

Intégrer la conservation de la biodiversité dans la planification générale de l'espace territorial aux échelons municipal et de comté : approche technique et exploration pratique

GAN Jing, WANG Mo, LIU Xiao, GUO Guangpu, LIU Xiangxu, ZHOU Yanni

Résumé. L'intégration de la conservation de la biodiversité dans la planification de l'espace territorial répond à la fois aux exigences stratégiques de l'agenda mondial de conservation et aux impératifs intrinsèques de la construction de la civilisation écologique en Chine. La planification générale de l'espace territorial aux échelons municipal et de comté constitue le niveau le plus décisif pour traduire la conservation de la biodiversité en gouvernance spatiale. Cet article analyse les besoins de conservation de la biodiversité à ce niveau, élabore un cadre de travail permettant d'introduire et de renforcer cette dimension tout au long du processus de planification, et propose une trajectoire technique fondée sur trois étapes : « construire un réseau spatial de conservation couvrant l'ensemble du territoire — définir une gouvernance spatiale hiérarchisée orientée vers la conservation — proposer des mesures de restauration pour les habitats importants ». À partir du cas pratique du comté de Yunlong, dans la province du Yunnan, l'article explore des scénarios d'application concrets. Il conclut que cette trajectoire technique devra être continuellement améliorée grâce à l'accumulation d'expériences empiriques dans plusieurs régions, et que les travaux futurs devront renforcer le suivi de la biodiversité et la construction de bases de données spatiales, unifier les standards techniques de planification et promouvoir une gestion coordonnée entre régions écologiques.

Mots-clés : conservation de la biodiversité ; planification générale de l'espace territorial aux échelons municipal et de comté ; approche technique ; pratique ; Yunlong.

Classification CLC : TU984. **Code documentaire :** A. **DOI :** 10.16361/j.upf.202503012. **N.º d'article :** 1000-3363 (2025) 03-0094-09.

* Financé conjointement par le Programme national clé de R&D de la Chine pendant le XIVe Plan quinquennal, « Technologies clés et démonstration pour l'alerte précoce, la prévention des risques écologiques urbains et l'amélioration de la résilience écologique » (2024YFF1307000) ; le projet de Shanghai Tongji Urban Planning & Design Institute, « Trajectoire technique pour l'élaboration d'un chapitre consacré à la conservation de la biodiversité dans la planification générale de l'espace territorial : le cas du comté de Yunlong, province du Yunnan » (KY-2022-YB-A15) ; et le projet de la phase 7 du Fonds pour l'environnement mondial de la Banque mondiale (GEF7), « Recherche sur des lignes directrices de planification territoriale fondées sur la conservation de la biodiversité urbaine » (P173316).

1 Contexte et portée de l'intégration de la conservation de la biodiversité dans la planification générale de l'espace territorial aux échelons municipal et de comté

La biodiversité est essentielle au maintien de la stabilité et de l'équilibre des écosystèmes ; elle constitue le fondement de la survie et du développement humains [1]. Lors de la quinzième Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique (CBD-COP15), tenue en 2022, le Cadre mondial de la biodiversité de Kunming-Montréal (ci-après « Cadre de Kunming-Montréal ») a été adopté. Il a fixé l'objectif spatial emblématique « 30×30 » : d'ici 2030, 30 % des terres, des eaux intérieures, des zones côtières et des mers de la planète devront être efficacement conservés et gérés. L'extension des surfaces effectivement protégées par des mesures intégrées de conservation spatiale constitue le principal moyen d'atteindre cet objectif.

La priorité accordée à la civilisation écologique constitue la valeur centrale du système chinois de planification de l'espace territorial [2-3]. Le Cadre de Kunming-Montréal et les autres agendas mondiaux de conservation de la biodiversité, tout comme les stratégies nationales chinoises telles que les Opinions sur le renforcement de la conservation de la biodiversité, soulignent la nécessité d'intégrer la conservation de la biodiversité dans la planification spatiale (tableau 1). La Chine a déjà établi un système d'aires protégées terrestres couvrant environ 18 % de son territoire terrestre, qui joue un rôle important dans la protection des écosystèmes clés et des espèces protégées. Toutefois, des lacunes de conservation subsistent. En raison de la densité de population et des pressions liées au développement économique, il sera difficile de créer à l'avenir de vastes aires protégées supplémentaires ; il est donc tout aussi essentiel de renforcer la conservation in situ de la biodiversité en dehors des aires protégées formelles [9]. La planification de l'espace territorial peut contribuer à la réalisation de l'objectif « 30x30 » en construisant un réseau spatial de conservation plus complet et en renforçant les mesures de conservation in situ dans l'ensemble du territoire situé hors des aires protégées.

Tableau 1. Exigences relatives à l'intégration de la conservation de la biodiversité dans la planification spatiale au sein des agendas mondiaux de conservation et des stratégies nationales chinoises

Document	Date	Organisme émetteur	Exigence d'intégration de la biodiversité dans la planification de l'espace territorial
Document de position de la Chine pour le Sommet des Nations unies sur la biodiversité, Construire un avenir commun pour toutes les formes de vie sur Terre : la Chine en action	Septembre 2020	Ministère des Affaires étrangères ; ministère de l'Écologie et de l'Environnement	« Intégrer la conservation de la biodiversité dans les plans de développement économique et social, les plans de protection et de restauration écologiques, les plans de l'espace territorial et les plans spécialisés correspondants » [4].
Déclaration de Kunming du segment de haut niveau de la Conférence des Nations unies sur la biodiversité 2020 (première partie)	Octobre 2021	Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique	« Renforcer et établir des systèmes d'aires protégées efficaces ; adopter d'autres mesures efficaces de conservation par zone et des outils de planification spatiale ; améliorer l'efficacité de la conservation et de la gestion régionales et étendre la couverture de conservation à l'échelle mondiale, afin de protéger la diversité des espèces et la diversité génétique et de réduire ou supprimer les menaces pesant sur la biodiversité » [5].
Cadre mondial de la	Décembre	Conférence des Parties à la Convention sur la	« Veiller à ce que toutes les zones soient soumises à une planification spatiale

biodiversité de Kunming-Montréal (GBF)	2022	diversité biologique	participative, intégrée et tenant compte de la biodiversité et/ou à d'autres processus de gestion efficaces traitant les changements d'usage des terres et des mers » [6].
Opinions sur le renforcement de la conservation de la biodiversité	Octobre 2021	Bureau général du Comité central du PCC ; Bureau général du Conseil d'État	« Intégrer la conservation de la biodiversité dans les plans à moyen et long terme de toutes les régions et des domaines concernés » et « continuer à optimiser le schéma spatial de conservation de la biodiversité » [7].
Stratégie et plan d'action de la Chine pour la conservation de la biodiversité (2023-2030)	Janvier 2024	Ministère de l'Écologie et de l'Environnement	« Optimiser le schéma de développement et de protection de l'espace territorial et faire de la conservation de la biodiversité une composante importante de la planification territoriale » [8].

Dans le système chinois de planification de l'espace territorial « à cinq niveaux et trois types », les plans généraux de l'espace territorial aux échelons municipal et de comté constituent des plans locaux orientés vers la mise en œuvre, qui organisent les activités de développement et de protection du territoire. Ils ont pour responsabilité de préserver les lignes de sécurité écologique locales et de délimiter en priorité les espaces où le développement et la construction sont interdits ou restreints. Ils forment donc le niveau clé pour traduire la conservation de la biodiversité en gouvernance spatiale [10-11]. Les Lignes directrices pour l'élaboration des plans généraux municipaux de l'espace territorial (à titre expérimental), publiées par le ministère des Ressources naturelles, ainsi que de nombreuses lignes directrices provinciales pour la planification municipale et de comté, insistent toutes sur la construction de barrières, de corridors et de réseaux écologiques importants, sur la formation d'un schéma de conservation écologique continu, complet et systémique, et sur le maintien de la sécurité écologique et de la biodiversité [12-14]. Les « trois zones et trois lignes » constituent la base de la construction d'un réseau spatial pour la conservation de la biodiversité. Les lignes rouges de protection écologique couvrent déjà de nombreuses espèces protégées menacées et des habitats clés, mais des schémas de conservation efficaces et durables doivent encore être établis à l'échelle de l'ensemble du territoire par la planification générale.

Avant la réforme du système de planification de l'espace territorial, certaines municipalités et certains comtés avaient élaboré des plans de conservation de la biodiversité conformément à l'Avis sur le renforcement de la conservation de la biodiversité urbaine [15] et aux Mesures relatives à la candidature et à l'évaluation des villes-jardins nationales [16], publiés par l'ancien ministère de la Construction. Ces plans privilégiaient cependant souvent les plantes au détriment des animaux, mettaient l'accent sur la protection sans proposer suffisamment de mesures d'amélioration, et se concentraient sur des secteurs locaux plutôt que sur l'ensemble du territoire [17]. Dans le cycle actuel de planification générale de l'espace territorial, de nombreuses municipalités et de nombreux comtés ont répondu aux nouvelles exigences de conservation de

la biodiversité. Par exemple, conformément aux Lignes directrices pour l'évaluation de la capacité de charge des ressources et de l'environnement et de l'aptitude au développement de l'espace territorial (à titre expérimental) [18], ils ont évalué l'importance des fonctions de maintien de la biodiversité. Toutefois, la coordination à l'échelle de tout le territoire des éléments spatiaux nécessaires à la conservation demeure insuffisante. Faute de données de base et de recherches d'appui suffisantes, les habitudes, les exigences de conservation et les besoins spatiaux des espèces protégées clés sont souvent peu analysés. Ainsi, la planification territoriale n'a pas pleinement joué son rôle dans l'amélioration du « bien-être » des habitats de la faune sauvage ni dans l'équilibre entre conservation écologique et développement de haute qualité. Dans ce contexte, l'article part des besoins de conservation de la biodiversité au niveau des plans généraux municipaux et de comté, examine le cadre de travail et la trajectoire technique correspondants, et prend le comté de Yunlong, dans le Yunnan, comme exemple pour analyser des scénarios d'application concrets.

2 Besoins de conservation de la biodiversité et cadre de travail au niveau de la planification générale de l'espace territorial municipal et de comté

2.1 Besoins de conservation de la biodiversité à ce niveau de planification

Du point de vue de la planification, les espaces urbains et ruraux peuvent protéger et renforcer la biodiversité par deux voies principales : optimiser la configuration et la qualité des terres écologiques, et réduire les perturbations liées aux activités humaines [19]. La planification générale est un niveau macro-stratégique qui coordonne l'allocation globale des ressources spatiales et les configurations structurelles. À ce niveau, la conservation de la biodiversité ne se limite pas à la coordination des « trois zones et trois lignes ». Elle exige également une analyse renforcée du système spatial de conservation des espèces à l'échelle de tout le territoire [20, 21], la construction d'un réseau de conservation multi-habitats couvrant l'ensemble du territoire [22-24], ainsi que des mesures de conservation des habitats différenciées selon des gradients de gouvernance fondés sur l'importance de la valeur de conservation [25]. L'allocation efficace des ressources spatiales et un contrôle rationnel des usages sont nécessaires pour coordonner les habitats des espèces et les activités humaines. Plus précisément, ces exigences comprennent :

- (1) Délimiter les lignes de base spatiales : attribuer rationnellement les « droits » sur les ressources foncières et spatiales entre les activités humaines et les habitats biologiques, et garantir autant que possible la part des ressources foncières dont la fonction principale de service écosystémique est la conservation de la biodiversité.
- (2) Identifier les habitats importants : selon les caractéristiques comportementales et écologiques des espèces cibles protégées, repérer les taches d'habitats naturels et quasi naturels irremplaçables pour la conservation de la biodiversité, et les désigner comme espaces de conservation prioritaires.
- (3) Construire un réseau à l'échelle de tout le territoire : relier des taches naturelles, quasi naturelles et semi-naturelles de niveaux et de tailles différents par des corridors et des « pas japonais » le long des principales zones de transition naturelles, afin de former un système spatial de conservation réticulé et multi-gradient. Les activités humaines doivent être suffisamment séparées pour réduire les perturbations des principaux habitats naturels et soutenir la survie, la migration et l'évolution des espèces [17].

2.2 Cadre de travail pour la conservation de la biodiversité au niveau de la planification municipale et de comté

Sur la base de ces besoins de conservation, les tâches essentielles pour intégrer la biodiversité dans les plans généraux de l'espace territorial aux échelons municipal et de comté peuvent se résumer en trois volets : construire un réseau de conservation couvrant tout le territoire, définir une gouvernance spatiale hiérarchisée orientée vers la conservation, et proposer des mesures de restauration pour les habitats

importants. Ces tâches doivent être articulées avec les stratégies et plans d'action locaux pour la biodiversité (Local Biodiversity Strategy and Action Plan, LBSAP) élaborés par les départements de l'écologie et de l'environnement, ainsi qu'avec les périmètres d'aires protégées et les exigences de conservation-restauration gérés par les différents départements. Parmi les travaux de base et les contenus des plans généraux municipaux de l'espace territorial [7], la « double évaluation », le schéma spatial général, les contraintes de ligne de base, les fonctions urbaines, les infrastructures, ainsi que l'assainissement et la restauration sont étroitement liés à la conservation de la biodiversité. La figure 1 présente le cadre de travail permettant d'introduire et de renforcer cette dimension à chaque étape de l'élaboration du plan.

- (1) « Double évaluation » : à partir d'une analyse des ressources de biodiversité et de leur répartition spatiale aux niveaux écosystémique, spécifique et génétique, identifier les zones importantes et extrêmement importantes pour la conservation de la biodiversité. Elles doivent servir de références clés pour délimiter les « trois zones et trois lignes » et optimiser le schéma de l'espace territorial.
- (2) Schéma spatial général : identifier les lacunes de conservation, construire un réseau spatial de conservation, coordonner les éléments de conservation des « montagnes, eaux, forêts, terres agricoles, lacs et prairies », et intégrer le réseau de conservation des habitats au schéma général de développement et de protection du territoire.
- (3) Contraintes de ligne de base : optimiser les lignes rouges de protection écologique en fonction de l'importance des zones de conservation, identifier les OECM potentiels (autres mesures efficaces de conservation par zone) en dehors des aires protégées, et consolider les barrières de sécurité écologique.
- (4) Fonctions urbaines : optimiser l'agencement spatial des villes et villages conformément aux exigences de gouvernance spatiale liées à la conservation de la biodiversité, et assurer le couplage et la coordination entre la structure de l'espace urbain et les réseaux écologiques.
- (5) Infrastructures : renforcer l'évaluation des impacts environnementaux sur la biodiversité pour la construction d'infrastructures et optimiser leur implantation.
- (6) Assainissement et restauration : face à la perte de biodiversité et à la dégradation des habitats, préciser les objectifs, les zones clés et les grands projets de conservation et de restauration, et proposer des mesures de restauration pour les habitats importants.

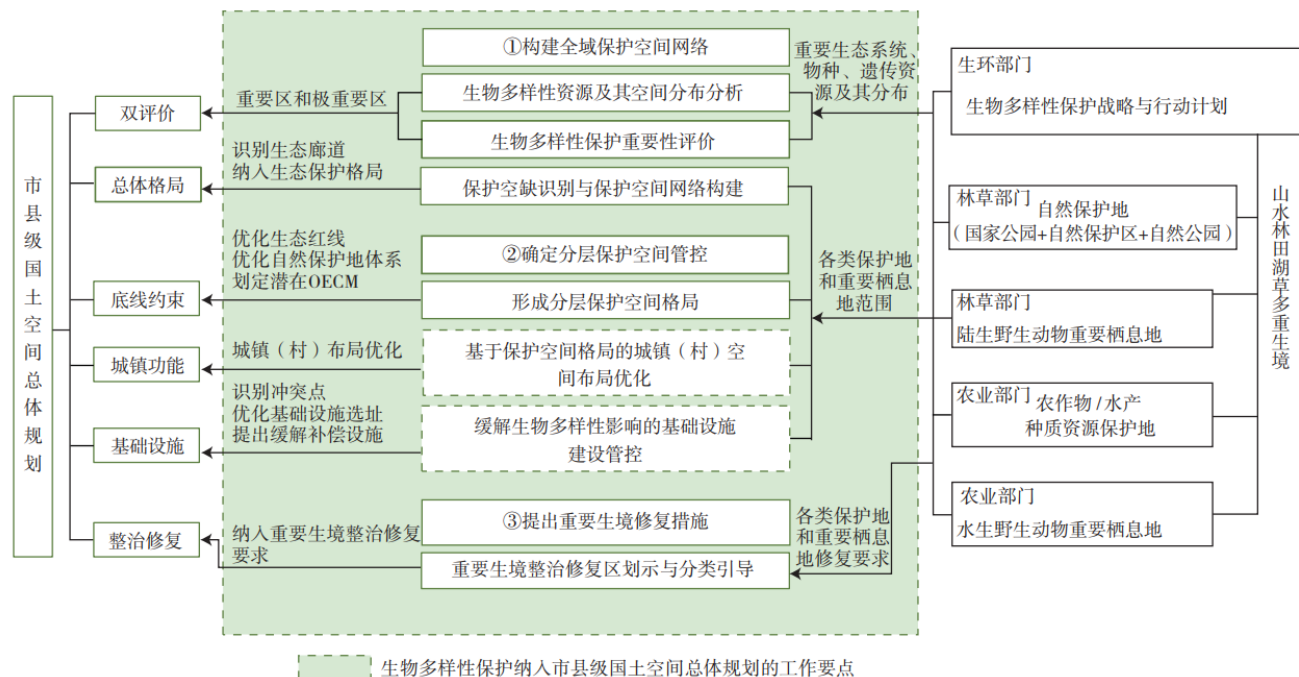


Figure 1. Cadre d'intégration de la conservation de la biodiversité dans la planification générale de l'espace territorial aux échelons municipal et de comté

3 Trajectoire technique pour intégrer la conservation de la biodiversité dans la planification générale de l'espace territorial aux échelons municipal et de comté

3.1 Évaluer l'état des ressources et construire un réseau de conservation à l'échelle de tout le territoire

3.1.1 Analyse des ressources de biodiversité et de leur répartition spatiale

Établir un système scientifique d'évaluation de la biodiversité à partir de la répartition actuelle des ressources permet de quantifier leur valeur de conservation. Les enquêtes systématiques et complètes sur la biodiversité étant coûteuses en temps et en personnel, il convient d'abord de rassembler les données existantes. Les sources peuvent inclure, sans s'y limiter, les données de suivi et d'enquête sur les groupes animaux et végétaux, les relevés, listes d'espèces, guides de terrain, articles et ouvrages provenant des autorités locales de l'écologie et de l'environnement et d'autres départements sectoriels, d'universités, d'instituts de recherche, d'ONG et d'activités de science citoyenne, ainsi que les données d'espèces issues de bases écologiques professionnelles. Lorsque le temps et le financement le permettent, de grandes tâches écologiques peuvent être sélectionnées pour mener des enquêtes de terrain complémentaires sur la diversité spécifique, en se référant aux règles techniques d'enquête et d'évaluation de la biodiversité publiées par le ministère de l'Écologie et de l'Environnement. À partir des informations géospatiales disponibles, il convient d'établir des cartes de répartition des ressources de biodiversité par groupe taxonomique.

3.1.2 Évaluation de l'importance de la conservation de la biodiversité

Les Lignes directrices pour l'évaluation de la capacité de charge des ressources et de l'environnement et de l'aptitude au développement de l'espace territorial (à titre expérimental), ainsi que les Lignes directrices pour la délimitation des lignes rouges de protection écologique, définissent des exigences relativement claires pour évaluer l'importance de la conservation de la biodiversité au niveau des écosystèmes, mais prennent encore insuffisamment en compte les facteurs locaux de qualité des habitats. Sur la base des études disponibles, il est recommandé d'ajouter à l'évaluation de la qualité des habitats des indicateurs tels que les facteurs de surface (type d'usage du sol), les facteurs écologiques (couverture végétale et distance à l'eau) et les facteurs d'influence anthropique (distance aux routes) [26-30].

Outre le niveau écosystémique, il convient également de prendre en compte les niveaux spécifique et génétique. L'identification des objets clés de conservation constitue la première étape de l'évaluation au niveau des espèces. Dans les zones prioritaires de conservation de la biodiversité, ces objets peuvent être sélectionnés selon le statut de protection (espèces animales protégées de classe I ou II au niveau national, espèces inscrites dans les annexes de l'UICN et de la CITES), la spécificité (endémisme national ou régional), la fonction écologique dans l'écosystème (espèce parapluie), ainsi que l'influence et la reconnaissance publique (espèce emblématique) [31-32]. En dehors de ces zones prioritaires, la sélection peut combiner la représentativité des types d'habitats locaux et le statut de conservation, de rareté ou de menace des espèces. Dans les régions où la culture liée à la biodiversité est distinctive, les facteurs culturels locaux peuvent aussi être intégrés. Une fois les objets de conservation définis, les points d'occurrence connus des espèces peuvent être utilisés dans des modèles de distribution d'espèces (species distribution models, SDM), tels que MaxEnt, GARP ou Bioclim, pour simuler et prédire les habitats potentiellement favorables [33-34].

Au niveau des ressources génétiques, les principales aires naturelles de répartition des ressources germoplasmiques sauvages importantes, telles que les cultures, les ressources aquatiques et l'élevage,

peuvent être identifiées comme des zones d'extrême importance pour le maintien de la biodiversité [35]. Dans l'ensemble, les écosystèmes importants et les habitats clés des espèces constituent les supports spatiaux essentiels de la conservation de la biodiversité. Le niveau des ressources génétiques est généralement combiné aux niveaux écosystémique ou spécifique et n'a pas nécessairement à servir de base indépendante d'évaluation.

3.1.3 Identifier les lacunes de conservation et construire un réseau spatial de conservation

Les zones clés de conservation peuvent être identifiées en simulant les habitats favorables aux espèces protégées clés [36]. En superposant ces résultats aux évaluations de l'importance de la conservation aux niveaux écosystémique et des ressources génétiques, aux aires protégées existantes et à l'occupation du sol, il est possible de repérer les zones ayant une valeur de conservation mais restant en dehors des dispositifs de protection : ce sont les lacunes de conservation.

Sur la base des zones clés obtenues par simulation et évaluation, la méthode MSPA peut être utilisée pour identifier, du point de vue de la configuration paysagère, les composantes centrales de structure paysagère présentant les meilleures fonctions écologiques. Les indices de connectivité paysagère permettent ensuite de déterminer les taches pouvant servir de sources écologiques [37-38]. Le modèle de résistance cumulative minimale, la théorie des circuits et d'autres méthodes peuvent être mobilisés pour construire des surfaces de résistance et simuler les corridors écologiques [39-42]. Les nœuds écologiques peuvent être extraits aux intersections entre corridors, aux intersections entre corridors et réseaux hydrographiques, ainsi qu'aux points de changement majeur des longs corridors [43]. Un réseau spatial de conservation de la biodiversité est alors construit, favorisant les échanges et les migrations d'espèces et renforçant la connectivité et la stabilité des écosystèmes [44].

3.2 Définir les exigences de gouvernance spatiale orientée vers la conservation

3.2.1 Former un schéma spatial de conservation hiérarchisé

Sur la base de l'identification et de la délimitation des sources écologiques, corridors et nœuds, et en lien avec les « trois zones et trois lignes », les zones de planification et les exigences de contrôle des usages dans la planification territoriale, le réseau spatial de conservation de la biodiversité doit être affiné et inscrit dans les différentes zones de l'espace territorial. Il en résulte un schéma de conservation hiérarchisé, corrigé et optimisé, de type « aires naturelles protégées + lignes rouges de protection écologique + OECM + corridors écologiques structurants + taches écologiques clés ».

Les zones d'importance extrêmement élevée pour la biodiversité qui constituent aussi des lacunes de conservation doivent être gérées selon les exigences applicables aux aires protégées. Sur la base de l'évaluation de l'importance de la conservation et de l'identification des sources écologiques, le dispositif de lignes rouges de protection écologique défini dans la planification territoriale doit être appliqué, affiné et vérifié. Les terres situées à l'intérieur et à l'extérieur des aires protégées, identifiées par l'évaluation comme remplissant des fonctions de conservation, doivent être considérées comme un continuum « compatible avec la conservation ». En dehors des aires protégées, des exigences de gouvernance hiérarchisées et graduées doivent être proposées selon l'importance de la conservation, afin de faciliter la mise en œuvre des OECM. Les espaces de conservation importants actuellement fragmentés, à l'intérieur et à l'extérieur des aires protégées, doivent être connectés par des corridors écologiques structurants et des taches écologiques clés, afin d'améliorer la connectivité des aires protégées et l'ensemble du réseau de conservation.

3.2.2 Optimiser l'agencement spatial des villes et villages selon les exigences de conservation de la biodiversité

Les usages du sol compatibles avec la conservation doivent être intégrés dans la planification spatiale des villes et villages, en tenant compte du positionnement industriel, de la taille de la population et des besoins de construction et de développement dans différents cercles spatiaux, notamment les espaces écologiques à l'intérieur et à l'extérieur des aires protégées, les espaces agricoles et les espaces urbains. Pour les villages adjacents aux aires protégées, une attention particulière doit être portée aux effets des conflits homme-faune sur les moyens de subsistance des habitants et à la transformation de la valeur des produits écologiques fondés sur la conservation, afin de coordonner les objectifs de protection de la biodiversité avec les fonctions de production et de vie des villes et villages.

3.2.3 Encadrer la construction d'infrastructures pour atténuer les impacts sur la biodiversité

Outre le contrôle strict requis pour les lignes rouges de protection écologique et les aires naturelles protégées, la gouvernance spatiale doit être renforcée dans les habitats importants de la faune sauvage, les voies migratoires des oiseaux, les principales aires de distribution des poissons et ressources germoplasmiques aquatiques, ainsi que les aires importantes pour les plantes rares et menacées. Il convient d'identifier les conflits spatiaux entre les habitats importants et les grands projets d'infrastructures — routes, éoliennes, installations photovoltaïques, etc. —, d'ajuster les sites d'implantation et de proposer des dispositifs d'atténuation et de compensation.

3.3 Proposer des mesures de restauration pour les habitats importants

Selon le type et le degré de dégradation des habitats endommagés, des zones d'assainissement et de restauration des habitats importants doivent être délimitées. Des exigences différenciées de restauration peuvent être proposées pour les forêts, rivières, prairies, zones humides et autres écosystèmes selon leurs caractéristiques [45-46], afin d'orienter ensuite la définition des listes de projets de conservation et de restauration de la biodiversité dans les plans spécialisés de restauration écologique territoriale.

4 Exploration pratique de l'intégration de la conservation de la biodiversité dans la planification de l'espace territorial du comté de Yunlong

Le comté de Yunlong est situé au nord-ouest de la préfecture autonome baï de Dali, dans la province du Yunnan. Il se trouve à l'extrémité sud des montagnes du sud-ouest de la Chine, l'un des 36 points chauds mondiaux de biodiversité, et dans les monts Yunling du sud des monts Hengduan, l'une des 32 régions terrestres prioritaires de conservation de la biodiversité en Chine. Le comté couvre 4 400,95 km², dont 90 % de zones montagneuses [47]. Yunlong comprend de multiples types d'habitats, notamment des forêts, zones humides, terres agricoles et prairies. Sa diversité spécifique est riche, avec de nombreuses espèces rares et menacées ; il constitue l'aire de répartition la plus méridionale du rhinopithèque brun du Yunnan et la plus septentrionale du gibbon hoolock occidental. Ces dernières années, Yunlong a été désigné comme comté démonstrateur écologique de l'ouest du Yunnan et zone clé de conservation de la biodiversité de la préfecture de Dali. Il a initialement mis en place un système d'aires naturelles protégées, mais ces aires fragmentées ne sont pas encore reliées à la planification territoriale de tout le comté. Dans le contexte d'un nouveau cycle de développement urbain-rural et de revitalisation rurale, le développement agricole et pastoral peut perturber la conservation d'espèces clés telles que le rhinopithèque brun du Yunnan, créant une pression entre développement et conservation.

Compte tenu de la richesse des ressources de biodiversité de Yunlong, de sa très forte valeur de conservation et des pressions auxquelles il est confronté, ce comté est choisi comme cas représentatif pour examiner en profondeur la trajectoire technique et les modalités d'intégration de la biodiversité dans la planification générale de l'espace territorial aux échelons municipal et de comté.

4.1 Construire un réseau spatial de conservation de la biodiversité à l'échelle de tout le territoire à partir d'une évaluation d'aptitude multi-espèces

Les données historiques et plus de 3 000 enregistrements de caméras infrarouges ont été compilés afin d'organiser les données sur les ressources animales et végétales du comté de Yunlong, ainsi que les listes de plantes protégées clés et d'animaux et plantes protégés. Les relevés historiques de biodiversité étant concentrés dans les aires naturelles protégées, le modèle d'entropie maximale MaxEnt a été retenu pour évaluer les habitats potentiellement favorables. MaxEnt permet de prédire efficacement la distribution des espèces même lorsque les points d'occurrence sont peu nombreux [48], et il convient à la simulation d'aptitude des habitats dans les régions où les données de biodiversité sont incomplètes [36, 49].

Dans les régions où le rhinopithèque brun du Yunnan sert d'espèce emblématique, l'évaluation d'aptitude fondée sur une seule espèce est couramment utilisée pour la planification de la conservation régionale et la délimitation des aires protégées [50-51]. Compte tenu des forts écarts d'altitude et de la diversité des habitats à l'échelle du comté de Yunlong, cette étude adopte une évaluation d'aptitude multi-espèces. En fonction du niveau de protection, de la fonction écologique, de l'état des populations dans le comté de Yunlong et des données d'occurrence connues, 14 espèces cibles ont été sélectionnées : rhinopithèque brun du Yunnan, ours noir d'Asie, chat-léopard, macaque rhésus, macaque d'Assam, macaque à queue courte, muntjac noir, petit panda de l'Himalaya, martre à gorge jaune, faisan vénéré à collier noir, tragopan de Temminck, faisan argenté, faisan de Lady Amherst et triton à taches rouges (figure 2). Les 14 espèces sont des animaux protégés de classe I ou II au niveau national, et leurs habitats couvrent tous les gradients altitudinaux et types d'habitats du comté. Quatre catégories de variables environnementales — climat, topographie, végétation et plans d'eau, influences anthropiques — ont été sélectionnées pour simuler l'espace de distribution favorable de chaque espèce et réaliser une analyse de superposition. Par rapport à l'évaluation mono-espèce, l'évaluation multi-espèces accroît de 29,16 % l'efficacité de la couverture des habitats favorables aux espèces cibles [52]. En prenant l'aptitude de distribution des espèces comme base d'évaluation de l'importance de la conservation, les zones d'aptitude moyenne et élevée ont été identifiées comme zones clés pour la conservation de la biodiversité (figure 3).

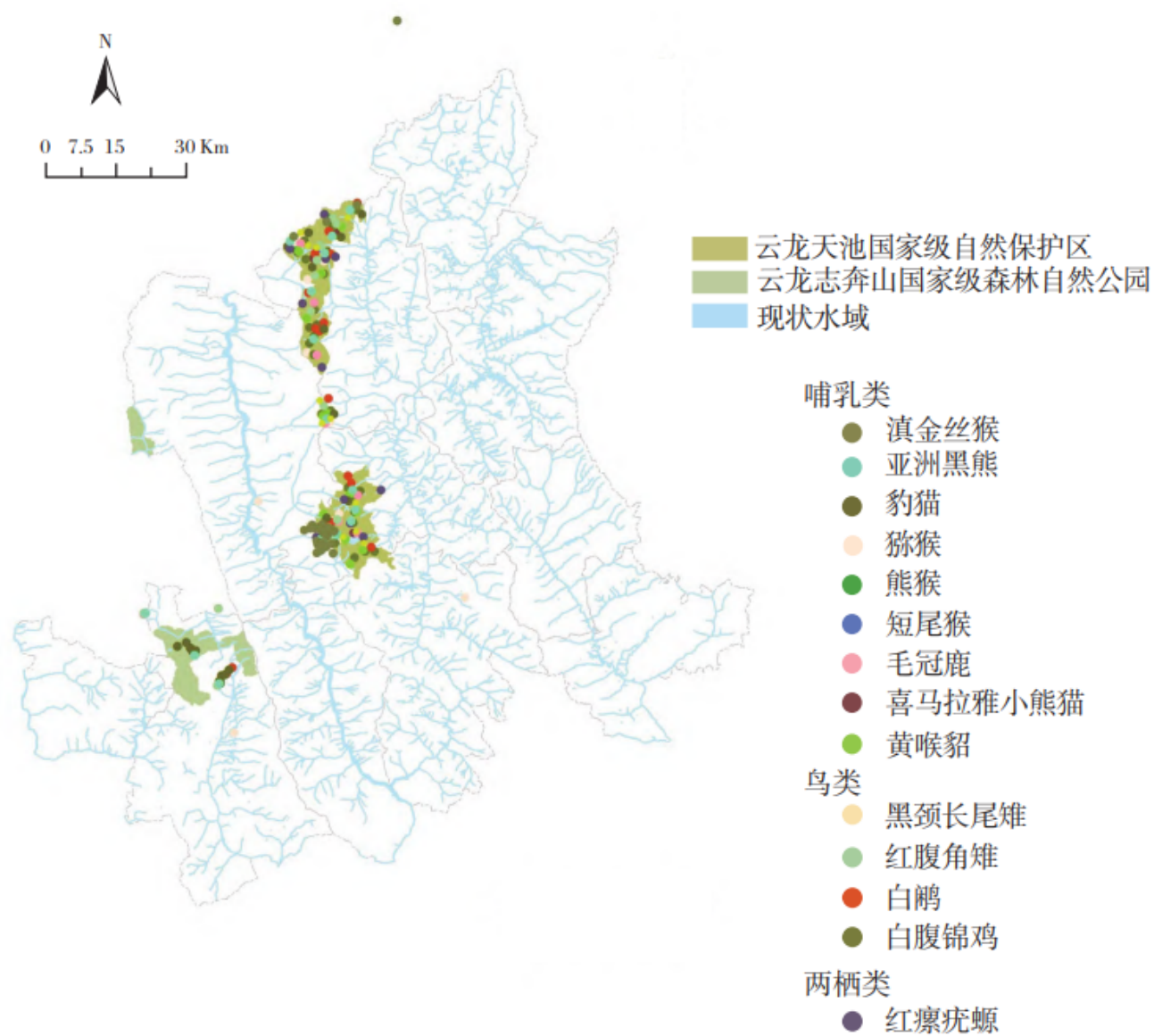


Figure 2. Points de distribution des espèces cibles dans le comté de Yunlong

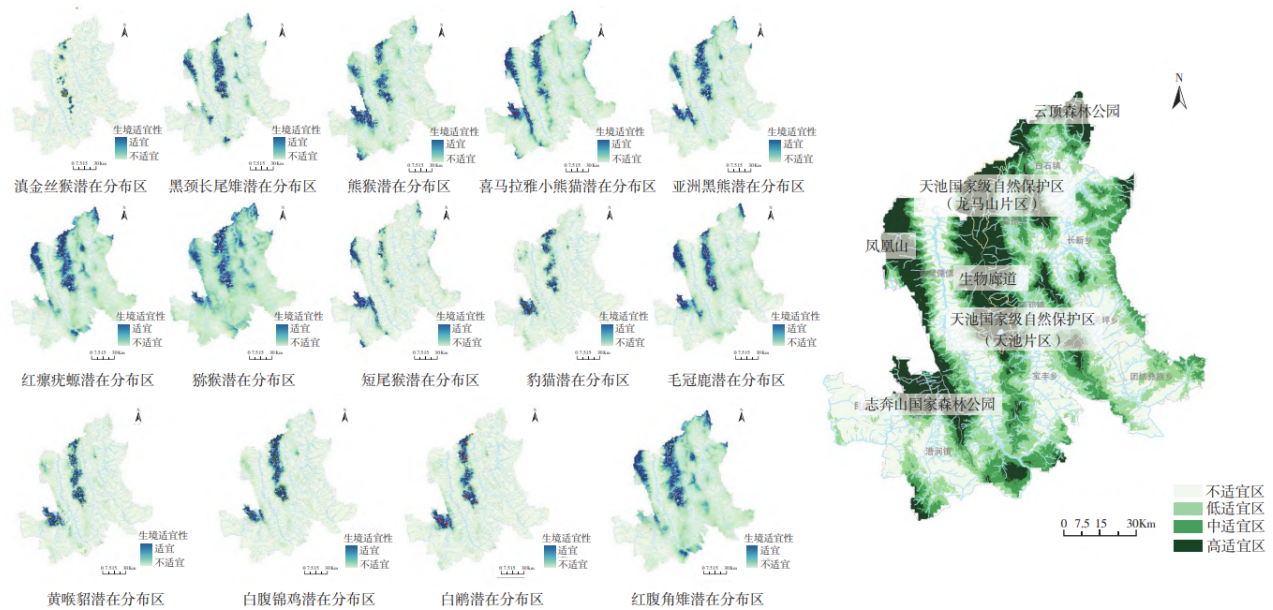


Figure 3. Résultats de simulation des aires favorables de distribution des espèces cibles individuelles (à gauche) et de l'évaluation d'aptitude de la distribution multi-espèces (à droite)

Les zones clés de conservation de la biodiversité ont été comparées aux limites des aires naturelles protégées et aux lignes rouges de protection écologique avant planification, afin d'identifier les lacunes de conservation dans les aires protégées existantes (figure 4). Les zones de forte importance de conservation non encore couvertes ont été proposées pour intégration dans les aires naturelles protégées.

Les zones clés de conservation de la biodiversité ont été identifiées comme sources écologiques. Une surface de résistance a été construite selon la méthode du chemin de coût minimal, des corridors écologiques ont été repérés, puis un réseau spatial de conservation de la biodiversité a été établi (figure 5). Ce réseau comble les lacunes de corridors entre les secteurs Longma Mountain et Tianchi de la réserve naturelle nationale de Yunlong Tianchi, ainsi que les lacunes de conservation de Fenghuang Mountain, Zhiben Mountain et Yunding Forest Park. Il renforce les limites spatiales des nœuds écologiques et contribue à construire un réseau de conservation de la biodiversité plus complet.

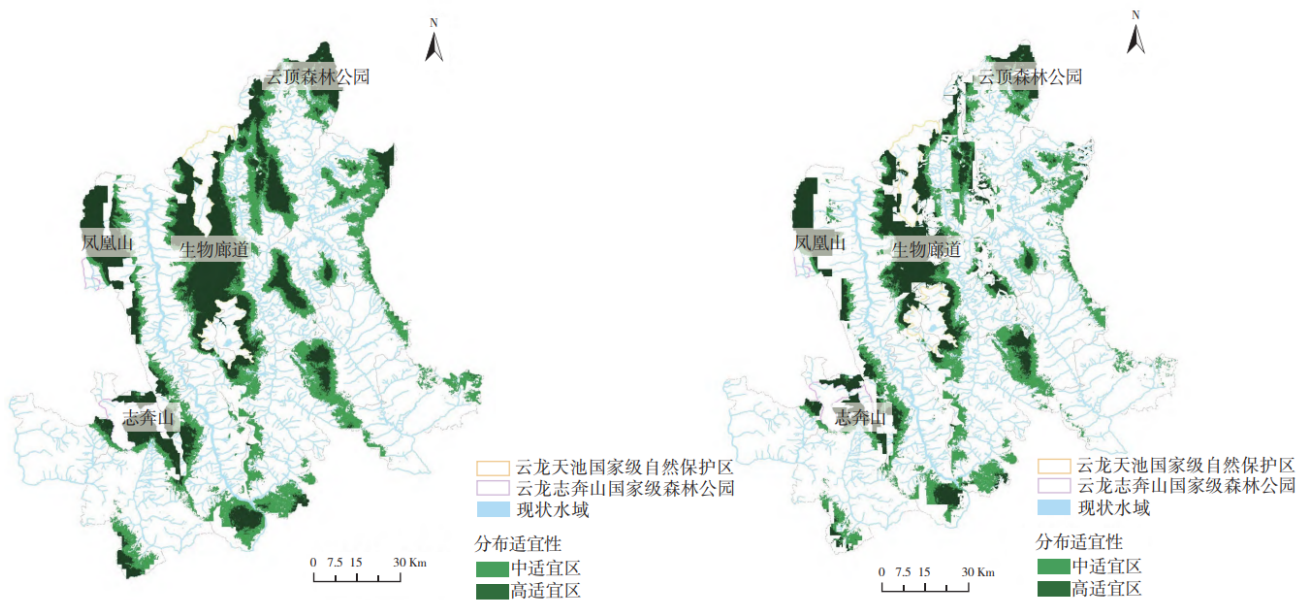


Figure 4. Lacunes de conservation dans les aires naturelles protégées (à gauche) et dans les lignes rouges de protection écologique (à droite)

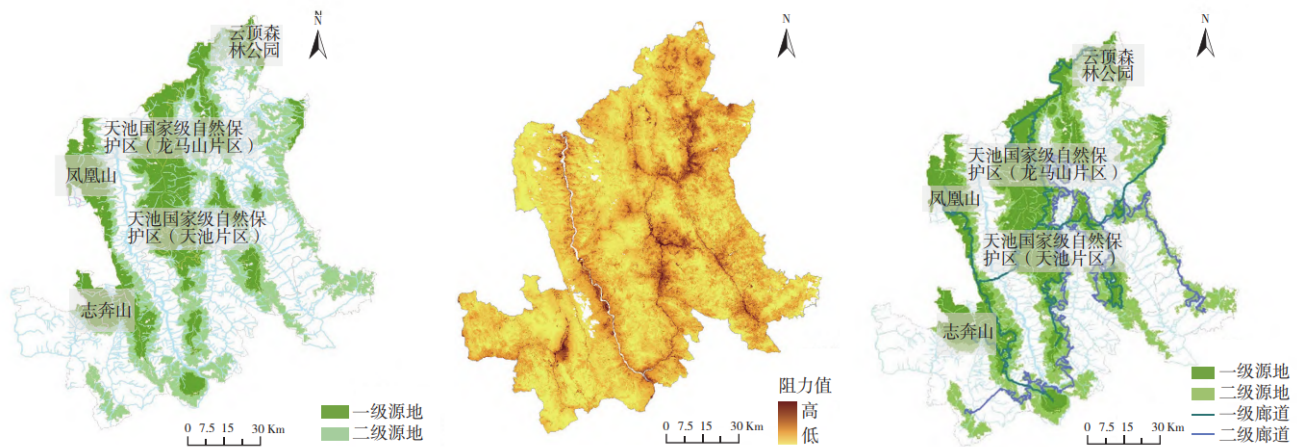


Figure 5. Sources écologiques (à gauche), surface de résistance (au centre) et réseau spatial de conservation (à droite)

4.2 Gouvernance spatiale multiniveau de la biodiversité fondée sur un continuum « compatible avec la conservation »

Selon l'importance de la conservation de la biodiversité, un continuum « compatible avec la conservation » a été construit. Il comprend les aires naturelles protégées, les espaces non protégés situés à l'intérieur des lignes rouges de protection écologique, d'autres zones très favorables et les villes et villages adjacents. Une gouvernance spatiale multiniveau de la biodiversité à l'échelle de tout le territoire a ensuite été mise en œuvre comme suit :

(1) Affiner et vérifier le dispositif de lignes rouges de protection écologique et le schéma spatial écologique défini dans la planification territoriale : dans le cycle actuel de planification, les lignes rouges de protection écologique ont été optimisées en lien avec les zones clés de conservation de la biodiversité évaluées scientifiquement. Conformément au principe de stabilité globale des lignes rouges avec possibilité d'ajustements locaux fins, les zones lacunaires remplissant les conditions d'intégration — notamment Fenghuang Mountain et Zhiben Mountain — ont été incluses dans les lignes rouges, pour une superficie totale d'environ 80 hm². Dans le même temps, des zones remplissant les conditions de sortie, telles que des sites de projets clés provinciaux à court terme, ont été retirées des lignes rouges, pour une superficie totale d'environ 156 hm². Cette opération a permis l'optimisation coordonnée des espaces de conservation et des espaces de développement.

En outre, les sources écologiques orientées vers la conservation de la biodiversité ont été intégrées dans les zones de contrôle écologique du zonage de planification des usages des terres et de la mer. Cette intégration a permis de combler les lacunes des corridors entre les deux secteurs de la réserve de Tianchi, ainsi que celles de Fenghuang Mountain, Zhiben Mountain et Yunding Forest Park. La gouvernance spatiale des espaces écologiques au sein des zones de contrôle écologique a été renforcée afin de réduire les perturbations des activités humaines sur la biodiversité.

(2) Délimiter des zones prioritaires de conservation de la biodiversité au niveau du comté : selon les résultats d'identification des sources écologiques et des lacunes de conservation, huit zones prioritaires ont été délimitées, notamment Longma Mountain, Tianchi, Fenghuang Mountain et Zhiben Mountain (figure 6). La construction d'OECM, tels que la forêt-corridor de Wubaoshan entre les deux secteurs de la réserve de

Tianchi, a été encouragée. Des activités de subsistance compatibles avec la conservation, notamment une production agricole biologique, écologique et durable, ont été proposées afin de protéger la biodiversité tout en répondant aux fonctions de production et de vie des habitants.

(3) Organisation concentrique et gouvernance classée des villages favorables à la biodiversité : selon les différents types de zonage écologique, l'agencement des villages favorables à la biodiversité est guidé par catégories (figure 7, tableau 2).

(4) Définir des exigences d'évaluation d'impact pour l'implantation d'installations d'énergie verte : Yunlong étant un comté clé de l'énergie verte dans la préfecture de Dali, les nouveaux sites d'infrastructures énergétiques peuvent présenter des risques pour la biodiversité. Le plan général propose donc une évaluation complète des sites d'implantation des grandes installations d'énergie verte. Celles-ci doivent éviter les habitats importants, comme la réserve naturelle nationale de Yunlong Tianchi, ainsi que les espaces écologiques importants, comme les corridors entre les deux secteurs de la réserve de Tianchi. Lors de l'évaluation des risques potentiels pour la biodiversité liés aux infrastructures, il convient de prêter attention à la destruction et à la fragmentation des habitats, aux impacts indirects entre écosystèmes et aux risques liés aux espèces invasives. Lorsque les effets sur les zones de conservation importantes sont inévitables, des mesures de compensation écologique, telles que la reconstruction d'habitats et la translocation d'espèces, doivent être adoptées.

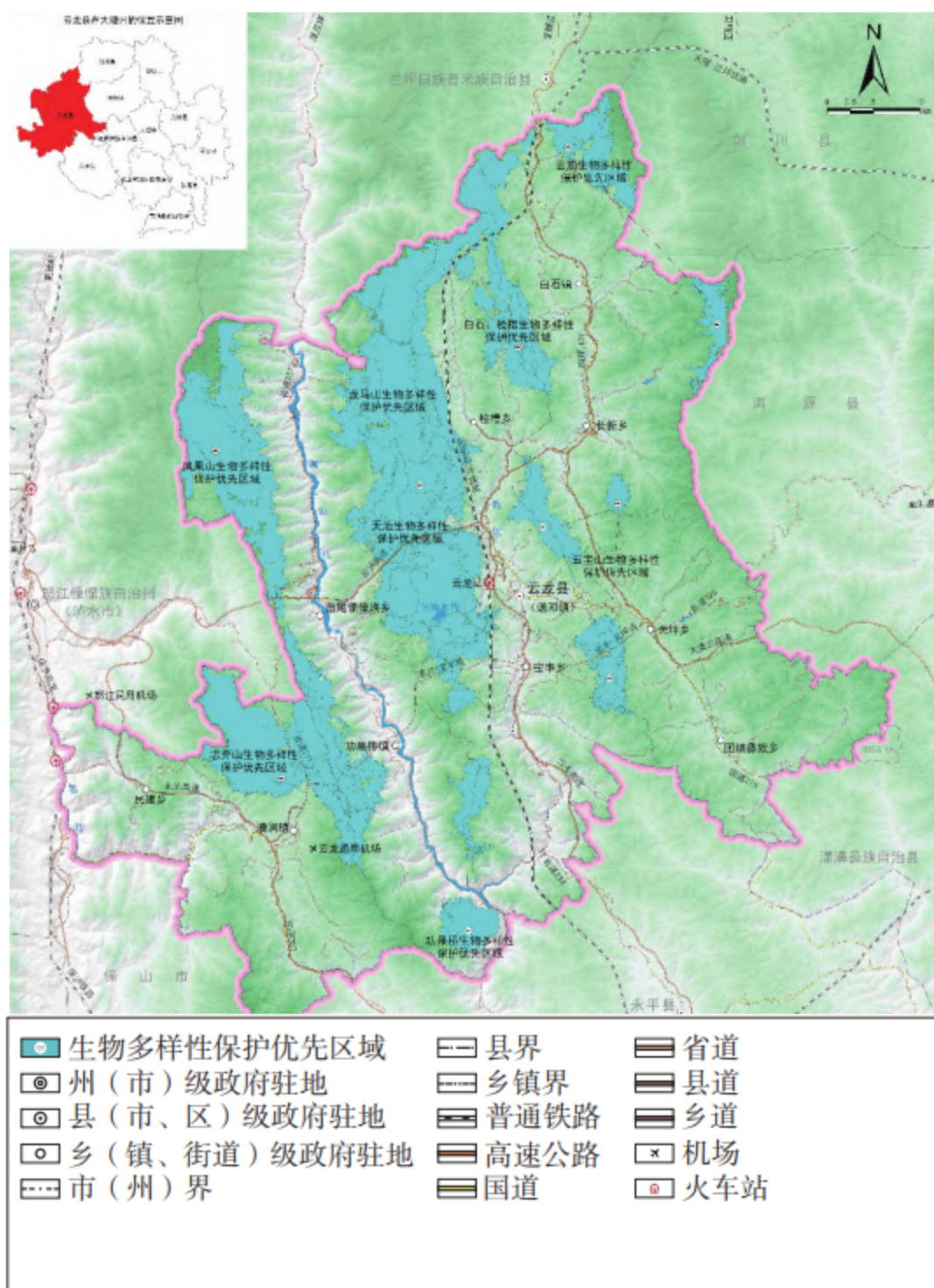


Figure 6. Zones prioritaires de conservation de la biodiversité dans le comté de Yunlong

Tableau 2. Classification et gouvernance des villages favorables à la biodiversité

Catégorie zonale	Villages favorables à la biodiversité	Mesures correspondantes
Zones de protection centrale des aires naturelles protégées situées dans les lignes rouges de protection écologique	Dachuchang, village de Qinglang, canton de Jianchao	Mettre en œuvre un contrôle strict et organiser le déplacement ordonné des villages existants.
Zones de contrôle général des aires naturelles protégées situées dans les lignes rouges de protection écologique	Lujiazhai et Laoxianchang, village de Shijing, canton de Jianchao	Contrôler strictement la taille de la population, l'intensité du développement industriel et le périmètre de construction des infrastructures.
Autres zones situées dans les lignes rouges de protection écologique et zones de contrôle écologique	Maizidi dans le village de Shanxi, Shanglaoyazhuang dans le village de Minzhu, Yinshan dans le village de Gongguo, bourg de Gongguoqiao ; Amiandiji dans le village de Daping et Huangzhushan dans le village de Lushan, bourg de Caojian ; Yangmaodeng dans le village de Dagongchang et Liangshanpo dans le village de Qinglang, canton de Jianchao ; Wubanda et Shaoluozuo dans le village de Fengshou, canton yi de Tuanjie ; Xiagangouping dans le village de Songping, canton lisu de Miaowei	Autoriser des activités humaines limitées. Sous réserve d'approbation, les activités économiques, le suivi scientifique et la construction d'équipements de vie peuvent être permis lorsqu'ils n'affectent pas la conservation de la biodiversité ; guider le développement modéré de villages favorables à la biodiversité.
Villages favorables à la biodiversité	Dayakou et Gantang dans le village de Lushan, bourg de Caojian ; Xialaoyazhuang dans le village de Minzhu et Xiamazhuangping dans le village de Shanxi, bourg de Gongguoqiao ; Yuanxiaoqing dans le village de Zhuangping et Diaojiaolou dans le village de Nanxin, canton de Baofeng ; Sanjiaoshan dans le village de Chahua et Beiyinshan dans le village de Zhiga, canton de Minjian	Construire activement des villages démonstrateurs favorables à la biodiversité ; promouvoir le développement intégré agriculture-culture-tourisme ; coordonner les terrains nécessaires au développement intégré des industries rurales primaire, secondaire et tertiaire ; et orienter les villageois vers des activités originales et écologiques à forte identité locale.

4.3 Orientations pour des mesures d'assainissement et de restauration multi-écosystèmes aux nœuds d'habitats importants

Pour les communautés végétales dégradées dans les espaces de conservation, des mesures telles que le reboisement artificiel, la mise en défens des montagnes pour favoriser la régénération forestière et la conversion de terres cultivées en forêts et prairies doivent être adoptées afin de restaurer la couverture végétale. Par exemple, la restauration par reboisement du corridor écologique de Wubaoshan peut protéger efficacement l'intégrité des écosystèmes environnants et la diversité spécifique. Pour la restauration des prairies, dans les cantons où la dégradation est relativement sévère, comme le canton lisu de Miaowei et la commune de Jianchao, des projets de reconversion de terres cultivées en prairies, d'amélioration des prairies et de restauration de la végétation herbacée dégradée doivent être mis en œuvre. Pour les zones humides, notamment les zones humides fluviales des bassins du Lancang et du Nujiang et les zones humides lacustres comme Tianchi, des mesures d'interception et de traitement de la pollution, de réalimentation écologique en eau et de restauration des zones humides doivent être utilisées pour rétablir leurs fonctions de conservation de la biodiversité. Il faut également renforcer la prévention et le contrôle de la pollution diffuse agricole, accroître la fonction d'habitat des terres agricoles, établir des réseaux de brise-vent agricoles et former des systèmes agroforestiers, afin de renforcer le rôle des terres agricoles comme corridors de connexion dans les zones riches en biodiversité.

5 Conclusions et perspectives

Le Cadre de Kunming-Montréal reconnaît la planification spatiale comme un nouvel outil d'action. Sa cible 1 appelle explicitement à ce que « toutes les zones » soient soumises à une planification spatiale participative, intégrée et inclusive de la biodiversité et/ou à d'autres processus efficaces de gestion traitant les changements d'usage des terres et des mers. En tant que présidente de la CBD-COP15 et promotrice active du Cadre de Kunming-Montréal, la Chine doit renforcer d'urgence la conservation de la biodiversité dans les dispositifs territoriaux et le contrôle des usages aux échelons municipal et de comté. Cet article propose une première exploration du cadre et de la trajectoire technique permettant d'intégrer la biodiversité dans les plans généraux de l'espace territorial à ces niveaux, et l'applique à la pratique de planification du comté de Yunlong, dans le Yunnan. Étant donné les différences régionales de richesse en biodiversité et d'interactions entre biodiversité et milieux habités, le cas de Yunlong ne peut être considéré que comme un exemple typique de zone prioritaire de conservation. À l'avenir, les méthodes techniques devront être améliorées par l'accumulation d'expériences empiriques dans plusieurs régions. Grâce à la transmission spatiale dans les plans spécialisés et détaillés, et à l'affinement des mesures, il faudra renforcer la coordination des sources à l'intérieur et à l'extérieur des aires protégées, la connexion des corridors et la correspondance entre nœuds, afin d'accroître le rôle de la planification spatiale dans la conservation de la biodiversité.

À l'heure actuelle, la trajectoire technique de planification spatiale pour la conservation de la biodiversité présente encore des lacunes en matière de données de base, de standards techniques et de gestion coordonnée interrégionale. Les aspects suivants doivent être renforcés de toute urgence afin de mieux réaliser une coordination et une organisation intégrées de la biodiversité à l'échelle de tout le territoire, et d'améliorer l'efficacité de la conservation du point de vue spatial.

5.1 Renforcer le suivi de la biodiversité et la construction de bases de données spatiales

Le suivi actuel de la biodiversité se concentre généralement sur les aires naturelles protégées et les habitats importants de la faune sauvage, sans couvrir pleinement les habitats de multiples gradients et types. Les statistiques gouvernementales sont souvent difficiles à obtenir. Les enquêtes fragmentaires menées par

différents départements et institutions de recherche manquent généralement de coordination de haut niveau dans leur conception ; les types, formats et méthodes de traitement des données varient ; et les informations spatiales de haute précision font souvent défaut. Les données ne peuvent donc pas soutenir suffisamment les analyses requises par la planification spatiale. Les données de science citoyenne peuvent fournir des références pour la recherche sur la biodiversité, mais leur qualité reste inégale faute d'examen professionnel et parce qu'elles dépendent des compétences et préférences des participants.

À l'avenir, les réseaux de suivi de la biodiversité devront être optimisés. Les technologies de télédétection, de vidéo et de réseaux de capteurs peuvent permettre l'observation continue de la distribution des espèces et de leurs préférences d'habitat. Certaines institutions ont déjà exploré des plateformes de suivi intelligent : par exemple, un système de commandement à distance pour les enquêtes sur la faune sauvage fondé sur l'Internet des objets [53] intègre les informations relatives aux enquêteurs, aux équipements physiques et aux espèces sauvages dans une plateforme de suivi intelligente, permettant une gestion et un commandement intégrés ciel-espace-sol des enquêtes de terrain et de la collecte d'informations. Les travaux futurs devront renforcer l'alignement avec les besoins de la planification territoriale, construire des réseaux de suivi liés à l'information spatiale et améliorer les plateformes de partage d'informations sur la biodiversité.

5.2 Renforcer l'unification des standards techniques de planification

Le choix des indicateurs dans les modèles d'évaluation de l'aptitude des habitats comporte actuellement une certaine subjectivité, qu'il s'agisse des variables environnementales dans les modèles de distribution des espèces ou des facteurs de surface de résistance pour les corridors écologiques. Il n'existe pas non plus de standard unifié pour le seuil minimal de superficie des sources écologiques, ni de base standardisée pour ces seuils [45].

À l'avenir, la planification devra renforcer le rôle directeur de la recherche fondamentale sur les processus écologiques. Par exemple, l'intégration de données multisources et la recherche interdisciplinaire peuvent aider à clarifier les mécanismes de couplage entre structures paysagères et processus écologiques, à déterminer les valeurs de paramètres et les séries de seuils dans les modèles d'évaluation de la biodiversité, et à améliorer efficacement les méthodes d'identification des sources et corridors écologiques.

5.3 Renforcer la gestion coordonnée entre régions écologiques

Les pratiques actuelles de planification utilisent généralement les limites administratives comme base. Ce modèle offre certains avantages pour l'acquisition de données et facilite le travail de conservation des départements locaux. Cependant, les déplacements des espèces ne sont pas contraints par les limites administratives ou les unités géographiques. Par conséquent, l'intégrité entre régions doit être pleinement prise en compte dans la gouvernance spatiale orientée vers la conservation [54], et la planification de la biodiversité doit être encouragée à l'échelle des bassins versants, des massifs montagneux et des régions lacustres.

À l'avenir, il conviendra de prendre pleinement en compte l'interdépendance des zones fonctionnelles écologiques entre municipalités et comtés voisins. Un réseau écologique régional fonctionnellement complet devra être construit afin d'améliorer la biodiversité régionale dans son ensemble.

Remerciements : les auteurs remercient l'Administration de la Réserve naturelle nationale de Yunlong Tianchi, la Ferme forestière de Caojian du comté de Yunlong, le Bureau des ressources naturelles du comté de Yunlong et le Bureau des forêts et des prairies du comté de Yunlong pour les données et l'appui aux enquêtes locales fournis dans le cadre de l'étude de cas de Yunlong.

Références

- [1] UCHIDA K, BLAKEY R V, BURGER J R, et al. Biodiversité urbaine et importance de l'échelle [J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2021, 36(2): 123-131.
- [2] YANG Baojun, CHEN Peng, DONG Ke, et al. Construction du système de planification de l'espace territorial dans le contexte de la civilisation écologique [J]. *Urban Planning Forum*, 2019(4): 16-23. [en chinois]
- [3] WU Zhiqiang, GUO Renzhong, ZHANG Bing, et al. Forum académique sur la « construction systématique du système national de planification spatiale » [J]. *Urban Planning Forum*, 2024(5): 1-11. [en chinois]
- [4] Ministère de l'Écologie et de l'Environnement, ministère des Affaires étrangères. Construire un avenir commun pour toutes les formes de vie sur Terre : la Chine en action [EB/OL]. (2020-9-21) [2024-12-10]. https://www.fmprc.gov.cn/web/zyxw/202009/t20200921_348510.shtml. [en chinois]
- [5] Segment de haut niveau de la Conférence des Nations unies sur la biodiversité 2020 (première partie). Déclaration de Kunming : civilisation écologique — construire un avenir commun pour toutes les formes de vie sur Terre [EB/OL]. (2021-10-24) [2024-10-24]. https://www.gov.cn/xinwen/2021-10/14/content_5642362.htm. [en chinois]
- [6] Programme des Nations unies pour l'environnement. Cadre mondial de la biodiversité de Kunming-Montréal [EB/OL]. (2022-12-18) [2024-12-10]. <https://www.cbd.int/doc/c/e6d3/cd1d/daf663719a03902a9b116c34/cop-15-l-25-en.pdf>.
- [7] Bureau général du Comité central du PCC, Bureau général du Conseil d'État. Opinions sur le renforcement de la conservation de la biodiversité [EB/OL]. (2021-10-14) [2024-12-10]. https://www.gov.cn/zhengce/2021-10/19/content_5643674.htm. [en chinois]
- [8] Ministère de l'Écologie et de l'Environnement. Stratégie et plan d'action de la Chine pour la conservation de la biodiversité (2023-2030) [EB/OL]. (2024-1-18) [2024-12-10]. https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202401/content_6926868.htm. [en chinois]
- [9] LÜ Zhi. Conservation de la biodiversité en Chine et objectif « 30 d'ici 30 » [J]. *Frontiers*, 2022(4): 24-34. [en chinois]
- [10] ZHAO Yi, ZHENG Jun, XU Chen, et al. Questions clés de l'élaboration des plans généraux de l'espace territorial au niveau du comté [J]. *Urban Planning Forum*, 2022(2): 54-61. [en chinois]
- [11] WANG Xinzhe, QIAN Hui, LIU Zhenyu. Positionnement de la planification générale de l'espace territorial au niveau du comté dans une perspective de gouvernance [J]. *Urban Planning Forum*, 2020(3): 65-72. [en chinois]
- [12] Bureau général du ministère des Ressources naturelles. Lignes directrices pour l'élaboration des plans généraux municipaux de l'espace territorial [EB/OL]. (2020-8) [2024-12-10]. <https://m.mnr.gov.cn/gk/tzgg/202008/P020200820547720783027.pdf>. [en chinois]
- [13] Bureau des ressources naturelles du comté de Yunlong. Plan général de l'espace territorial du comté de Yunlong (2021-2035) [EB/OL]. (2023-4-24) [2025-1-13]. <http://www.ylx.gov.cn/ylxrmzf/c106966/202305/ac4a4c47e7684ca6b00ab692ab97c97f/files/e0b660fe6f104c59b0f65044e84af207.pdf>. [en chinois]
- [14] Bureau des ressources naturelles et de la planification de Shouxian. Plan général de l'espace territorial de Shouxian (2021-2035) [EB/OL]. (2024-7-1) [2025-1-13]. <https://www.shouxian.gov.cn/public/118322767/1260264458.html>. [en chinois]
- [15] Ministère de la Construction. Avis sur le renforcement de la conservation de la biodiversité urbaine [EB/OL]. (2002-11-6) [2024-12-10]. <https://www.chinacourt.org/law/detail/2002/11/id/81262.shtml>. [en chinois]

- [16] Ministère de la Construction. Avis relatif à la publication des Mesures de candidature et d'évaluation des villes-jardins nationales et des Normes des villes-jardins nationales [EB/OL]. (2005-3-25) [2024-12-10]. <http://chla.com.cn/html/c106/2006-04/6210.html>. [en chinois]
- [17] GAN Jing, WU Zhiqiang. Revue des recherches sur la planification de la biodiversité urbaine et contre-mesures [J]. Planners, 2018, 34(1): 87-91. [en chinois]
- [18] Bureau général du ministère des Ressources naturelles. Lignes directrices pour l'évaluation de la capacité de charge des ressources et de l'environnement et de l'aptitude au développement de l'espace territorial (à titre expérimental) [EB/OL]. (2020-1-19) [2024-12-10]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-01/22/content_5471523.htm. [en chinois]
- [19] GAN Jing. Facteurs d'influence et voies d'optimisation de la biodiversité dans l'environnement bâti urbain [J]. Urban Planning International, 2018, 33(4): 67-73. [en chinois]
- [20] SHA Ou, FANG Zhou, XIONG Yaoping. Stratégies de conservation de la biodiversité dans le système de planification de l'espace territorial : le cas de la conservation des oiseaux [J]. Planners, 2022, 38(S1): 31-36. [en chinois]
- [21] MOU Xuejie, RAO Sheng, ZHANG Xiao, et al. Évaluation des schémas prioritaires de conservation de la biodiversité au niveau du comté et optimisation des systèmes de conservation : le cas de la ville de Wuyishan [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2021, 37(6): 769-777. [en chinois]
- [22] FEI Fan, WU Jie, LI Xiaohui, et al. Construction et restauration d'un réseau urbain de biodiversité fondé sur le processus « habitat-migration » d'espèces indicatrices dans la perspective de la planification territoriale : étude de cas de Guangzhou [C]//Actes de la Conférence nationale annuelle d'urbanisme 2020/2021 et de la Saison académique chinoise d'urbanisme 2021, 2021. [en chinois]
- [23] LONG Nao, HE Ge, FEI Fan, et al. Construction d'un réseau de conservation de la biodiversité urbaine à Guangzhou [J]. Environmental Ecology, 2023, 5(10): 75-80. [en chinois]
- [24] LIU Yang, OU Xiaoyang, ZHENG Xi. Planification de la conservation de la biodiversité urbaine intégrant la structure des espaces verts et l'analyse de la connectivité fonctionnelle [J]. Landscape Architecture, 2022, 29(1): 26-33. [en chinois]
- [25] XUE Fei, LANG Yuexi, CAO Yue, et al. Réensauvagement : pratiques dans les espaces écologiques urbains de Berlin [J]. Urban Planning Forum, 2023(6): 79-86. [en chinois]
- [26] CAI Zhuo, DING Meichen. Évaluation et ajustement multi-perspective des lignes rouges de protection écologique terrestre : le cas de Zhangzhou, province du Fujian [J]. Planners, 2021, 37(2): 28-33. [en chinois]
- [27] GAO Mengwen, HU Yecui, LI Xiang, et al. Construction d'un schéma de sécurité écologique dans les régions karstiques montagneuses fondée sur l'importance des services écosystémiques et la sensibilité environnementale : le cas de Hechi, Guangxi [J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(7): 2596-2608. [en chinois]
- [28] TAN Huaqing, ZHANG Jinting, ZHOU Xisheng. Construction d'un schéma de sécurité écologique à Nanjing fondé sur le modèle de résistance cumulative minimale [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(3): 282-288. [en chinois]
- [29] WANG Hao, MA Xing, DU Yong. Construction d'un schéma de sécurité écologique dans la province du Guangdong fondée sur l'importance des services écosystémiques et la sensibilité écologique [J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(5): 1705-1715. [en chinois]
- [30] LUO Qiaoling, MA Jie, ZHENG Zhenhua, et al. Exploration pratique de l'évaluation de l'importance de la conservation écologique aux échelons municipal et de comté dans le cadre de la planification territoriale : le cas du district de Jiangxia, Wuhan [J]. Chinese Landscape Architecture, 2022, 38(6): 97-102. [en chinois]

- [31] QU Yi, LU Ming. Construction de schémas de sécurité écologique urbaine du point de vue de la conservation de la biodiversité [J]. *Urban Development Studies*, 2017, 24(4): 134-137. [en chinois]
- [32] GAN Jing, YAN Wentao. Planification écologique de l'espace territorial [M]. Shanghai : Tongji University Press, 2024. [en chinois]
- [33] AUSTIN M P, VAN NIEL K P. Improving species distribution models for climate change studies: variable selection and scale [R]. Wiley Online Library, 2011.
- [34] DUFLOT R, AVON C, ROCHE P, et al. Combining habitat suitability models and spatial graphs for more effective landscape conservation planning: an applied methodological framework and a species case study [J]. *Journal for Nature Conservation*, 2018, 46: 38-47.
- [35] Department of Natural Resources of Guangdong Province. Lignes directrices techniques pour l'évaluation de la capacité de charge des ressources et de l'environnement et de l'aptitude au développement de l'espace territorial dans la province du Guangdong (à titre expérimental) [EB/OL]. (2020-12) [2024-12-10]. <https://nr.gd.gov.cn/attachment/0/408/408632/3162101.pdf>. [en chinois]
- [36] MA Xing, WANG Hao, YU Wei, et al. Distribution et lacunes de conservation des points chauds de diversité aviaire dans la province du Guangdong à partir du modèle MaxEnt [J]. *Biodiversity Science*, 2021, 29(8): 1097-1107. [en chinois]
- [37] ZHANG Dou, QU Liping, ZHANG Jiehao. Construction et optimisation des schémas de sécurité écologique du point de vue de l'offre et de la demande écologiques : le cas du delta du Yangtsé [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(20): 7525-7537. [en chinois]
- [38] LIU Xiangling, GUO Jinping. Schéma de sécurité écologique pour la conservation de la biodiversité dans la ville de Lüliang [J]. *Journal of Forest and Environment*, 2021, 41(3): 290-297. [en chinois]
- [39] YANG Kai, CAO Yingui, FENG Zhe, et al. Progrès de la recherche sur la construction des schémas de sécurité écologique fondée sur le modèle de résistance cumulative minimale [J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2021, 37(5): 555-565. [en chinois]
- [40] SUN Feng, ZHANG Jinhe, WANG Peijia, et al. Construction et évaluation des schémas de sécurité écologique urbaine : étude de cas de l'aire urbaine de Suzhou [J]. *Geographical Research*, 2021, 40(9): 2476-2493. [en chinois]
- [41] PENG J, YANG Y, LIU Y, et al. Linking ecosystem services and circuit theory to identify ecological security patterns [J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 644: 781-790.
- [42] LIU Jiping, LÜ Xianguo, YANG Qing, et al. Conception de schémas de sécurité écologique des zones humides dans la plaine de Sanjiang, au nord-est de la Chine [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1083-1090. [en chinois]
- [43] ZHAN Longsheng, CHEN Kexin, LI Qianqian, et al. Conservation et restauration écologiques dans la planification territoriale : le cas de Weihai, province du Shandong [J]. *Intelligent City*, 2021, 7(11): 107-112. [en chinois]
- [44] SYNES N W, PONCHON A, PALMER S C, et al. Prioritising conservation actions for biodiversity: lessening the impact from habitat fragmentation and climate change [J]. *Biological Conservation*, 2020, 252: 108819.
- [45] WU Zhilong, YANG Jiyu, XIE Hualin. Construction et restauration optimisée de schémas de sécurité écologique dans les régions collinaires et montagneuses du sud : le cas de Ruijin [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(10): 3998-4010. [en chinois]
- [46] ZHANG Xiao, MOU Xuejie, WANG Xiahui, et al. Zonage de la restauration écologique territoriale : le cas de l'île de Hainan [J]. *Ecological Economy*, 2021, 37(2): 183-189. [en chinois]

- [47] Gouvernement populaire du comté de Yunlong. Présentation de Yunlong [EB/OL]. (2024-11-19) [2024-12-10]. <http://www.ylx.gov.cn/ylxrmzf/c102587/zjyl.shtml>. [en chinois]
- [48] PHILLIPS S J, ANDERSON R P, SCHAPIRE R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions [J]. *Ecological Modelling*, 2006, 190(3-4): 231-259.
- [49] LUO Qiqi, HU Huijian, XU Zhengchun, et al. Points chauds de diversité des oiseaux d'eau dans la Grande Baie Guangdong-Hong Kong-Macao à partir du modèle MaxEnt [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(19): 7589-7598. [en chinois]
- [50] SHEN L, WANG W, QI Y, et al. Habitat suitability for the Yunnan snub-nosed monkey *Rhinopithecus bieti* (Milne-Edwards, 1897) (Primates: Cercopithecidae) based on the MaxEnt model [J]. *Acta Zoologica Bulgarica*, 2023, 75(3).
- [51] ZHANG G, ZHU A-X, HE Y-C, et al. Integrating multi-source data for wildlife habitat mapping: a case study of the black-and-white snub-nosed monkey (*Rhinopithecus bieti*) in Yunnan, China [J]. *Ecological Indicators*, 2020, 118: 106735.
- [52] WANG M, GAN J, GUO G, et al. Identifying conservation gap in biodiversity hotspot area: single flagship species or multi-species? [J]. *Journal for Nature Conservation*, 2025, 75: 1-12.
- [53] Institut de zoologie, Académie des sciences du Guangdong. Publication des résultats technologiques clés relatifs aux enquêtes et au suivi intelligents de la faune sauvage terrestre [EB/OL]. (2022-8-5) [2024-12-10]. <http://www.giabr.gd.cn/xxgk/tzgg/t6412.html>. [en chinois]
- [54] PENG Jian, ZHAO Huijuan, LIU Yanxu, et al. Progrès et perspectives de la recherche sur la construction de schémas régionaux de sécurité écologique [J]. *Geographical Research*, 2017, 36(3): 407-419. [en chinois]
- Révisé : juin 2025.

Traduction assistée par IA