km). Nous avons utilisé ces caractéristiques dans le logiciel de théorie des graphes Conefor. Cette approche modélise les aires protégées contenant des habitats sous la forme de parcelles et la distance euclidienne (ligne droite) entre elles sous la forme de liaisons. Les liaisons fonctionnelles étaient celles comprises dans ces distances maximales de dispersion. Pour chaque espèce générique cible, nous avons généré des résultats basés sur l'indice du connecteur varIIC, qui mesure la contribution en tant que connecteur relais. Les valeurs pour les aires protégées ont été calculées à partir du changement global de la connectivité du réseau d'aires protégées lorsqu'une aire protégée est supprimée. Les valeurs correspondant à l'importance potentielle des liaisons ont été calculées en mesurant le changement de connectivité du réseau, par l'insertion itérative de liaisons jusqu'à 10 km plus longues que la distance maximale de dispersion de chaque espèce générique cible. Ces valeurs relatives à l'importance des liaisons mesurent leur contribution à la connectivité dans le cas où une intervention (p. ex. l'agrandissement d'une aire protégée, la gestion des couloirs) pourrait permettre de combler ces espaces en créant une liaison fonctionnelle entre les aires protégées.

Pour chaque combinaison de caractéristiques des espèces génériques cibles, nous avons généré des résultats concernant la contribution du connecteur varIIC pour chaque aire protégée et chaque liaison, tout en nous attachant à celles se trouvant proches ou recouvrant les frontières nationales. La distance de dispersion comprenant le nombre le plus élevé d'aires protégées qui apportent une contribution par le biais de cet indice relais était longue, suivie d'une distance moyenne puis courte. Ce résultat souligne l'importance de l'utilisation d'une diversité d'approches en vue d'améliorer la connectivité pour les espèces présentant des distances de dispersion différentes.

Concernant les espèces à courte distance de dispersion, dans la plupart des cas, la gestion et l'amélioration des habitats devraient être privilégiées dans les aires protégées, notamment compte tenu du fait que la connectivité des habitats dans les aires protégées n'est pas abordée de manière appropriée dans le cadre de cette étude, plus particulièrement pour les spécialistes des forêts et des prairies. Toutefois, les espèces à moyenne distance de dispersion pourraient constituer des objectifs appropriés dans le cadre des efforts d'amélioration des liaisons, particulièrement pour les spécialistes des forêts où le connecteur varIIC contribue davantage à la disponibilité générale des habitats. Pour les espèces à longue distance de dispersion, le fait de s'attacher à l'amélioration des liaisons pourrait être moins rentable étant donné qu'un nombre potentiellement important d'obstacles pourrait exister. Par conséquent, la gestion ou l'agrandissement des habitats des aires protégées, notamment dans celles qui présentent des indices élevés pour le connecteur varIIC, pourrait être la meilleure manière d'utiliser les ressources.

L'approche utilisée met en évidence des aires protégées et des liaisons clés pour l'amélioration de la connectivité générale du réseau d'aires protégées, et détermine les priorités de futurs travaux sur le terrain dans le contexte des pays du projet PARCC Afrique de l'Ouest dans sa globalité. Divers changements quant à la méthodologie en vue d'aborder les différentes hypothèses émises dans le cadre de ce travail permettraient de fournir des résultats plus réalistes sur le plan écologique, mais nécessiteraient des analyses plus approfondies.

## 1. Introduction

---

### *Contexte du projet*

L'objectif du projet d'Aires protégées résilientes au changement climatique (projet PARCC), Afrique de l'Ouest, est d'améliorer la conservation et la gestion durable d'écosystèmes représentatifs des aires protégées (AP) en Afrique de l'Ouest par une évaluation et une adaptation renforcées quant aux effets du changement climatique. Le projet PARCC est axé sur cinq pays principaux (le Mali, le Tchad, la Gambie, le Togo et la Sierra Léone), et trois pays supplémentaires pourraient être impliqués dans le cadre d'aspects transfrontaliers (le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, le Ghana).

Les principaux éléments de ce travail correspondent à l'identification des risques auxquels sont confrontées les AP en conséquence des variabilités et des changements climatiques, et à la planification de mesures d'adaptation qui devraient être appliquées en vue de réduire ces risques. Les initiatives transfrontalières étant susceptibles de fournir certaines des solutions les plus efficaces, plusieurs sites pilotes ont été sélectionnés pour évaluer la manière dont les AP pourraient améliorer leur résilience sur le terrain. L'un des critères pour déterminer le choix des sites pilotes consiste en une évaluation de la connectivité du système actuel d'AP en Afrique de l'Ouest, tout en ciblant particulièrement les AP transfrontalières.

### *Évaluation de la connectivité des aires protégées*

Afin de prévenir les effets négatifs de la fragmentation et de l'isolement des habitats, tels que la perte de la diversité génétique et de processus écologiques essentiels, la conservation de la connectivité vise généralement à (i) maintenir les liaisons et les parcelles existantes ou à (ii) restaurer/créer des liaisons entre les parcelles d'habitats (Ewers & Kapos, 2011). Les efforts de restauration se concentrent généralement à l'échelle du site, toutefois, compte tenu des impacts potentiels du changement climatique, il est important de prendre en compte le contexte plus vaste de ces actions afin de viser les lieux où celles-ci pourraient être le plus favorables à la connectivité globale (Baldwin *et al.*, 2012 ; Noss *et al.*, 2001).

Diverses approches de modélisation informatique spatialement explicites ont été utilisées en vue d'établir les actions prioritaires en matière de conservation. Celles-ci sont généralement fondées sur des approches parcelle-matrice-couloir, où les parcelles comprenant des habitats appropriés sont entourées d'une matrice d'habitats moins appropriés et moins perméables, avec des couloirs d'habitats qui génèrent une connectivité fonctionnelle entre les différentes parcelles. La théorie des graphes est de plus en plus utilisée afin de fournir des indices de connectivité pour ce type de paysages modélisés, et a permis d'obtenir davantage que de simples indices descriptifs et d'entreprendre le développement d'un outil pratique à l'usage des professionnels de la conservation (Saura & Torné, 2009).

À mesure que les espèces varient quant à leur capacité de dispersion (et leurs préférences en termes d'habitat), il n'existe pas d'indicateur unique de la connectivité pour mesurer la connectivité d'un paysage pour toutes les espèces (Ewers & Kapos, 2011). Par conséquent, en fonction de ses objectifs et de sa portée, une étude peut être axée sur la connectivité pour une seule espèce (Carroll *et al.*, 2011), pour une série d'espèces cibles/représentatives (WHCWG, 2010), ou peut utiliser des caractéristiques génériques pour tenter de couvrir une grande diversité de préférences des espèces (Minor & Lookingbill, 2011). Cette dernière approche, qui est utilisée dans la présente étude, n'est pas directement basée sur des espèces réelles mais sur des caractéristiques représentatives générales et, en ce sens, correspond à *l'approche des espèces génériques cibles* (Eycott *et al.*, 2007).

### *Objectif de l'évaluation*

L'objectif de l'évaluation est de mettre en évidence l'emplacement de potentielles zones transfrontalières présentant un intérêt particulier. À cette fin, il est procédé à l'identification des éléments suivants :

1. les AP existantes les plus importantes en matière de connectivité, et
2. les liaisons entre les AP qui seraient les plus importantes en vue d'améliorer la connectivité.

Une attention particulière a été portée aux sites transfrontaliers, essentiellement en vue de déterminer le choix des sites pilotes.

## 2. Méthodes

---

### *Logiciels*

Nous avons utilisé les logiciels QGIS et PostGIS pour l'analyse SIG et la production de cartes, ainsi que le logiciel R et le logiciel de théorie des graphes Conefor pour calculer les indices de connectivité. Notre aire d'étude correspondait à une zone tampon de 300 km autour des huit pays cibles du projet PARCC, afin d'intégrer la connectivité avec les pays adjacents. Nous avons limité tous les jeux de données à cette étendue pour réaliser cette analyse.

### *Aires protégées*

Nous avons collecté des données sur les aires protégées (AP) à partir de la Base de données mondiale sur les aires protégées (WDPA) (IUCN & UNEP-WCMC, 2013). Il s'agit du jeu de données mondial le plus adéquat et complet pour les AP. Nous avons obtenu des polygones d'AP supplémentaires pour le Tchad avant leur intégration dans la WDPA, qui ont été inclus dans notre analyse, étant donné qu'ils représentent d'importants changements concernant le réseau d'AP. Nous avons supprimé toutes les réserves du Programme de l'UNESCO sur l'homme et la biosphère, car certaines d'entre elles sont établies pour des raisons autres que la conservation de la biodiversité.

Certaines AP ne disposaient pas de polygones associés et correspondaient à des données de points dans le jeu de données de la WDPA. Lorsque ces points présentaient des attributs quant à la taille de l'AP qu'ils représentaient, nous avons créé des zones tampons circulaires égales à cette aire. Étant donné que ces points comportent un degré d'incertitude élevé pour une analyse spatiale détaillée, nous avons supprimé tout point présentant un statut suggéré. Nous avons combiné les AP qui étaient adjacentes l'une à l'autre, ou qui se chevauchaient, et nous avons supprimé les polygones inférieurs à 100 m<sup>2</sup> qui étaient d'évidentes confections issues de ce processus. En vue d'étudier la variation liée au fait d'inclure des données de points relatives aux AP dans nos analyses, nous avons comparé un sous-ensemble de nos résultats finaux à ceux provenant d'un autre jeu de données relatif aux aires protégées qui ne contenait aucune AP sous forme de points (c.-à-d. uniquement des polygones) (voir l'annexe 5).

### *Espèces génériques cibles en tant que substituts de la biodiversité*

Pour cette étude, nous avons travaillé sur l'évaluation de la connectivité entre les AP, concernant douze espèces génériques cibles, pour tâcher de représenter la gamme des espèces qui sont présentes dans la zone d'étude. Ces douze espèces génériques cibles ne sont pas basées sur des espèces spécifiques, mais correspondent à des combinaisons de trois préférences générales en termes d'habitat et de trois capacités de dispersion. Nous avons utilisé les préférences par rapport à l'habitat pour (i) les spécialistes des forêts ; (ii) les spécialistes des prairies ; et (iii) les généralistes en termes d'habitat. Plusieurs écosystèmes notables de la zone d'étude sont ainsi représentés, ainsi que les espèces généralistes qui sont capables de traverser une multitude d'écosystèmes. Nous avons combiné ces préférences aux distances maximales de dispersion correspondant à 1 km, 10 km et 100 km, en vue de représenter les espèces dont les capacités de dispersion correspondent à une courte, moyenne et longue distance. Ces valeurs ont été utilisées dans le cadre des travaux de Minor et Lookingbill (2010) concernant la connectivité des mammifères dans les AP, mais devraient également représenter les capacités de dispersion différentes des espèces appartenant à d'autres groupes taxonomiques.

## *Indices de connectivité et logiciels*

Nous avons utilisé le logiciel de théorie des graphes Conefor pour modéliser la connectivité car il permet de produire une diversité d'indices pour les AP et pour les liaisons entre celles-ci, ainsi que pour le paysage dans sa globalité. La théorie des graphes a été utilisée dans diverses disciplines pour représenter des systèmes complexes interconnectés, basés sur les nœuds et les liaisons entre ceux-ci.

Dans son application à la connectivité des espèces, les nœuds représentent les parcelles d'habitats, et les liaisons représentent la distance entre les parcelles (à travers la matrice). Les entrées requises par ce logiciel sont des informations relatives à la dispersion pour l'espèce concernée, un indicateur approprié de la qualité de l'habitat et les distances entre les parcelles d'habitats. Nous avons produit ces entrées pour chacune de nos espèces génériques cibles, afin de les utiliser dans ce logiciel.

Nous avons allié les préférences générales en termes d'habitat aux catégories correspondantes en termes de couvert végétal (voir l'annexe 2) issues du GLC 2000 (Bartholome & Belwarde, 2005). Nous avons mesuré la qualité de l'habitat pour chaque AP par la somme de la surface de ces catégories de couvert végétal. Nous n'avons inclus que les AP pour lesquelles les catégories de couvert végétal concernées couvraient plus de 1 % de leur surface, éliminant ainsi celles qui : (i) ne présentaient que peu ou aucune utilité pour les espèces génériques cibles ; (ii) pourraient représenter des erreurs dans la catégorie de couvert végétal (p. ex. petites parcelles de forêt isolées dans une région écologique désertique) ; ou (iii) ne contiennent vraisemblablement pas suffisamment d'habitats pour faciliter les déplacements dans l'AP. Pour cette analyse, nous n'avons pas étudié les habitats liés aux espèces se trouvant en-dehors des AP et nous avons calculé les distances euclidiennes (c.-à-d. en ligne droite) pour modéliser la dispersion entre les AP présentant un/des 'habitat/s'. Nous avons exécuté les modèles sous Conefor pour chacune des espèces génériques cibles en utilisant les valeurs correspondantes quant à la qualité de la parcelle, à la distance entre les parcelles et à leur distance maximale de dispersion.

Nous nous sommes intéressés à une composante de l'Indice intégral de connectivité (IIC) (Saura & Torné, 2009) issue du logiciel Conefor, qui mesure la connectivité en termes de disponibilité des habitats. Pour cet indice, une parcelle est soit reliée soit non reliée, en fonction de si elle se trouve en deçà de la distance maximale de dispersion de l'espèce concernée (d'autres indices, tels que l'indice PC, présentent des avantages résultant de l'utilisation de liens probabilistes et de noyaux de dispersion ; toutefois, les durées de traitement des données n'étaient pas pratiques). Conefor calcule l'importance de chaque parcelle (c.-à-d. une AP contenant un/des habitat/s) par rapport au réseau dans son ensemble en supprimant chaque parcelle tour à tour et en comparant la différence (varIIC) par rapport à l'indice intégral de connectivité (IIC) global de la totalité du réseau. Cet indice du changement (varIIC) peut être divisé en trois composantes et, pour cette analyse, nous avons ciblé la composante varIIC connecteur :

$$\text{varIIC} = \text{varIIC intra} + \text{varIIC flux} + \text{varIIC connecteur}$$

La composante varIIC intra représente la contribution via une connectivité interne des parcelles, et varIIC flux la contribution des parcelles reliées qui n'ont pas un rôle de relais mais qui sont reliées à d'autres parcelles (c.-à-d. les nœuds terminaux). La composante varIIC connecteur mesure l'importance d'une parcelle (c.-à-d. l'AP) par rapport à son rôle en tant que connectrice entre deux parcelles, ou plus, qui ne sont pas fonctionnellement reliées par ailleurs. Une brève analyse de la contribution de chacune des trois composantes est présentée dans la discussion.



Nous avons choisi de nous centrer sur la composante du connecteur, tout d'abord parce qu'elle est plus pertinente afin de mettre en évidence les AP qui se relient à travers les frontières et qu'elle écarte la tendance à attribuer des valeurs de connectivité plus élevées aux parcelles qui comportent de vastes zones, tel qu'il en résulte à partir d'autres indices. Cette composante tient compte de la zone d'habitats de toutes les parcelles qu'elle relie, mais pas de la sienne. Il s'agit donc d'un système de mesure très approprié pour évaluer la connectivité à travers les frontières.

Outre l'importance des parcelles, nous avons évalué la contribution potentielle de l'amélioration des liaisons entre les parcelles par la modélisation itérative des liaisons entre les AP, qui normalement ne seraient pas reliées, (c.-à-d. la distance maximale de dispersion des espèces actuellement extérieures) en tant qu'AP reliées, en calculant les valeurs de l'importance des liaisons (varIIC) pour chacune. Ces valeurs représentent la contribution ajoutée à la connectivité si la qualité du lien pouvait être améliorée, par exemple par l'amélioration des habitats ou l'agrandissement des AP. Afin de limiter le temps de traitement des données, nous avons modélisé l'amélioration pour toutes les liaisons jusqu'à 10 km au-delà de la distance maximale de dispersion pour chacune des espèces génériques cibles : liaisons courtes de dispersion comprises entre 1 km et 11 km ; liaisons moyennes de 10 km à 20 km ; longues de 100 km à 110 km.

### 3. Résultats

---

Les cartes dans cette section montrent un sous-ensemble des résultats issus de l'analyse complète, centré sur : (i) les aires protégées (AP) proches des frontières (dans un rayon de 10 km) et (ii) les liaisons proches des frontières (dans un rayon de 1 km). Pour chacun de ces éléments, les résultats sont organisés en fonction des préférences en termes d'habitat et des distances maximales de dispersion des différentes espèces génériques cibles :

- Spécialistes des forêts :
  - Capacité de dispersion à courte distance ( $\leq 1$  km)
  - Capacité de dispersion à moyenne distance ( $\leq 10$  km)
  - Capacité de dispersion à longue distance ( $\leq 100$  km)
- Spécialistes des prairies :
  - Capacité de dispersion à courte distance ( $\leq 1$  km)
  - Capacité de dispersion à moyenne distance ( $\leq 10$  km)
  - Capacité de dispersion à longue distance ( $\leq 100$  km)
- Spécialistes généralistes :
  - Capacité de dispersion à courte distance ( $\leq 1$  km)
  - Capacité de dispersion à moyenne distance ( $\leq 10$  km)
  - Capacité de dispersion à longue distance ( $\leq 100$  km)

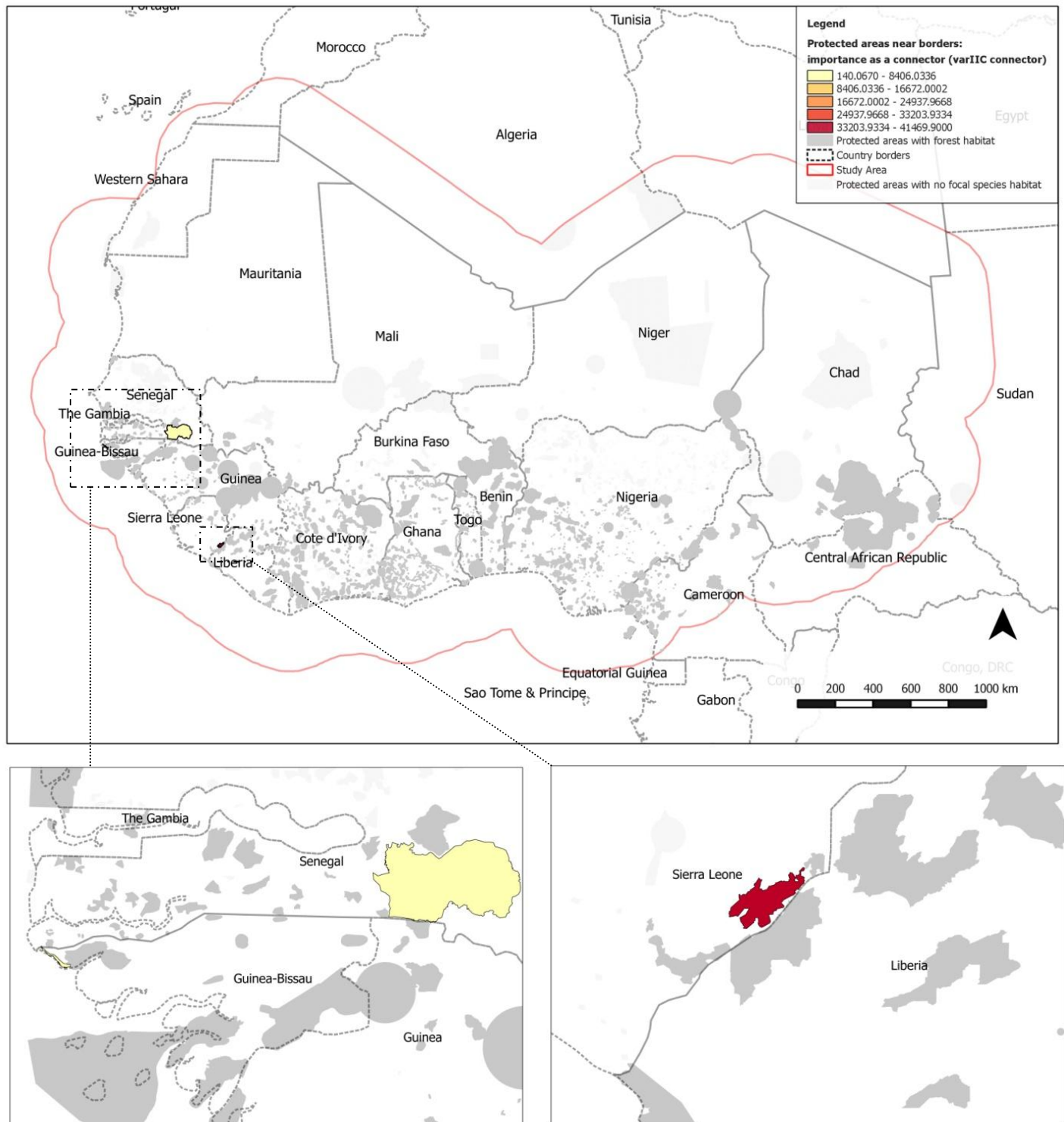
Les caractéristiques des espèces génériques cibles susmentionnées tentent de représenter une partie de la gamme de préférences des espèces dans la zone d'étude.

La légende de chacune des cartes des AP montre la contribution de chaque AP en tant que connectrice relais (c.-à-d. la composante varIIC connecteur du système de mesure de la disponibilité des habitats, varIIC). Dans les légendes des cartes relatives à l'importance des liaisons, les valeurs varIIC représentent uniquement la composante du connecteur car, de par leur nature, les liaisons ne peuvent contribuer qu'à la disponibilité des habitats par le biais de cette composante. Des catégories de couleurs ont été choisies pour représenter l'importance relative quant aux caractéristiques spécifiques des espèces génériques cibles évaluées et, par conséquent, ne devraient pas être comparées directement d'une carte à l'autre.

Des résultats supplémentaires sont présentés dans les annexes suivantes :

1. Le nombre variable de liaisons entre les AP pour les trois distances de dispersion utilisées dans cette étude : 1 km, 10 km, 100 km, pour toutes les AP d'Afrique de l'Ouest.
2. Les catégories de couvert végétal utilisées pour représenter les habitats dans les AP, pour les espèces cibles de cette étude.
3. L'importance des AP en tant que connectrices par rapport à l'ensemble du réseau d'AP dans les pays du projet PARCC, pour les espèces génériques cibles.
4. L'importance potentielle de l'amélioration des liaisons entre les AP par rapport à l'ensemble du réseau d'AP dans les pays du projet PARCC, pour les espèces génériques cibles.
5. Les variations de l'indice du Connecteur varIIC résultant de la suppression des AP constituées de points tamponnés de l'analyse.

## Aires protégées : importance de leur rôle en tant que connectrices relais

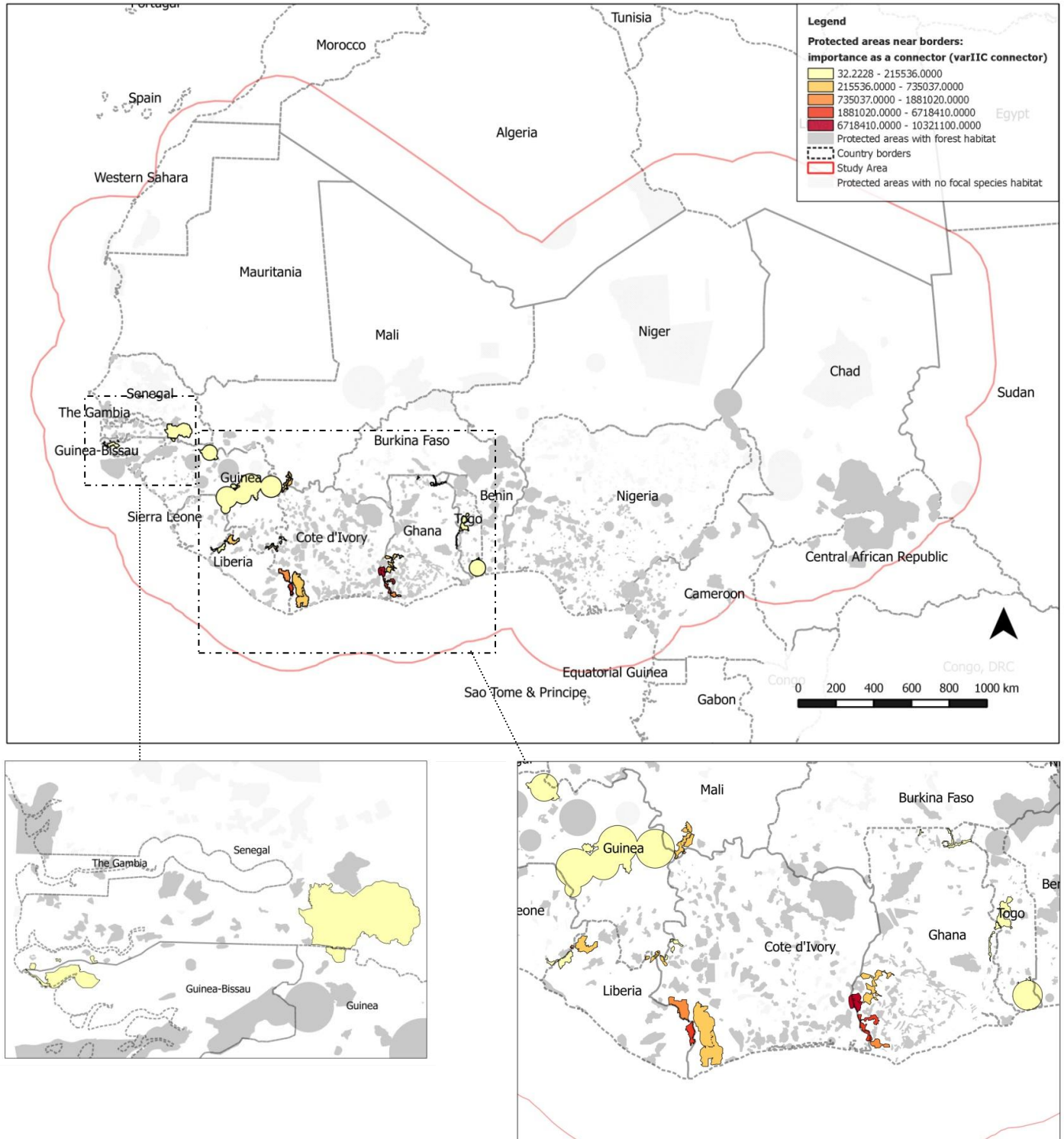


**Figure 1.** Importance des AP en tant que connectrices (relais) pour les espèces génériques cibles : **spécialistes des forêts présentant des capacités maximales de dispersion à courte distance (1 km).**

Seules trois AP proches des frontières contribuent à l'indice du connecteur pour les espèces forestières à courte distance de dispersion :

- Le Parc national de la forêt de Gola en Sierra Léone (dont la contribution est la plus grande des trois) ;
- Le Parc national du Niokolo-Koba au Sénégal ; et

- Le Parc national de Varela, une AP littorale de très petite taille en Guinée-Bissau.



**Figure 2.** Importance des AP en tant que connectrices (relais) pour les espèces génériques cibles : **spécialistes des forêts présentant des capacités maximales de dispersion à moyenne distance (10 km).**

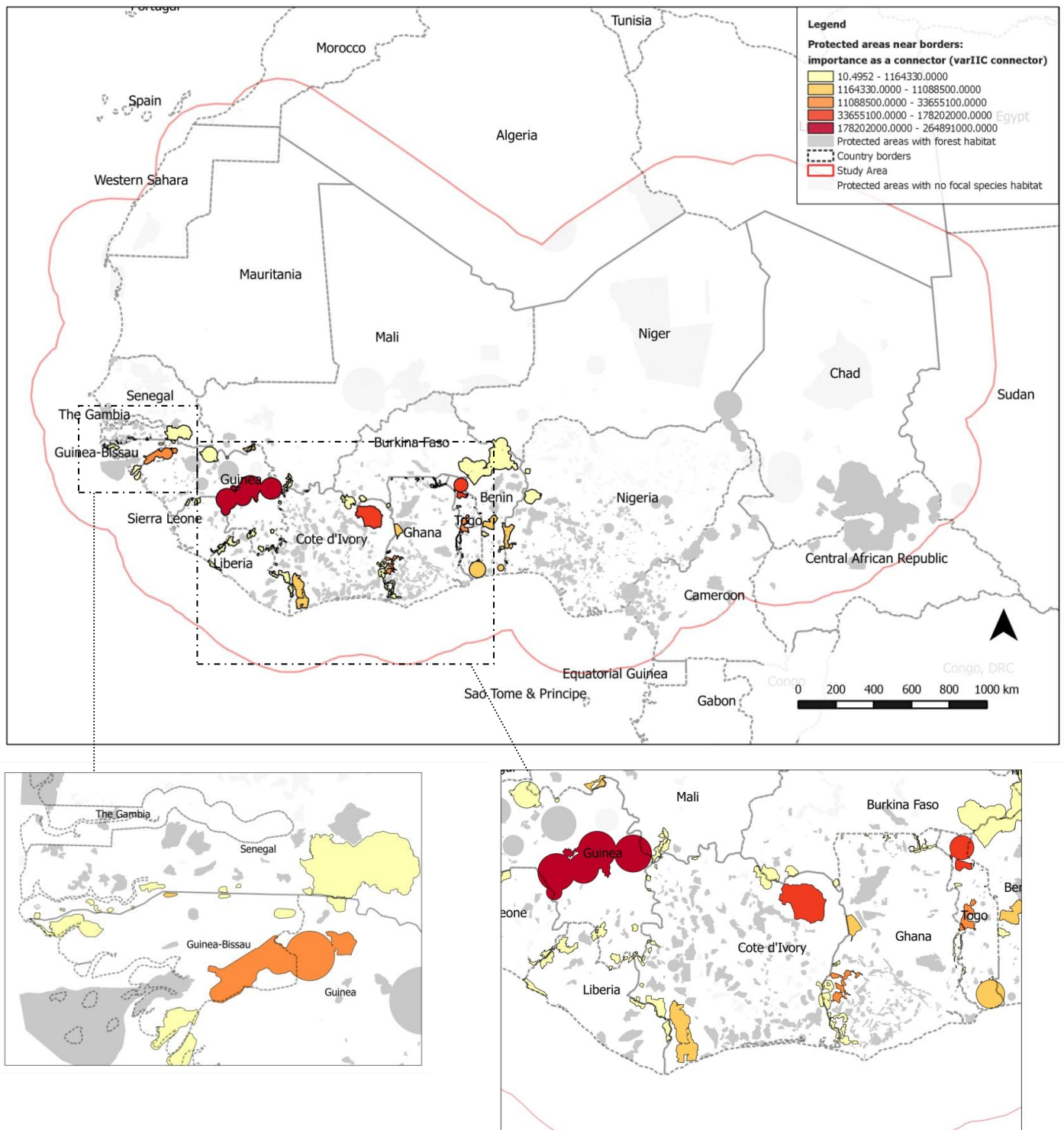
Les AP connectrices les plus importantes pour les espèces forestières à moyenne distance de dispersion se trouvent dans deux zones principales :

- Les AP le long de la frontière Ghana-Côte d'Ivoire : les Forêts classées de Diambarakrou et Tanoé en Côte d'Ivoire ; le Parc national de Bia et les Réserves forestières de Sukuzuki, de Bia Tawya, de Diadieso, de Boin River, de Disue River, de Yoyo River, et de Tano Ehuro, et Tano Anwia, au Ghana ; et

- Le Parc national de Grebo au Libéria (et dans une moindre mesure les forêts classées de Gouin, N°58 et N°77, qui se trouvent au nord de cette AP au Ghana).

Trois autres zones présentent légèrement moins d'importance, comprenant notamment les AP suivantes :

- Le Parc national de Foya au Libéria, et le Parc national de la forêt de Gola en Sierra Léone ;
- Les Réserves fauniques de Djangoumerila, Nienendougou, Djinetoumanina et Dialakoro au Mali, et la Forêt classée du Mont Manda en Côte d'Ivoire ; et
- Les Parcs nationaux des forêts est et ouest du mont Nimba au Libéria, et la Réserve naturelle intégrale du mont Nimba classée site du patrimoine mondial en Guinée.

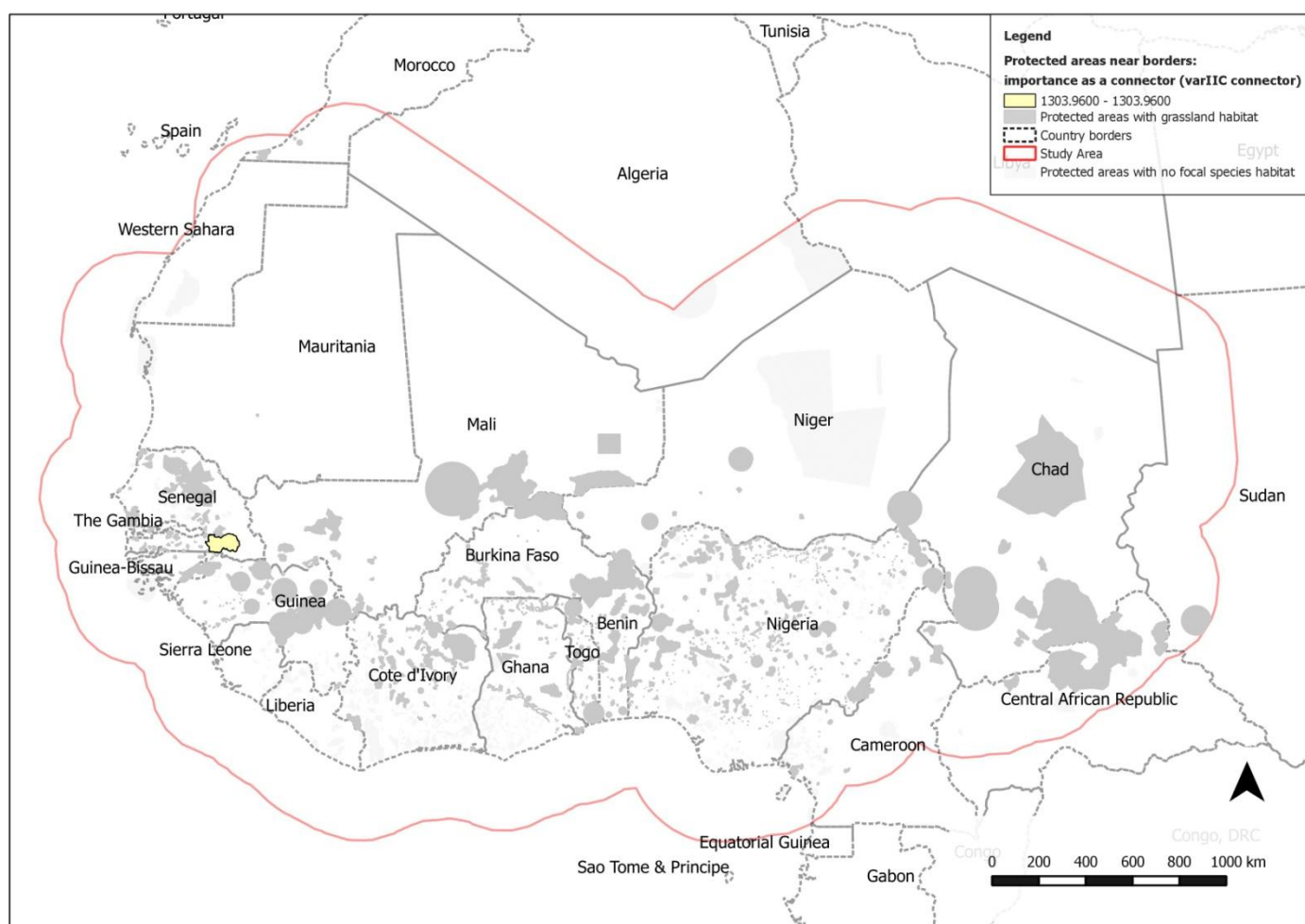


**Figure 3.** Importance des AP en tant que connectrices (relais) pour les espèces génériques cibles : **spécialistes des forêts présentant des capacités maximales de dispersion à longue distance (100 km).**

Bien d'autres AP connectrices ont été identifiées quant à leur importance pour les espèces forestières à longue distance de dispersion, particulièrement le vaste complexe d'AP en Guinée constitué des sites Ramsar de Niger-Mafou, de Niger Source, de Niger-Niandan-Milo, et de Sankarani-Fié, ainsi que du Parc national du Haut Niger (zone centrale de Kouya) et de la Forêt classée de Kourani-Oulete-Dienne. Il est toutefois important de préciser l'incertitude inhérente quant aux AP composées entièrement ou en partie de points tamponnés.

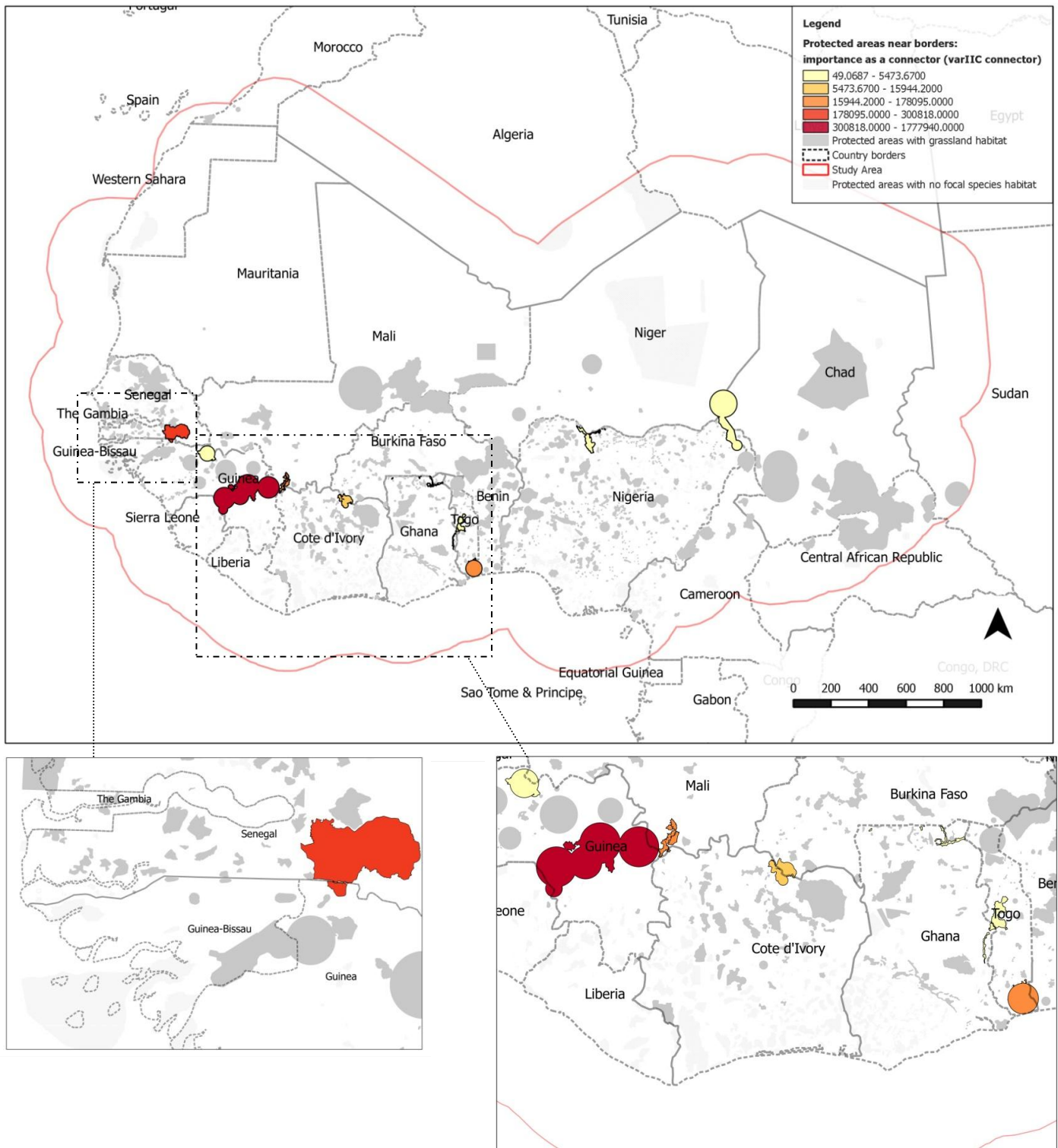
Les AP connectrices suivantes ont également été identifiées quant à leur importance considérable :

- La Réserve de biosphère de l'UNESCO-MAB Oti-Keran/Oti-Mandouri, le site Ramsar du Bassin versant Oti-Mandouri et le Parc national de la Kéran au Togo, qui sont proches du système d'AP transfrontalières du WAP ('W', Arly, Penjari) entre le Bénin, le Burkina Faso et le Niger ; et
- La Réserve de biosphère de l'UNESCO-MAB du Parc national de la Comoé en Côte d'Ivoire, proche des frontières du Burkina Faso et du Ghana.



**Figure 4.** Importance des AP en tant que connectrices (relais) pour les espèces génériques cibles : **spécialistes des prairies présentant des capacités maximales de dispersion à courte distance (1 km).**

Pour les espèces des prairies à courte distance de dispersion, seule une AP proche des frontières nationales contribue à la connectivité en tant que connectrice relais : le Parc national du Niokolo-Koba au Sénégal, à côté de la frontière guinéenne.

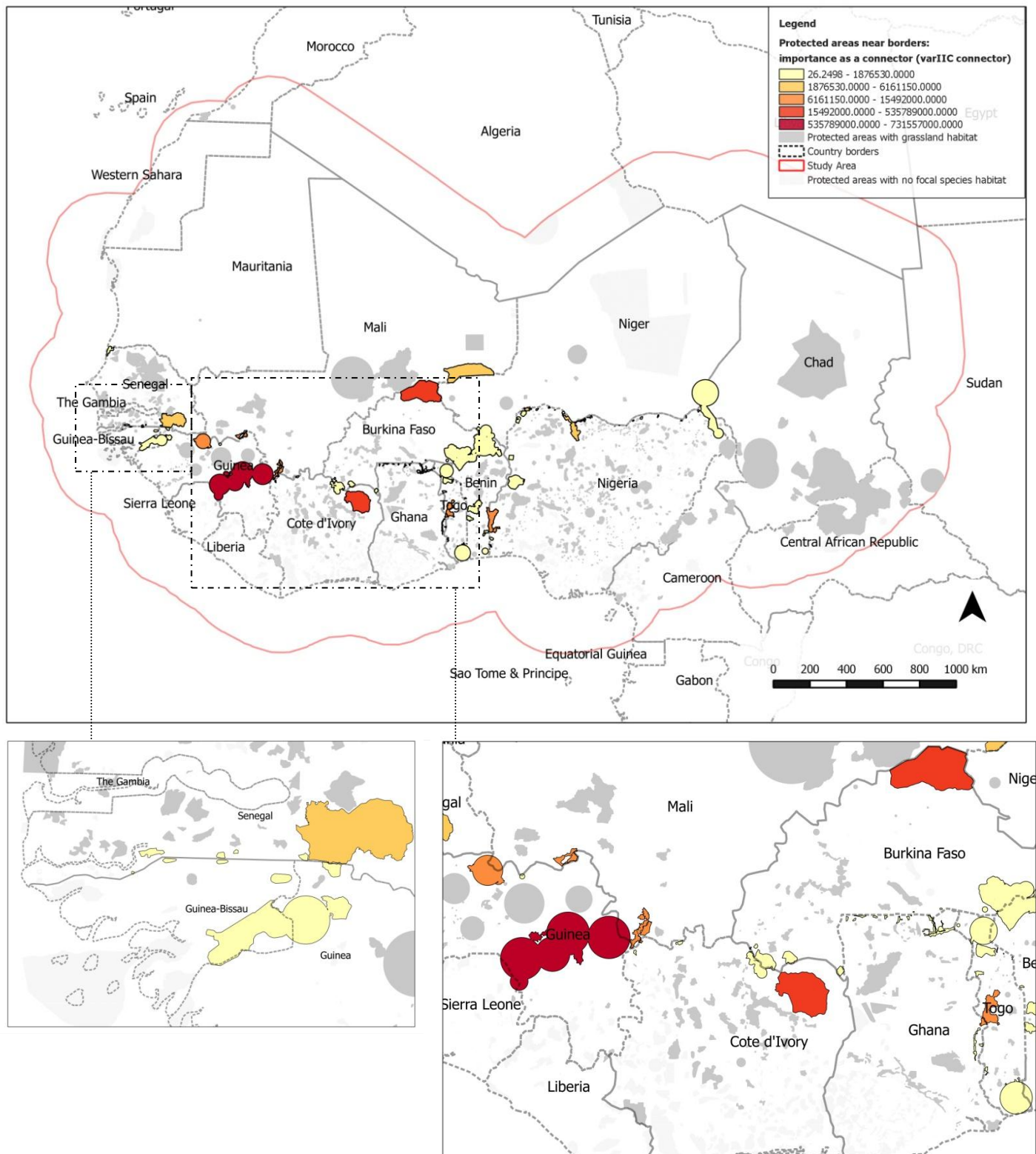


**Figure 5.** Importance des AP en tant que connectrices (relais) pour les espèces génériques cibles : **spécialistes des prairies présentant des capacités maximales de dispersion à moyenne distance (10 km).**

Les AP connectrices les plus importantes pour les espèces des prairies à moyenne distance de dispersion correspondent au complexe d'AP situé en Guinée (toutefois, comme susmentionné, ces AP sont en réalité un ensemble de points tamponnés et devraient donc être traitées avec précaution). En outre, les AP suivantes apportent également une contribution de manière significative :

- Le Parc national du Niokolo-Koba au Sénégal, et le Parc national du Badiar en Guinée ; et

- Les Réserves fauniques de Djangoumerila, Nienendougou, Djinetoumanina et Dialakoro au Mali, et la Forêt classée du mont Manda en Côte d'Ivoire ; et
- Le site Ramsar des *Zones humides du littoral du Togo* au Togo, proche de la frontière béninoise.

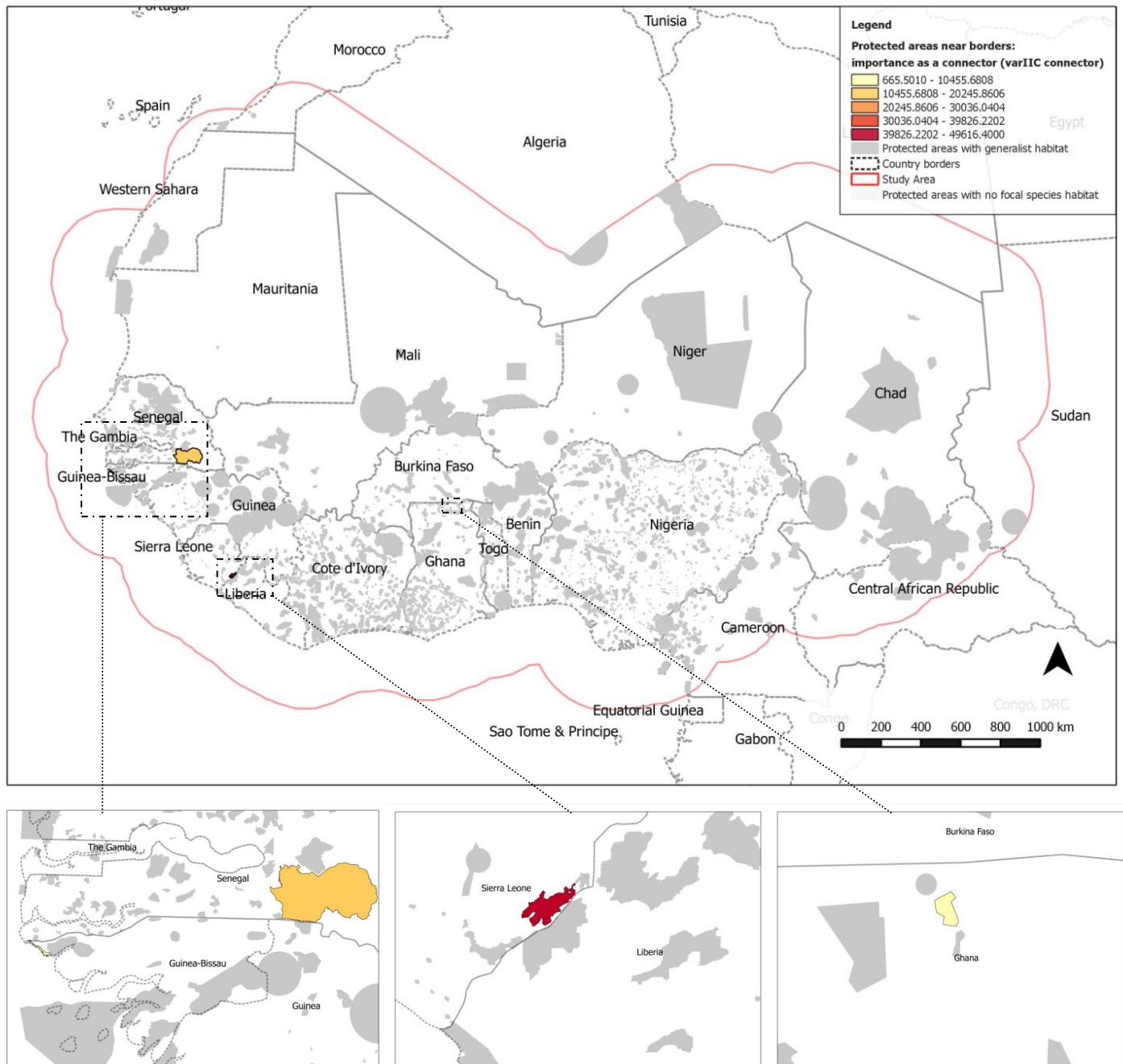


**Figure 6.** Importance des AP connectrices (relais) pour les espèces génériques cibles : **spécialistes des prairies** présentant des capacités maximales de dispersion à longue distance (100 km).



Des AP connectrices similaires (ainsi que plusieurs autres) ont été déterminées pour les espèces des prairies à longue distance de dispersion et à moyenne distance de dispersion. Outre le complexe d'AP en Guinée (voir la description et l'avertissement susmentionnés), les AP connectrices suivantes ont été identifiées :

- Le Parc national de la Comoé classé site du Patrimoine mondial en Côte d'Ivoire, proche des frontières du Burkina Faso et du Ghana ; et
- La Réserve partielle de faune du Sahel au Burkina Faso, le long de la frontière malienne et nigérienne, et adjacente à la Réserve partielle des éléphants du Gourma au Mali.

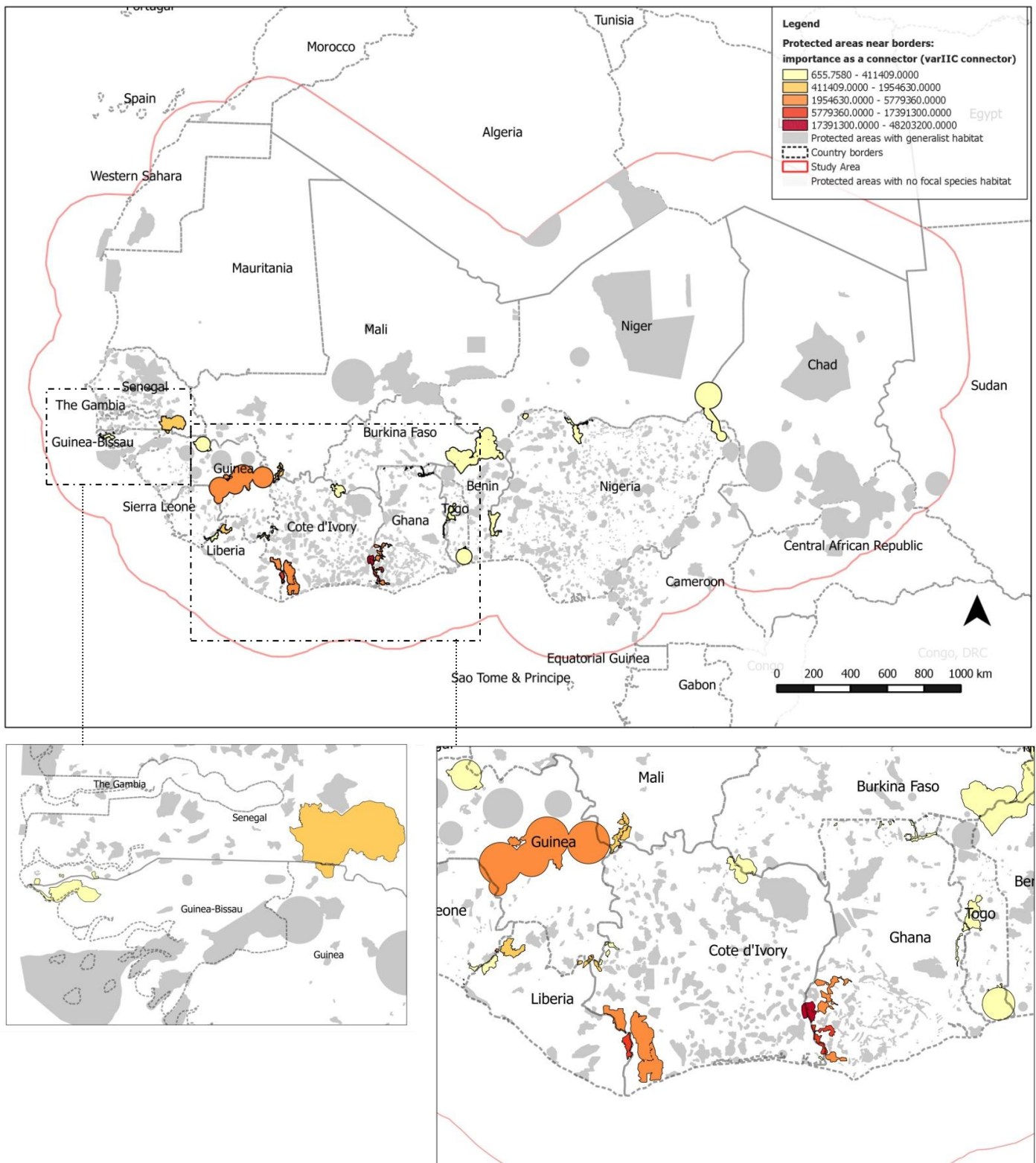


**Figure 7. Importance des AP connectrices (relais) pour les espèces génériques cibles : généralistes présentant des capacités maximales de dispersion à courte distance (1 km).**

Les AP connectrices qui semblent être les plus importantes pour les généralistes à courte distance de dispersion sont :

- Le Parc national de la forêt de Gola, en Sierra Leone (la plus importante) ;

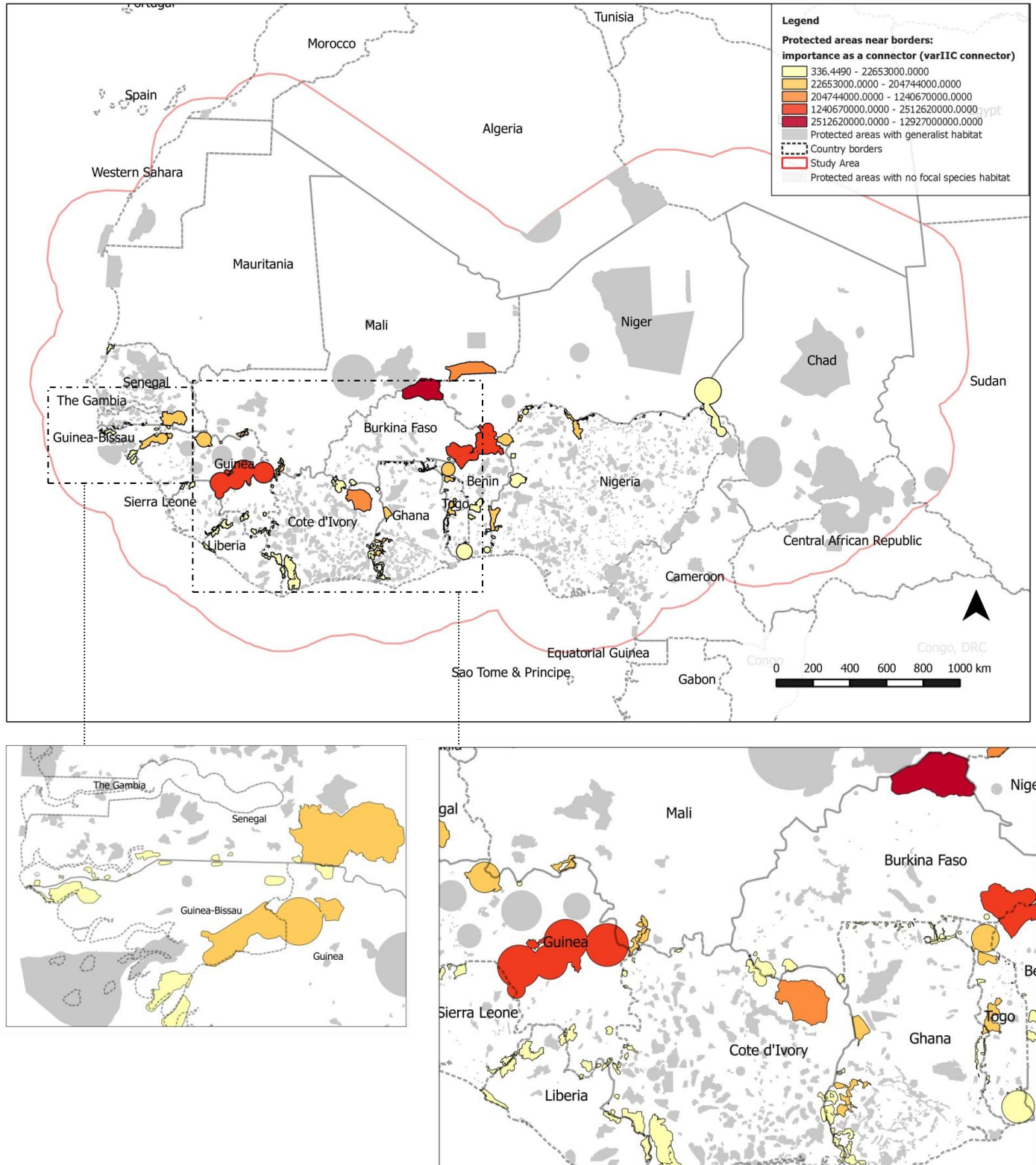
- Le Parc national du Niokolo-Koba au Sénégal ; et
- La Réserve forestière nord de l'initiative Navrongo au Ghana, proche de la frontière du Burkina Faso (dans une moindre mesure).



**Figure 8.** Importance des AP connectrices (relais) pour les espèces génériques cibles : **généralistes présentant des capacités maximales de dispersion à moyenne distance (10 km).**

Les AP présentant les valeurs les plus élevées en tant que connectrices pour les généralistes à moyenne distance de dispersion sont :

- Les AP le long de la frontière Ghana-Côte d'Ivoire : les Forêts classées de Diambarakrou et Tanoe en Côte d'Ivoire ; le Parc national de Bia et les Réserves forestières de Sukuzuki, de Bia Tawya, de Diadieso, de Boin River, de Disue River, de Yoyo River, et de Tano Ehuro, et Tano Anwia, au Ghana ; et
- Le Parc national de Grebo au Libéria, proche de la frontière de la Côte d'Ivoire.



**Figure 9.** Importance des AP connectrices (relais) pour les espèces génériques cibles : **généralistes présentant des capacités maximales de dispersion à longue distance.**

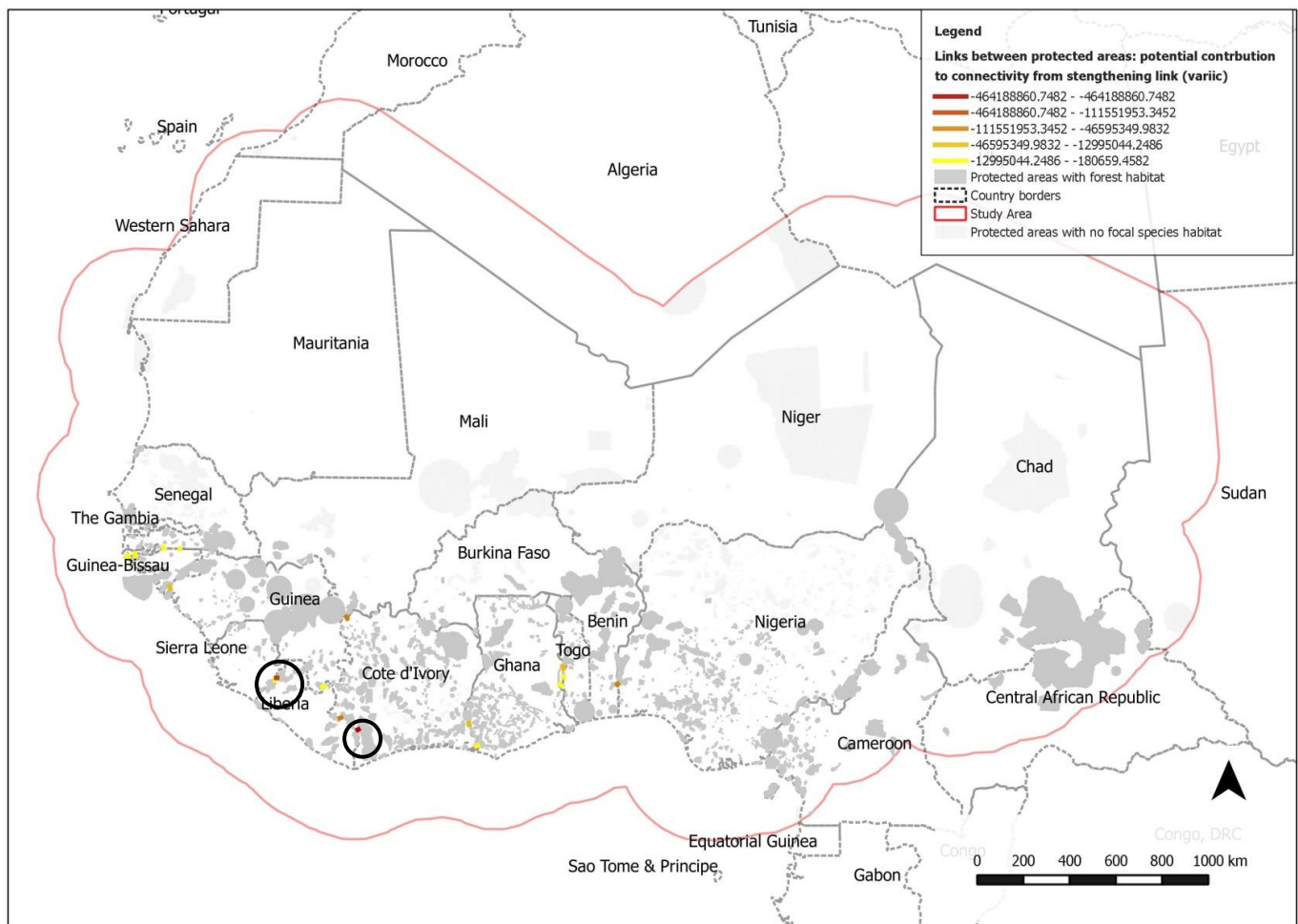
Outre les AP qui traversent la Guinée (susmentionnées), les AP connectrices prioritaires les plus importantes pour les généralistes à longue distance de dispersion se trouvent dans les zones suivantes :

- La Réserve partielle de faune du Sahel au Burkina Faso, le long de la frontière malienne et nigérienne, et adjacente à la Réserve partielle des éléphants du Gourma au Mali ; et
- Le complexe transfrontalier WAP composé de trois aires protégées : la Réserve partielle de faune d'Arly au Burkina Faso, la Zone de chasse de la Pendjari au Bénin et le Parc transfrontalier 'W' au Bénin, au Burkina Faso et au Niger.

Deux autres aires ressortent également quant à leur importance pour les généralistes à longue distance de dispersion :

- Le Parc national de la Comoé classé site du Patrimoine mondial en Côte d'Ivoire, proche des frontières du Burkina Faso et du Ghana ; et
- La Réserve intégrale de faune d'Ansongo Menaka au Mali.

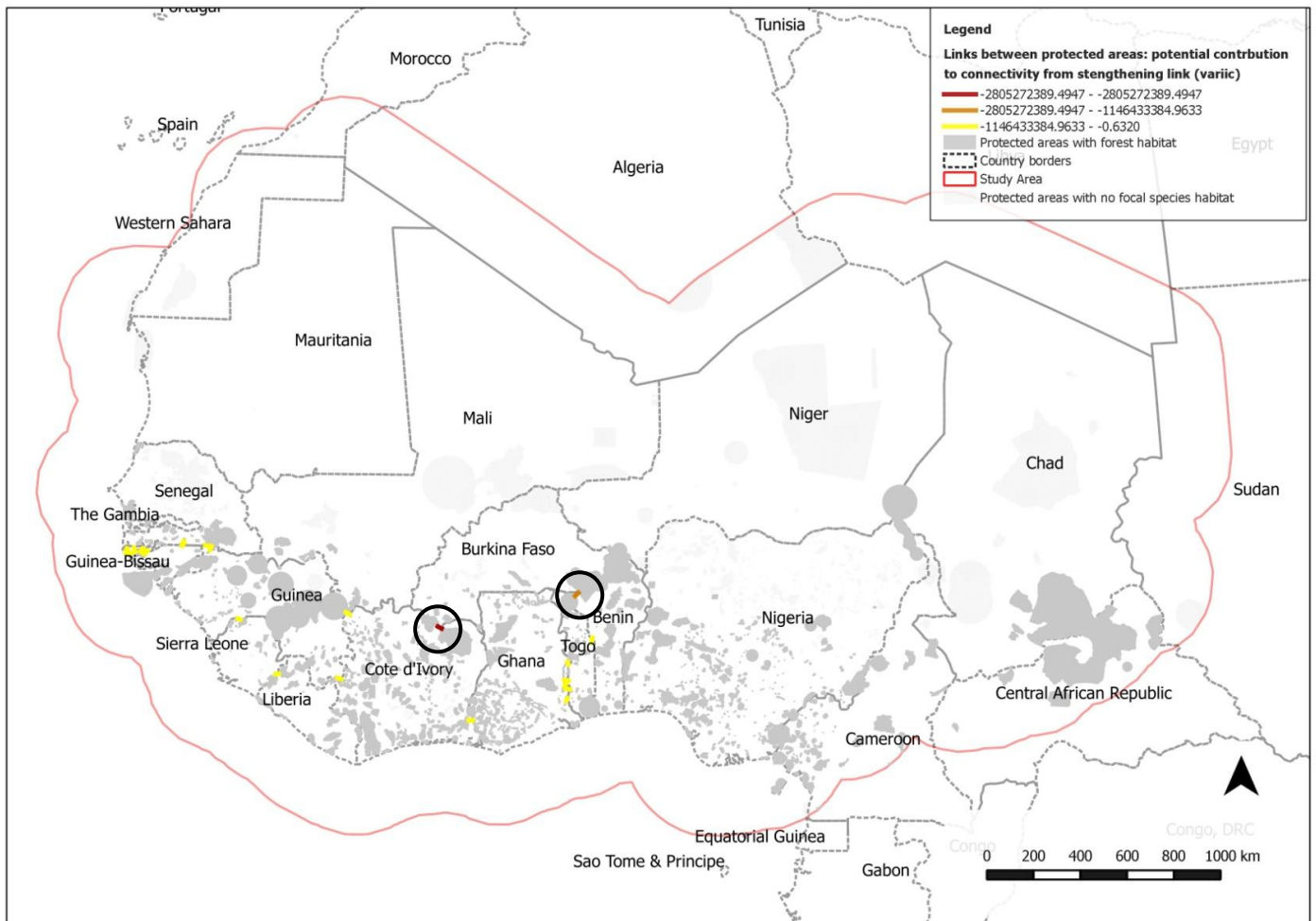
*Liaisons : importance potentielle de leur rôle en tant que connectrices, si elles sont améliorées*



**Figure 10.** Importance potentielle de l'amélioration des liaisons entre les AP pour les espèces génériques cibles : **spécialistes des forêts présentant des capacités maximales de dispersion à courte distance (1 km).**

Pour les spécialistes des forêts à courte distance de dispersion, les liaisons transfrontalières qui présentent la contribution potentielle la plus élevée, si elles sont renforcées, sont les suivantes :

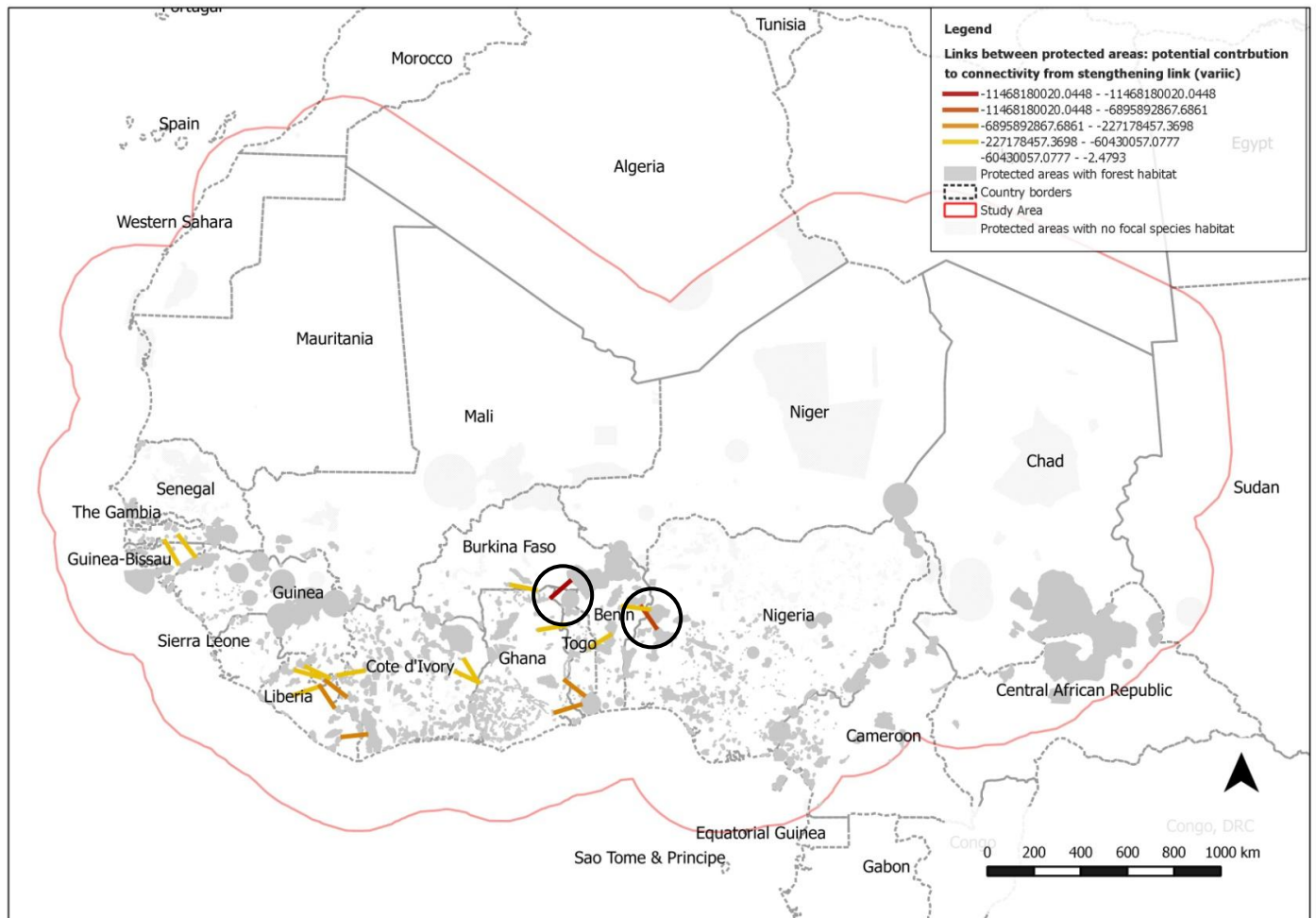
- Entre le Parc national de Grebo au Libéria et le Parc national de Taï classé site du Patrimoine mondial en Côte d'Ivoire ; et
- Entre le Parc national de Foya au Libéria et le Parc national de la forêt de Gola en Sierra Léone.



**Figure 11.** Importance potentielle de l'amélioration des liaisons entre les AP pour les espèces génériques cibles : **spécialistes des forêts présentant des capacités maximales de dispersion à moyenne distance (10 km).**

Les liaisons potentielles importantes qui ont été trouvées pour ces espèces forestières à moyenne distance de dispersion sont les suivantes :

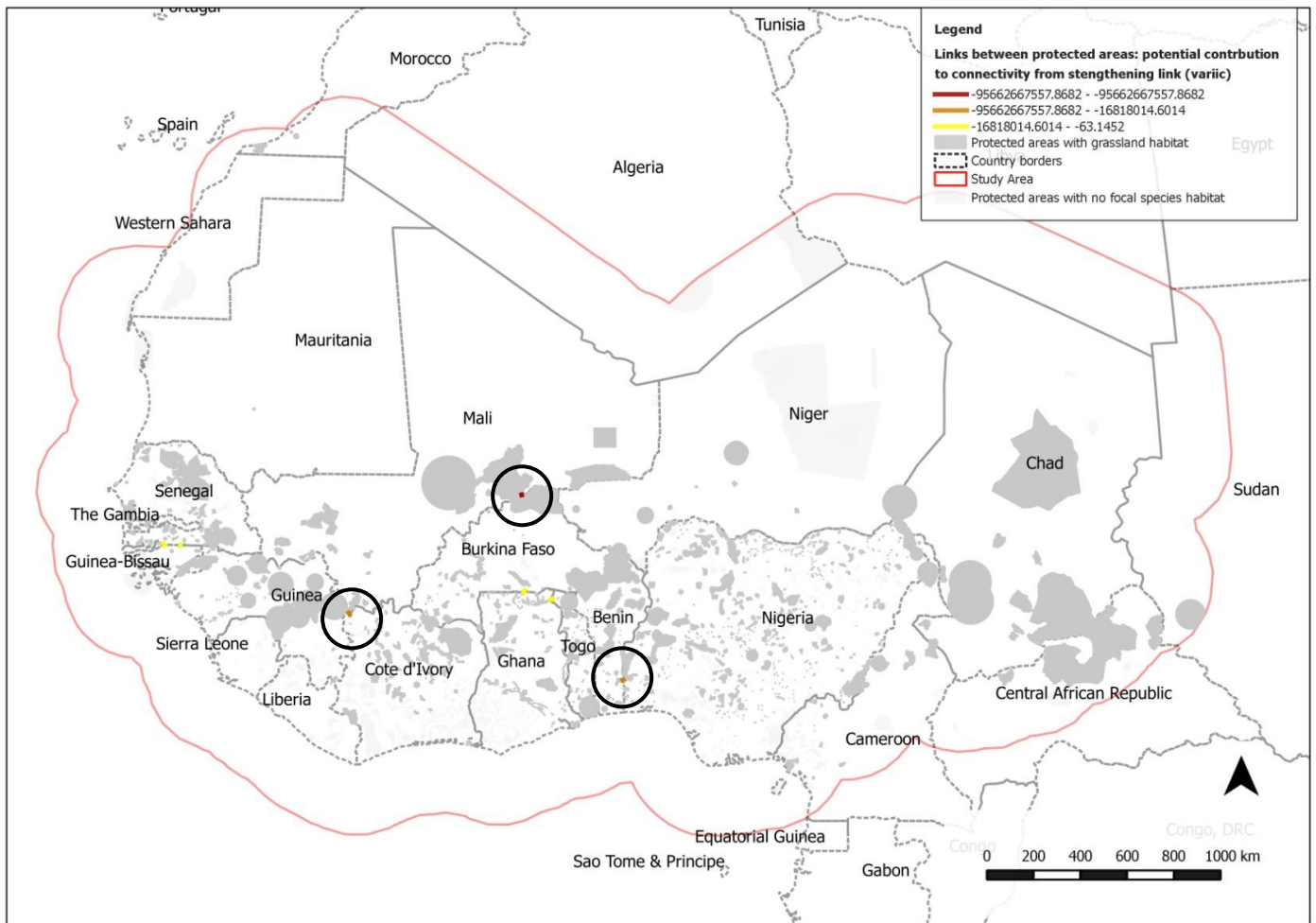
- Entre le Parc national de la Comoé classé site du Patrimoine mondial en Côte d'Ivoire et la Forêt classée de Logoniegue au Burkina Faso ; et
- Entre le Parc national de la Kéran au Togo et la Zone de chasse de la Pendjari au Bénin (qui fait partie du complexe WAP susmentionné).



**Figure 12.** Importance potentielle de l'amélioration des liaisons entre les AP pour les espèces génériques cibles : **spécialistes des forêts présentant des capacités maximales de dispersion à longue distance (100 km).**

Parmi les nombreuses liaisons transfrontalières de longue distance qui devraient apporter une contribution significative si elles sont améliorées, les suivantes ressortent comme étant les plus importantes :

- Entre la Réserve partielle de faune de Pama au Burkina Faso (qui fait partie du complexe WAP susmentionné) et les Réserves forestières de Marago River et de Gambaga East au Ghana, à travers le Togo ; et
- Entre la Réserve forestière des Trois Rivières au Bénin et la Réserve forestière de Vobera au Nigéria.

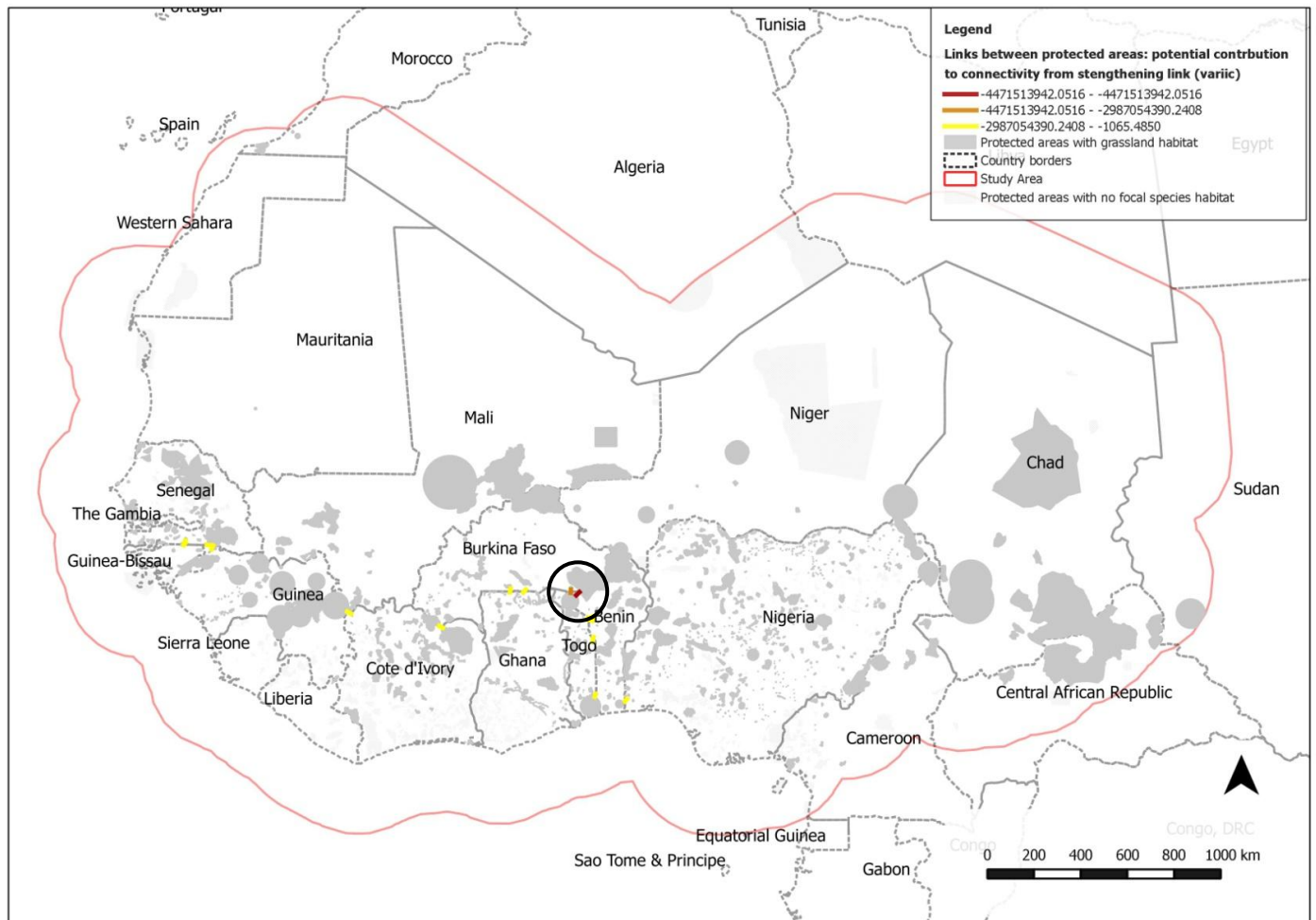


**Figure 13.** Importance potentielle de l'amélioration des liaisons entre les AP pour les espèces génériques cibles : **spécialistes des prairies présentant des capacités maximales de dispersion à courte distance (1 km).**

Les possibilités de liaisons les plus notables qui ont été trouvées quant à l'amélioration de la connectivité du réseau d'AP pour les espèces des prairies à courte distance de dispersion sont les suivantes :

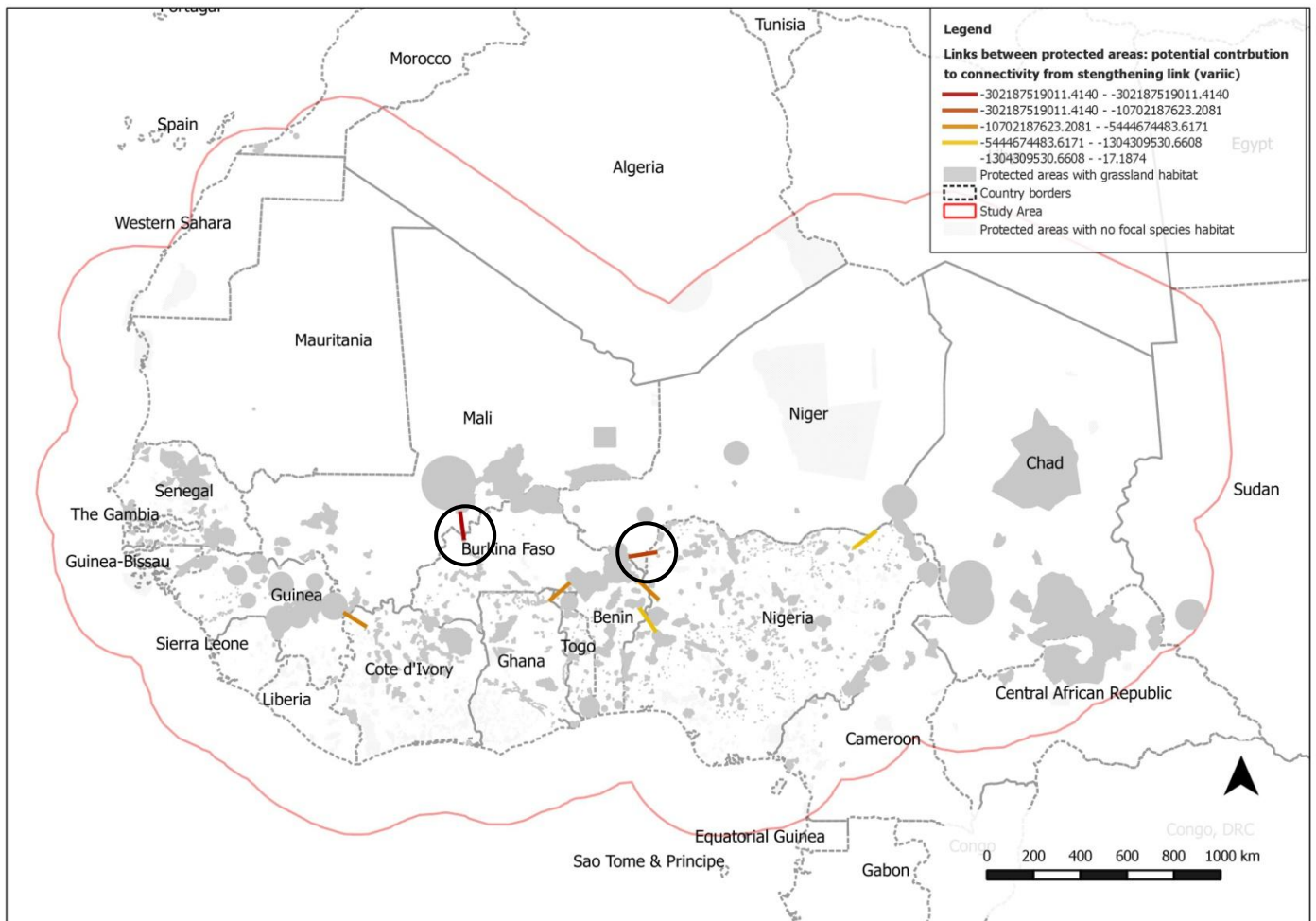
- Entre la Réserve partielle de chasse du Sahel au Burkina Faso et la Réserve partielle des éléphants du Gourma au Mali (qui semble être la liaison la plus importante) ;
- Entre la Forêt classée de Dogo au Bénin et la Réserve forestière d'Odugebe au Nigéria ; et
- Entre le site Ramsar de Sankarani-Fié en Guinée et la Réserve faunique de Djanguoumerila au Mali.





**Figure 14.** Importance potentielle de l'amélioration des liaisons entre les AP pour les espèces génériques cibles : **spécialistes des prairies présentant des capacités maximales de dispersion à moyenne distance (10 km).**

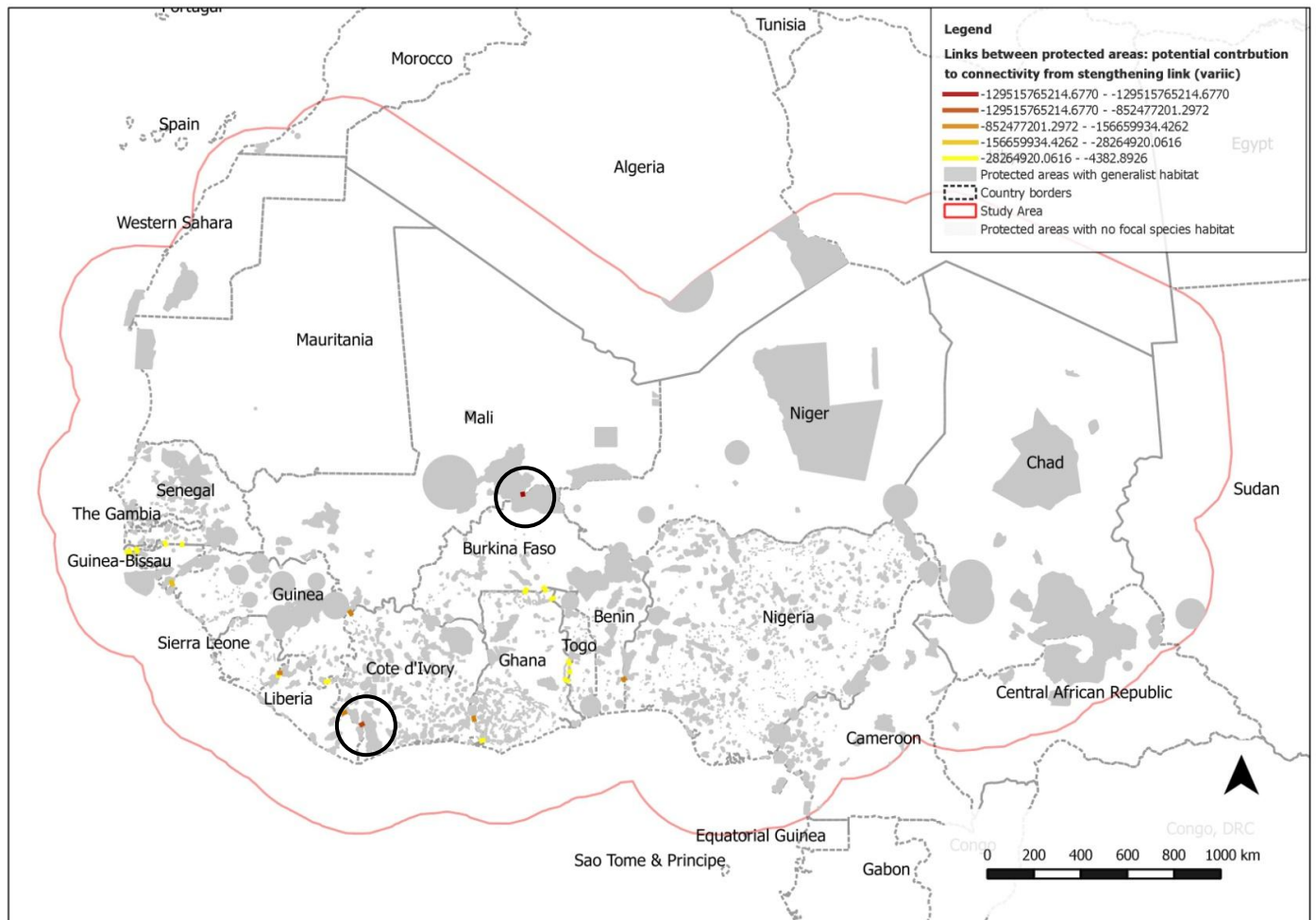
Les liaisons les plus importantes pour les espèces des prairies à moyenne distance de dispersion, si elles sont améliorées, semblent se situer aux alentours du complexe WAP d'AP transfrontalières (susmentionné), entre le site Ramsar du Bassin Versant Oti-Mandouri au Togo, et deux autres AP : la Zone de chasse de la Pendjari au Bénin, et le site Ramsar du Barrage de la Kompiega au Burkina Faso.



**Figure 15.** Importance potentielle de l'amélioration des liaisons entre les AP pour les espèces génériques cibles : **spécialistes des prairies présentant des capacités maximales de dispersion à longue distance (100 km).**

Les spécialistes des prairies à longue distance de dispersion seront vraisemblablement davantage favorisés par l'amélioration des liaisons suivantes :

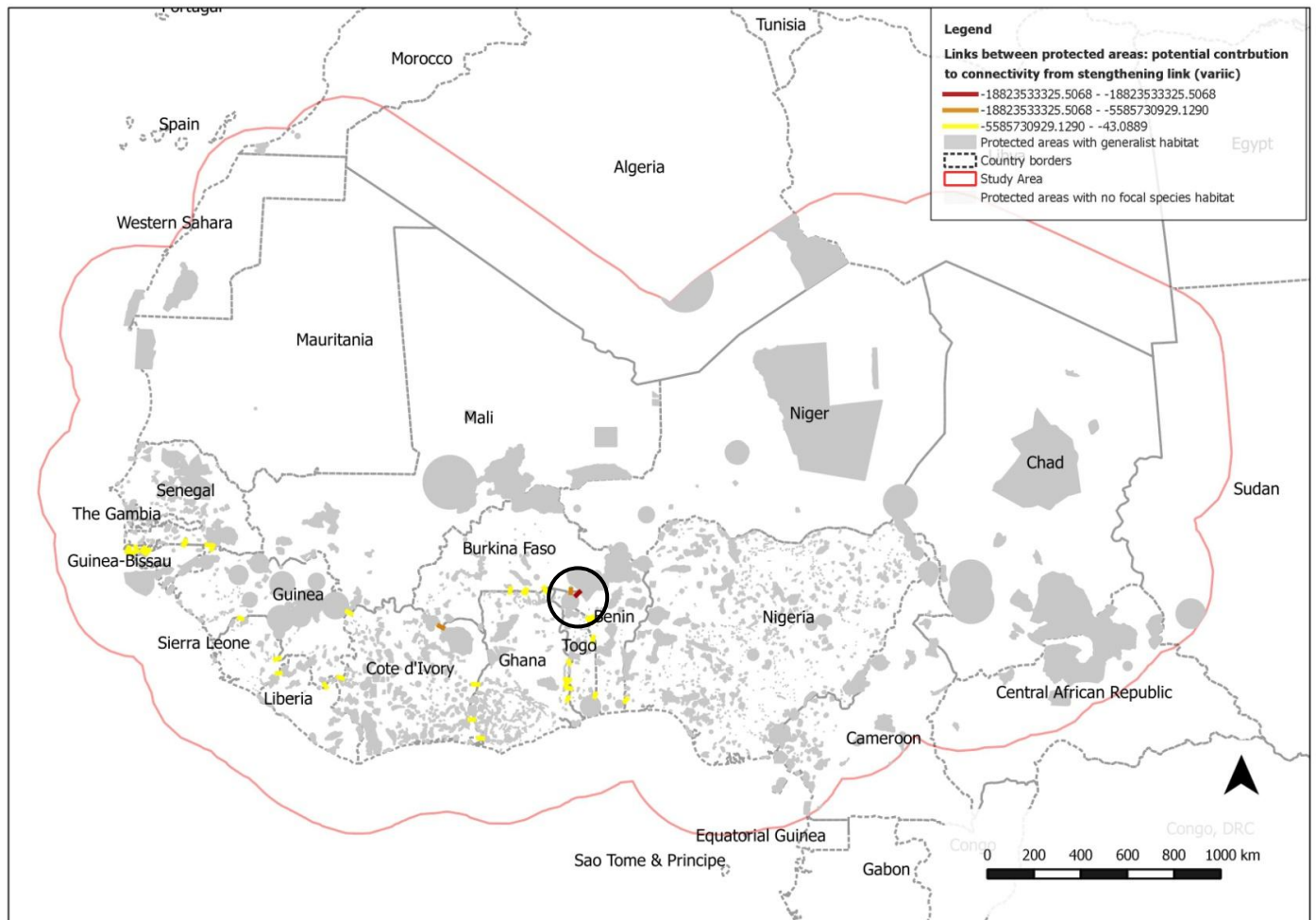
- Entre les Falaises de Bandiagara classées site du Patrimoine mondial et la Forêt classée de la source de Mouhoun au Burkina Faso ; et
- Entre le Parc W au Bénin (qui fait partie du complexe WAP susmentionné) et la Réserve forestière de Bagga au Nigéria, à travers le Niger.



**Figure 16.** Importance potentielle de l'amélioration des liaisons entre les AP pour les espèces génériques cibles : **généralistes présentant des capacités maximales de dispersion à courte distance (1 km).**

Les liaisons suivantes correspondent aux options des améliorations potentielles les plus importantes pour les généralistes présentant des capacités de dispersion à courte distance :

- Entre la Réserve partielle de chasse du Sahel au Burkina Faso et la Réserve partielle des éléphants du Gourma au Mali ; et
- Entre le Parc national de Grebo au Libéria et le Parc national de Taï classé site du Patrimoine mondial en Côte d'Ivoire.



**Figure 17.** Importance potentielle de l'amélioration des liaisons entre les AP pour les espèces génériques cibles : **généralistes présentant des capacités maximales de dispersion à moyenne distance (10 km).**

Les liaisons les plus importantes pour les généralistes à moyenne distance de dispersion, si elles sont améliorées, semblent se situer aux alentours du complexe WAP d'AP transfrontalières (susmentionné), entre le site Ramsar du Bassin Versant Oti-Mandouri au Togo, et deux autres AP : la Zone de chasse de la Pendjari au Bénin, et le site Ramsar du Barrage de la Kompiega au Burkina Faso.

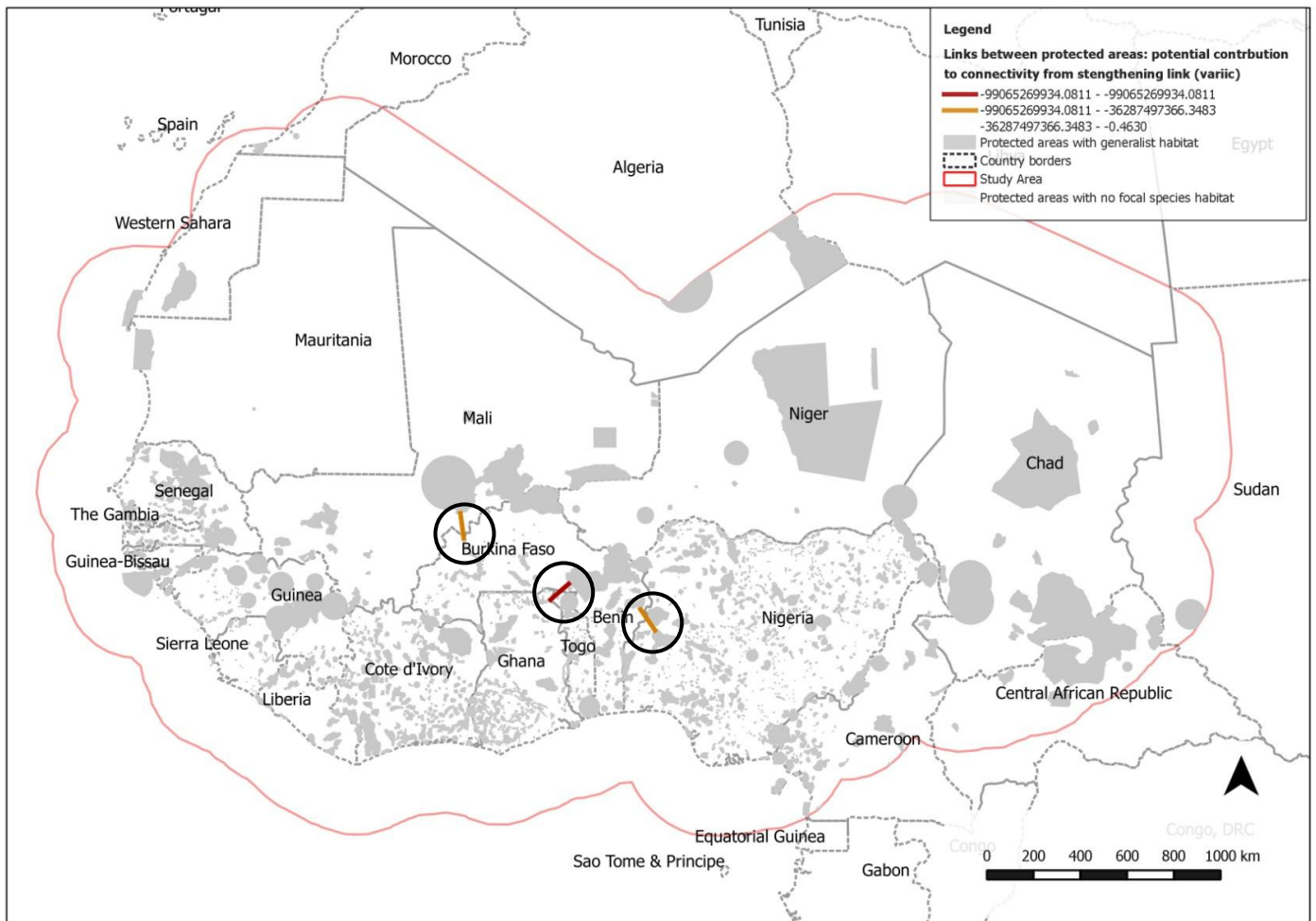


Figure 18. Importance potentielle de l'amélioration des liaisons entre les AP pour les espèces génériques cibles : **généralistes présentant des capacités maximales de dispersion à longue distance.**

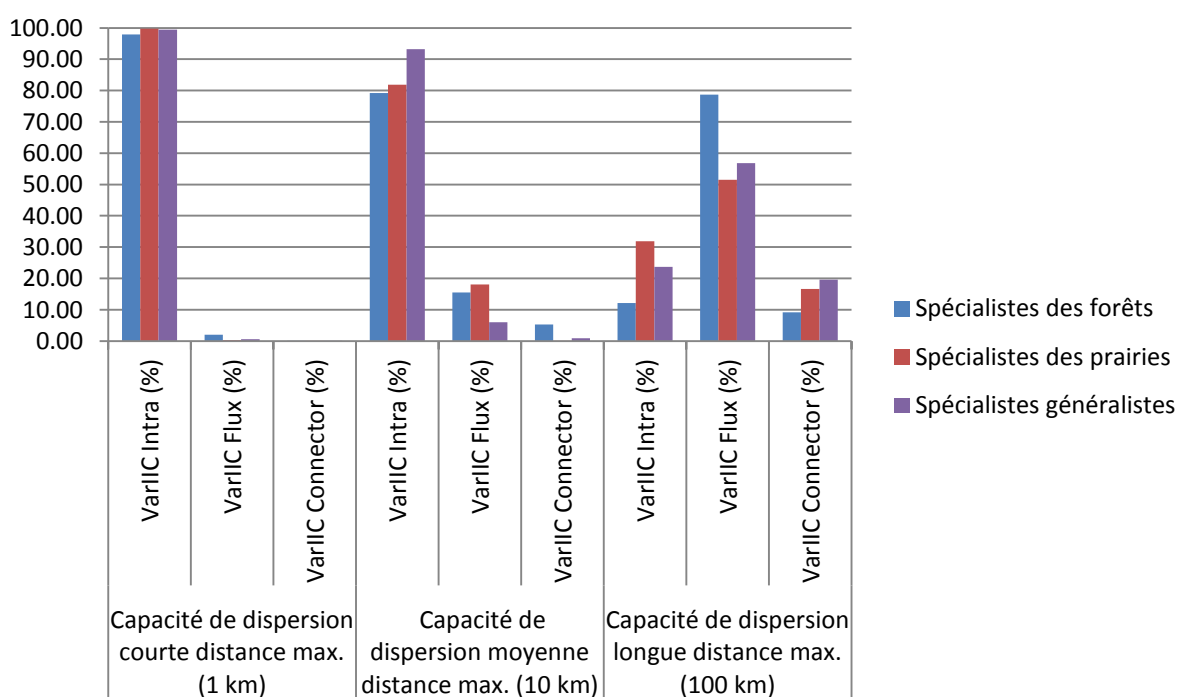
Les généralistes à longue distance de dispersion seront vraisemblablement davantage favorisés par l'amélioration des liaisons suivantes :

- Entre le Parc 'W' au Bénin (qui fait partie du complexe WAP susmentionné) et la Réserve forestière de Bagga au Nigéria, à travers le Niger ;
- Entre les Falaises de Bandiagara classées site du Patrimoine mondial et la Forêt classée de la source de Mouhoun au Burkina Faso ; et
- Entre la Réserve forestière des Trois Rivières au Bénin et la Réserve forestière de Vobera au Nigéria.

## 4. Discussion

En modélisant les caractéristiques issues d'un ensemble hypothétique d'espèces génériques cibles, nous avons mis en évidence un certain nombre d'aires protégées (AP) et de liaisons où des actions pratiques en matière de conservation de l'environnement, telles que la restauration des habitats ou la création de couloirs, pourraient être utiles en vue d'améliorer la connectivité pour les espèces qui présentent des caractéristiques analogues. Étant donné que cette approche s'attache à cibler des zones d'investigations futures, celles-ci ne seront pas toutes pertinentes en raison d'aspects non intégrés dans le présent document, tels que les obstacles géographiques et la composition de la matrice située entre les AP.

### *Contribution de la composante du connecteur à la disponibilité globale des habitats (IIC)*



**Figure 19.** Diagramme montrant la contribution des trois composantes de l'indice IIC (intra, flux et connecteur), pour chacune des espèces génériques cibles de cette étude. Les valeurs pour chaque composante relative aux AP ont été synthétisées et comparées à l'indice de disponibilité globale des habitats.

En étudiant la contribution globale des composantes IIC (intra, flux et connecteur) pour les AP (figure 19), il apparaît que, de manière générale, la composante du connecteur contribue peu à la disponibilité des habitats pour les espèces à courte distance de dispersion. Par le biais de cette composante, les spécialistes des forêts à moyenne distance de dispersion ainsi que toutes les espèces à longue distance de dispersion ont pu apporter une contribution à un niveau acceptable (c.-à-d. au moins 5 %). Ces résultats suggèrent qu'une intervention spécifique liée à la connectivité, telle que l'orientation du travail sur les connecteurs relais, si elle est appliquée dans l'ensemble de la zone d'étude, favoriserait vraisemblablement certaines espèces plus que d'autres, en fonction de leurs capacités de dispersion et de leurs préférences en termes d'habitat. Cela rejoint les travaux de Hodgson *et al.* (2009) qui suggèrent que l'amélioration de la connectivité entre les AP, par exemple par la restauration des habitats des couloirs, constitue une stratégie possible, mais que la disponibilité des habitats pourrait être garantie de manière plus efficace pour certaines espèces,

particulièrement celles qui présentent des capacités de dispersion à courte distance, par l'agrandissement ou l'amélioration des AP existantes.

### *Espèces génériques cibles à courte distance de dispersion*

Le réseau semble être mal relié pour les espèces à courte distance de dispersion (dispersion max. à 1 km) qui présentent la plus faible capacité de dispersion entre les AP et pour lesquelles, par conséquent, il existe peu d'AP connectrices relais qui soient fonctionnelles (voir les figures 1, 4 et 7, et l'annexe 1). Toutefois, ces espèces présentent généralement des exigences moins élevées en termes d'habitat et de leur territoire, et pourraient donc nécessiter des AP plus réduites que celles des plus grandes espèces. L'approche de modélisation qui définit les AP en tant que parcelles et qui pondère la pertinence des habitats par la surface d'habitats cibles présents est moins réaliste pour ces espèces, en raison de leur capacité de dispersion limitée. La connectivité des habitats de forêts ou de prairies dans ces AP devrait être abordée avant de s'intéresser aux liaisons entre les AP, et devrait correspondre à l'utilisation la plus efficace des ressources en vue de garantir leur persistance (Hodgson *et al.*, 2009 ; Saura & Rubio, 2010).

Le fait d'axer ces efforts sur les AP qui présentent des valeurs élevées relatives au connecteur, telles que le **Parc national de la forêt de Gola en Sierra Leone** ou le **Parc national du Niokolo-Koba au Sénégal** (figures 1, 4 et 7), pourrait donc favoriser davantage la conservation. Certains des liens les plus importants entre les AP, s'ils sont améliorés, pour les espèces à courte distance de dispersion, sont ceux qui existent **entre le Parc national de Foya au Libéria et le Parc national de la forêt de Gola en Sierra Leone**, et **entre le Parc national de Grebo au Libéria et le Parc national de Taï classé Site du patrimoine mondial en Côte d'Ivoire** (figures 10, 13 et 16).

### *Espèces génériques cibles à moyenne distance de dispersion*

Parmi les espèces à moyenne distance de dispersion, celles dont les préférences sont liées à la forêt présentent la plus forte contribution (~5%) du connecteur à l'indice de disponibilité globale des habitats (voir la figure 19). Pour ces espèces, le plus utile serait de s'attacher à la préservation des AP relais qui présentent des résultats élevés (telles que dans la figure 2) ainsi que des liaisons qui leur sont associées.

Les AP connectrices qui semblent être les plus importantes pour les espèces à moyenne distance de dispersion (les généralistes ou les spécialistes des forêts ou des prairies) correspondent au **Parc national de Grebo au Libéria** et aux **AP qui se trouvent le long de la frontière Ghana-Côte d'Ivoire** (figures 2 et 8), ainsi qu'au **Parc national du Niokolo-Koba au Sénégal** et au Parc national du Badiar en Guinée (figure 5). La liaison la plus importante à créer, ou à restaurer, entre les AP en vue d'améliorer leur connectivité pour les espèces à moyenne distance de dispersion correspond à celle qui relie la **Zone de chasse de la Pendjari au Bénin** (qui fait partie du complexe WAP) au **Bassin versant Oti-Mandouri** et au **Parc national de la Kéran au Togo** (figures 11, 14 et 17).

### *Espèces génériques cibles à longue distance de dispersion*

L'hypothèse selon laquelle la matrice à l'extérieur des AP contient des habitats homogènes et sans obstacles est la moins appropriée pour ces espèces qui se déplacent sur de plus grandes distances entre les parcelles, comme le démontrent Minor et Lookingbill (2010). Pour cette raison, et du fait que des parcelles plus grandes soient généralement nécessaires pour les espèces qui présentent de telles caractéristiques (Sutherland, 2000), il pourrait être plus utile d'accroître la taille des AP ou d'en identifier de nouvelles.

Les AP connectrices suivantes ont été identifiées comme étant les plus importantes pour les espèces à longue distance de dispersion : le **vaste complexe d'AP en Guinée** (toutefois ces AP ne sont représentées que par un ensemble de points tamponnés), le **Parc national de la Comoé** en Côte d'Ivoire, la **Réserve partielle de faune du Sahel au Burkina Faso** (adjacente à la Réserve partielle des éléphants du Gourma au Mali), et les AP qui font partie du **complexe WAP au Bénin, au Niger et au Burkina Faso** ou qui y sont adjacentes (figures 3, 6 et 9).

Il est probable que toute tentative d'amélioration de la connectivité sur de grandes distances (telles que les liaisons dans les figures 15, 18 et 21) sans une étude approfondie complémentaire ne soit pas très rentable. Néanmoins, il est intéressant de constater que les liaisons avec le **complexe WAP au Bénin, au Niger et au Burkina Faso** ressortent comme étant à nouveau les plus importantes pour les espèces spécialistes des forêts et des prairies et pour les espèces généralistes (figures 12, 15 et 18).

### *Analyse méthodologique*

Certaines AP qui sont basées sur des points tamponnés, telles que le vaste complexe d'AP en Guinée, ont un rôle très important en tant que connectrices pour une multitude d'espèces génériques cibles. Toutefois, ces conclusions sont anticipatoires jusqu'à ce que des délimitations précises soient déterminées. La figure présentée en annexe 5 montre la différence des valeurs du connecteur varIIC relatives aux AP entre un scénario qui comprend les AP constituées de points tamponnés et un scénario qui les omet. Tel que potentiellement escompté, la différence de leur contribution en tant que connectrices est plus importante pour les AP les plus proches des zones où les AP constituées de points tamponnés ont été supprimées. Afin de comprendre pleinement l'impact de cette limitation de données, d'autres comparaisons pourraient être menées entre des scénarios relatifs au réseau, par exemple en remplaçant les polygones d'AP connus par un ensemble de points tamponnés pour exactement la même zone.

L'indice IIC de cette étude utilise une approche binaire pour modéliser les liaisons entre les AP, que nous avons choisie en raison de la vitesse accrue du traitement des données. Toutefois, l'utilisation de noyaux de dispersion, tels qu'utilisés dans l'indice PC (Saura & Torné, 2009), mènerait à des liens probabilistes qui diminuent en fonction de l'augmentation de la distance entre les parcelles. De plus, il existe diverses applications de la théorie des graphes, qui sont axées sur la modélisation des déplacements dans la matrice située entre les parcelles, par exemple (i) le calcul des chemins de moindre coût (LCP) ou (ii) l'isolement par résistance (IBR). Ce dernier est basé sur la théorie des circuits et suscite actuellement l'intérêt en tant qu'approche alternative ou complémentaire aux LCP, et correspond bien au flux génétique (McRae & Beier *et al.*, 2007). Ces procédures nécessitent le recours à la résistance aux couches de déplacement, pour laquelle un étalonnage peut être difficile à réaliser et subjectif. Toutefois, elles pourraient être utiles dans le cas de modèles spécifiques d'espèces ou pour identifier les liens à petite échelle qui existent entre les AP.

Les gradients climatiques pourraient également être pris en compte, mais surpassaient la portée de cette analyse (Noss *et al.*, 2001 ; Beier & Brost, 2010). En se basant sur un indice efficace et reproductible, cependant, cette étude établit effectivement les priorités transfrontalières détaillées relatives aux AP et aux liaisons, ainsi que le cadre de toute évaluation complémentaire à petite échelle au sein des pays du projet PARCC Afrique de l'Ouest.



## 5. Références

---

- Baldwin, R.F., Reed, S.E., McRae, B.H., Theobald, D.M., Sutherland, R.W. (2012) 'Connectivity Restoration in Large Landscapes: Modeling landscape condition and ecological flows', *Ecological Restoration* 30: 274-278.
- Bartholome, E. and Belward, A. (2005) 'GLC2000: A new approach to global land cover mapping from Earth observation data', *Int. J. Remote Sens* 26: 1959-1977.
- Beier, P., and Brost, B. (2010) 'Use of Land Facets to Plan for Climate Change: Conserving the arenas, not the actors', *Conservation Biology* 24: 701-710.
- Carroll, C., McRae, B. and Brookes, A. (2011) 'Use of Linkage Mapping and Centrality Analysis Across Habitat Gradients to Conserve Connectivity of Gray Wolf Populations in Western North America', *Conservation Biology* 26: 78-87.
- Ewers, R.M. and Kapos, V. (2011) 'Assessing the Connectivity of World Heritage Forests', in *Adapting to Change: The state of conservation of World Heritage Forests in 2011*, *World Heritage Series* 30: 29-31. Paris: UNESCO.
- Eycott, A.E., Watts, K., Moseley, D.G. and Ray, D. (2007) *Evaluating Biodiversity in Fragmented Landscapes: The use of focal species*. Forestry Commission Information Note No. 089. Edinburgh: Forestry Commission.
- Hodgson, J.A., Thomas, C.D., Wintle, B.A., Moilanen, A. (2009) 'Climate Change, Connectivity and Conservation Decision Making: Back to basics', *Journal of Applied Ecology* 46: 964-969.
- IUCN and UNEP-WCMC (2013) *The World Database on Protected Areas (WDPA)*. October Release. Cambridge: UNEP-WCMC.
- McRae, B. H. and Beier, P. (2007) 'Circuit Theory Predicts Gene Flow in Plant and Animal Populations', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 19885-19890.
- Minor, E.S. and Lookingbill, T.R. (2010) 'A Multiscale Network Analysis of Protected-Area Connectivity for Mammals in the United States', *Conservation Biology* 24: 1549-1558.
- Noss, R. (2001) 'Beyond Kyoto: Forest management in a time of rapid climate change', *Conservation Biology* 15: 578-590.
- Saura, S. and Torné, J. (2009) 'Conefor Sensinode 2.2: A software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity', *Environmental Modelling & Software* 24: 135-139.
- Saura, S. and Rubio, L. (2010) 'A Common Currency for the Different Ways in which Patches and Links can Contribute to Habitat Availability and Connectivity in the Landscape', *Ecography* 33: 523-537.
- Sutherland, G., A. Harestad, Price, K. and Lertzman, K. (2000) 'Scaling of Natal Dispersal Distances in Terrestrial Birds and Mammals', *Conservation Ecology* 4: 16.
- Washington Wildlife Habitat Connectivity Working Group (WHCWG) (2010) *Washington Connected Landscapes Project: Statewide analysis*. Washington, DC: Washington Departments of Fish and Wildlife, and Transportation.