



HAL
open science

Impact du changement climatique sur les plantes fourragères en Asie du sud-est : l'exemple du Vietnam, du Laos et du Cambodge

Pierre Siffray

► **To cite this version:**

Pierre Siffray. Impact du changement climatique sur les plantes fourragères en Asie du sud-est : l'exemple du Vietnam, du Laos et du Cambodge. Géographie. 2018. dumas-01880578

HAL Id: dumas-01880578

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01880578>

Submitted on 25 Sep 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SIFFRAY Pierre

Impact du changement climatique sur les plantes fourragères en Asie du Sud-Est. L'exemple du Vietnam, du Laos et du Cambodge.

IUGA Superviseur :

Dr Sylvain Bigot, Dr Sandra Rome

CIAT Superviseurs :

Dr Sabine Douxchamps, Dr Peter Laderach, Mr Louis Parker

Mémoire soutenu le 10 septembre 2018.

Master 2 GAED, parcours GEOIDES, année universitaire 2017-2018.



« *Qui veut vivre doit s'adapter aux conditions nouvelles la vie* »

R.Rolland (1908)

Sommaire

Sommaire	5
Remerciements	7
Sigles et acronymes	9
1. Introduction.....	11
2. Données et méthodologie.....	13
2.1 Méthodologie	13
2.2 L'aire étudiée.....	15
2.3 Les données de traitement	16
2.3.1 Les données climatiques	16
2.3.2 Les données pédologiques et topographiques	17
2.3.3 Les données de croissance des plantes.....	18
2.4 Limites des données	18
3. Agricultures et climats en Asie du Sud-Est.....	19
3.1 L'élevage et l'agriculture dans l'Asie du Sud-Est.....	19
3.2 Les plantes fourragères	22
3.3 Les climats de l'Asie du Sud-Est	25
3.4 Un climat qui a déjà évolué.....	27
3.5 Projections climatiques futures à l'horizon 2100.....	29
Résultats des projections de l'horizon 2050	31
Conclusion	36
Tables	38
Liste des tableaux.....	38
Bibliographie	39
Annexes	43

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce rapport. Plusieurs personnes ont permis à ce travail de voir le jour, je me dois donc de les remercier.

En France, j'adresse mes remerciements à mon professeur, Monsieur Sylvain Bigot, pour son aide et ses conseils tout au long de mon stage, ainsi qu'au docteur Mélanie Bertrand pour sa précieuse aide sur l'utilisation du logiciel R.

Je remercie la région Auvergne-Rhône-Alpes pour leur support financier.

Bien évidemment je remercie fortement le futur docteur Clément Bourgoïn, sans qui je n'aurais sûrement pas pu travailler pour le CIAT. Je lui souhaite une bonne fin de thèse.

Au Vietnam, je remercie particulièrement le docteur Sabine Douxchamps de m'avoir donné l'opportunité de travailler au CIAT, ainsi que la possibilité de participer à des missions de terrain à l'étranger. Je la remercie pour ses conseils et son apport dans mon travail.

Je souhaite remercier Mr Louis Parker, pour son encadrement et sa très grande patience, ainsi que le docteur Peter Laderach.

J'aimerais remercier l'ensemble du personnel pour leur aide et leur gentillesse, qui ont grandement facilité mon intégration. Plus particulièrement Thao et Le, pour les démarches administratives et billets d'avions, Trung et Luis pour leur aide en cartographie et traitement de données, ainsi que Dzung pour sa gentillesse, ses précieux conseils sur la vie au Vietnam et son aide pour la traduction anglo-vietnamienne.

Je ne peux oublier de remercier mes différents colocataires tout au long de ce séjour, qui m'ont rendu la vie plus facile et agréable. Merci donc à Félicitas, Claire, Louis, Niccolo, Andrès, Maya et Allegra.

Au Kenya, je remercie John Mutua pour son aide sur la méthodologie de travail et le traitement de données, ainsi que Birthe Paul pour ses conseils quant au choix des bases de données pour les plantes.

Pour finir, je souhaite remercier l'ensemble de la promotion pour ces deux belles années de master et plus particulièrement la Ligue des Pingouins. Je leur souhaite à tous une bonne continuation.

Sigles et acronymes

AFZ : Association Française de Zootechnie

BMZ : Ministère Fédéral Allemand de la Coopération Economique et du Développement

CCAFS : Climate Change, Agriculture and Food Security

CIAT : Centro Internacional de Agricultura Tropical / International Center for Tropical Agriculture

CIRAD : Centre de coopération Internationale en recherche agronomique pour le développement.

CGIAR : Consultative Group on International Agricultural Research

CSIRO : Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation

FAO : Food and Agriculture Organization

GCM : Global Climate Model

GES : Gaz à effets de serre

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

GMS : Great Mekong Subregion.

ILRI : International Livestock Research Institut

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

IRRI : International Rice Research Institute

NAFRI : Institut National de Recherche Agricole et Forestière

NASA : National Aeronautics and Space Administration

pH : potentiel Hydrogène

PIB : Produit Intérieur Brut

RCP : Representative Concentration Pathway

RUA : Université Royale d'Agriculture

SRTM : Shuttle Radar Topography Mission

WASI : Institut de Science Agricole des Hauts-plateaux de l'Ouest

1. Introduction

Le climat et l'agriculture sont étroitement liés. Depuis les débuts de l'agriculture, entre 14 000 et 5000 av. JC, elle est en grande partie dépendante de l'évolution des conditions météorologiques au cours d'une saison. Une sécheresse prolongée, des grêles ou autres événements climatiques peuvent détruire ou contraindre les cultures ou élevages, et avoir des conséquences particulièrement négatives sur les rendements et les populations qui dépendent de cette ressource (Garnier, 2010). Cet enjeu prend encore plus d'ampleur avec le changement climatique, dont le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) a qualifié l'origine anthropique « *extrêmement probable* », soit 95 % de certitude. L'Asie du Sud-Est se situe dans une zone tropicale, avec un climat chaud et humide, particulièrement durant la période estivale. Selon le GIEC et ses différents scénarios, dans cette zone géographique, la température pourrait augmenter de 2°C en moyenne d'ici 2050. La mousson, période de fortes pluies, devrait également être perturbée (Loo et al., 2015). Certaines régions d'Asie du Sud-Est sont particulièrement vulnérables à ces changements. C'est par exemple le cas du delta du Mékong (Vietnam) qui est menacé par la montée des eaux (Yusuf, Francisco, 2009) ou comme l'ensemble des villes côtières d'Asie (Yeung, 2001). L'agriculture est également impactée négativement par l'évolution du climat (Nelson et al., 2009). Cela affecte l'alimentation et la nutrition (Holdsworth, Bricas, 2015). Or l'agriculture tient importante dans la région, ou environ un tiers de la population travaille dans ce secteur en 2017 (Banque mondiale). L'agriculture est donc soumise à des pressions fortes, d'autant plus que la population dans l'Asie du Sud-est augmente, 1,3 % par an entre 2006-2016 (FAO, 2017). L'importance de l'agriculture dans cette région du monde mène les gouvernements locaux à mener des études avec des instituts de recherche et des organismes nationaux et internationaux. Ces études peuvent porter sur les politiques agricoles, des expériences agronomes destinées à augmenter les rendements, sur l'étude de l'impact du changement climatique,...

Le CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) est l'un des nombreux organismes qui étudient l'agriculture et ses relations avec les hommes, le milieu naturel et le climat. Cet organisme international travaille depuis 1967 dans les pays tropicaux en voie de développement, et a pour objectif principal de « *réduire la faim et la pauvreté, et améliorer l'alimentation humaine dans les tropiques à travers la recherche de l'augmentation de l'efficacité de l'agriculture* » (CIAT, 2018).

Le travail réalisé ici fait partie d'un des projets en cours au CIAT et intitulé « *Hands and Minds connected to boost eco-efficiency on smallholder livestock-crop systems* » (<http://ciat.cgiar.org/ciat-projects/hands-and-minds-connected-to-boost-eco-efficiency-of-smallholder-livestock-crop-farms-2/>). Mené au Cambodge, Laos et Vietnam, ce projet a pour but de développer l'éco-efficacité de petites exploitations mixtes dans la région du Mékong (Greater Mekong Subregion - GMS), en réduisant la pauvreté et en augmentant la sécurité alimentaire, tout en respectant les ressources naturelles et en augmentant la capacité d'innovation des producteurs. Le projet « Hands and Minds » concerne uniquement des petites, de part leur taille, exploitations. En effet ce sont des exploitations de taille réduite

qui subissent le plus le changement climatique, ainsi que de plus grandes difficultés à s'adapter à celui-ci, en comparaison avec des exploitations industrielles, qui possèdent plus de ressources financières et humaines (Morton, 2007). L'objectif est donc de créer une image réaliste des pratiques des petits agriculteurs, de ce qui marche et ne marche pas ou peu à la lumière des empreintes environnementales et socio-économique et des indicateurs de subsistance. Les partenaires de ce projet sont l'institut national de recherche agricole et forestière (NAFRI) au Laos, l'université royale d'agriculture (RUA) au Cambodge, l'institut de science agricole des hauts-plateaux de l'ouest (WASI) du Vietnam et l'université de Göttingen en Allemagne. Ce projet est financé le ministère fédéral allemand de la coopération économique et du développement (BMZ).

Parmi les différents foyers du projet, les plantes fourragères tiennent une place importante dans les systèmes mixtes (cultures et élevages). Un fourrage peut être défini comme une plante ou mélange de plante utilisé afin de nourrir les animaux d'élevage. Ces fourrages sont cultivés sous forme de prairies temporaires ou permanentes. Durant la saison de pousse, les animaux consomment les fourrages dans les pâturages. En ce qui concerne les animaux élevés dans des enclos, les pâturages peuvent être fauchés pour être distribués sous différentes formes (frais, ensilage, mélangés...). Cependant le changement climatique fait peser une menace sur la croissance de ces plantes et peut donc amener une modification de leur répartition géographique, bouleversants des systèmes en place depuis des décennies. La température, les précipitations et la teneur en CO₂ jouent un rôle capital sur la photosynthèse, qui est déterminante sur la qualité et la croissance des pâturages. Le changement climatique cause une variation de ces facteurs essentiels (Wheeler, Reynolds, 2013). Il se peut que dans un futur proche, certaines plantes ne soit plus du tout viable ou avec des rendements moindres, tandis que d'autres se verront avantagées par ces changements. Il devient donc particulièrement important d'anticiper ces changements afin d'adapter les politiques à mener.

L'objectif de ce mémoire est de déterminer l'impact du changement climatique sur les plantes fourragères, comme par exemple *Stylosanthes guianensis* ou *Brachiaria decumbens*, dans les 3 pays du projet. Le but est de créer des cartes en croisant les données de croissance optimale de chaque plante (optimum de température et de précipitations, du pH, d'altitude maximum, période de croissance) avec les données météorologiques, de sol et d'altitude dans la région concernée.

Nous présentons dans une première partie la méthodologie utilisée pour traiter les différentes données afin d'en faire des cartes thématiques, ainsi que les outils qui ont été mobilisés. Nous voyons dans une seconde partie l'importance de l'élevage dans l'Asie du Sud-est ainsi que les différentes plantes fourragères présentes dans cette région, ainsi que les différents climats caractéristiques de cette aire, leur évolution passé et les projections futures. Dans cette partie, nous analysons la cartographie agricole des plantes fourragères. Puis nous terminons l'étude par une discussion et conclusion ainsi qu'une présentation de perspectives futures.

2. Données et méthodologie

2.1 Méthodologie

Pour rappel, l'objectif est de créer des cartes qui comparent l'aire de répartition géographique de ces plantes entre aujourd'hui et les projections pour 2050. Les différents modèles climatiques présentent 4 horizons différents : 2030, 2050, 2070 et 2080. L'horizon 2050 a été retenu ici car il donne une vision à moyen-long terme sans se projeter dans un futur trop proche (2030) ou trop lointain, et donc incertain (2070-2080). Il a également été choisi de travailler avec un seul des 4 scénarios du GIEC, celui appelé RCP8.5. Ce scénario a été sélectionné car il permet de donner une marge d'erreur en déterminant ce qu'il pourrait arriver de pire en matière de climat. Ces scénarios représentent un forçage radiatif théorique, (en W/m^2) de l'atmosphère, défini comme une modification de l'équilibre entre le rayonnement solaire entrant et les émissions de rayonnements infrarouges sortant de l'atmosphère (GIEC, 2013). Depuis le début de l'ère industrielle (XIX^{ème} siècle), le forçage radiatif total est positif et a conduit à une absorption nette d'énergie par le système climatique (GIEC, 2013). La plus grande contribution à ce forçage radiatif provient de l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en CO_2 depuis 1750. Le scénario 8.5 représente donc un forçage radiatif de $8,5 W/m^2$, ce qui correspond à une augmentation annuelle moyenne de $2^\circ C$ pour l'horizon 2050 et de $4^\circ C$ pour l'horizon 2100, par rapport à la période 1986-2005 (GIEC, 2013).

Le RCP8.5 est le scénario le plus pessimiste, mais c'est malheureusement un scénario probable car il correspond à la continuité des émissions actuelles de GES (Gaz à effet de serre).

Afin de réaliser ce travail, plusieurs outils géomatiques ont été mobilisés.

Le logiciel R qui a été utilisé pour le traitement de données. Celui-ci a permis de créer le masque recouvrant les trois pays du projet, permettant ensuite de découper les données climatiques actuelles et futures, le pH et l'altitude sur la zone étudiée (qui sont téléchargées à l'échelle mondiale).

C'est également avec le logiciel R qu'a été calculée la moyenne des variables de précipitations, de températures minimales, maximales et moyennes des 32 modèles climatiques futurs.

Pour le cœur du travail, c'est-à-dire les cartes de répartition géographique des plantes en fonction du potentiel agricole, nous avons utilisé la boîte à outil Targetools. Cet outil a été créé par une équipe du CIAT Afrique. Cette boîte doit être utilisée avec le logiciel ArcGIS. Celle-ci est composée de trois outils :

- « Land similarity » : Un outil qui peut être utilisé pour trouver les sites appropriés, semblables aux terres cultivées déjà existantes sous un certain type de récolte.

- « Land suitability » : Cet outil peut être utilisé pour identifier les zones qui sont appropriées pour planter un certain type de récolte selon les critères d'utilisateur (températures, ...).
- « Land statistic » : Permet d'effectuer des statistiques et analyses spatiales sur les fichiers de sortie.

C'est avec l'outil « Land suitability » que les cartes ont été créées. La résolution des cartes est de 30s. Pour chaque pixel, le script mesure, en fonction des critères d'utilisateur (températures, pH...) et des paramètres de la plante, le potentiel agricole de chaque fourrage dans la zone donnée. Le script calcule donc le potentiel agricole lié à la température, puis les précipitations, puis le pH et enfin l'altitude. Il réalise ensuite une moyenne des ces quatre paramètres pour donner le potentiel agricole final. Cela donne un indice compris entre 0 et 1 ; où 0 est les conditions climatiques et pédologiques sont les plus faibles et 1 où ces conditions sont optimum (voir figure 2). Les cartes présentées dans ce rapport ne montrent donc pas l'aire de distribution du fourrage mais les lieux où les conditions de croissance sont optimales pour chaque fourrage.

La grille de couleur va du rouge pour un indice de 0 au vert pour un indice de 1. La représentation de cet indice est divisée en 10 catégories. L'interpolation des résultats utilise donc la méthode « discret ».

Dans le cas où les données de la plante seraient supérieures ou inférieures aux critères d'utilisateur, il est impératif de ramener les paramètres de croissance de la plante au maximum et minimum du jeu de données en entrée. Par exemple si la donnée de température minimale de la plante est de 12°C mais que le minimum de température relevé sur le raster est de 15°C, nous devons donc écrire sur l'outil que la température minimale de la plante est de 15°C. Le cas échéant le résultat n'est pas viable (l'indice de potentiel agricole est supérieur à 100 %).

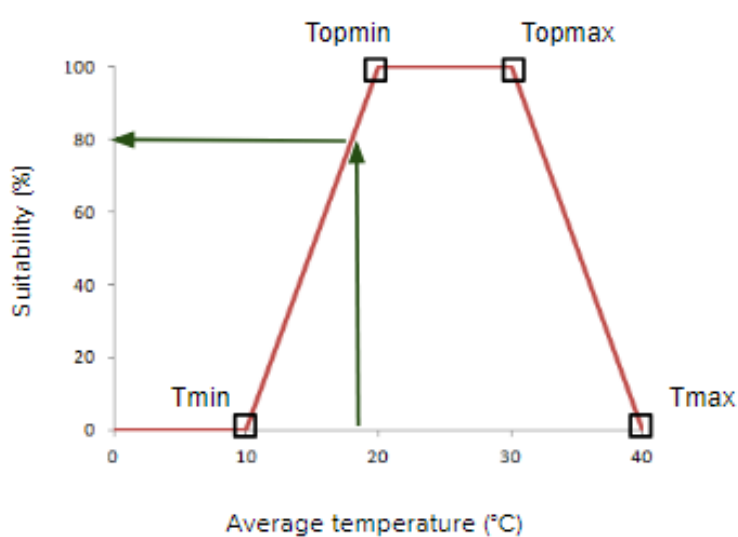


Figure 1. Diagramme de calcul de l'indice de potentiel agricole utilisé dans cette analyse (Laderach, Eitzinger, 2013).

Afin de créer les deux tableaux présents dans la partie résultats (tableaux 5 et 6), nous avons réalisé un ré-échantillonnage des cartes de potentiel agricole présent et futur. Nous avons distribué ces données en trois catégories : indice de potentiel agricole <50 %, 50-75 % et > 75 %. Cette répartition a été choisie car elle permet d’avoir une vision équilibrée de l’évolution de cet indice sur l’ensemble des fourrages. Afin d’obtenir la surface en kilomètre carré, nous avons multiplié le nombre de pixels par la résolution du raster en entrée. L’ensemble de ces calculs ont été réalisés avec la calculatrice raster, sous Arcgis. En ce qui concerne la carte de la conclusion, nous avons téléchargé la couche des aires protégées sur la base de données des Nations-Unies. La couche sur la densité de population a été téléchargée sur le site de la NASA. Nous avons ré-échantillonné les données de population afin de ne garder que les aires où la densité est supérieure à 1000 habitants au kilomètre carré. Cette carte a pour but de montrer les lieux où la densité de population est importante, empêchant peut-être la culture ou en modifiant les conditions environnementales (températures, pollutions...).

Des travaux similaires, permettant d’évaluer le potentiel agricole, ont été déjà réalisés en Afrique mais avec différents outils, notamment avec l’outil Ecocrop (Kekae, 2017 ; Laderach, Eitzinger, 2013). Cependant cet outil n’utilise que les paramètres de température et de précipitations. Dans la méthodologie développée ici, nous ajoutons deux paramètres (pH du sol et altitude) qui apportent plus de précisions.

2.2 L’aire étudiée

Le Cambodge, le Laos et le Vietnam sont les trois pays du projet. Ils se situent entre le 23^{ème} parallèle et le 9^{ème} parallèle nord, soit entre le tropique du Cancer et l’équateur. Le climat y est donc tropical. Ils font partie de l’aire généralement nommée « Asie du Sud-Est ». Ils partagent des frontières avec la Chine au Nord et avec la Thaïlande et la Birmanie à l’Ouest. Le point culminant se situe au Vietnam. Il s’agit du mont Fansipan (3143 m). Les montagnes et les plateaux (altitude supérieure à 400 m) occupent environ 40 % du territoire. La population de cette aire, en 2017 est de 118 millions d’habitants pour une densité de 134 hab/km², selon les chiffres de la Banque Mondiale (2017).

Tableau 1. Chiffres socio-économiques comparatifs entre les trois pays du projet. Source : Worldbank, 2017.

Pays	Superficie (km ²)	Population	PIB (M)\$	Part de l'agriculture dans le PIB (%)	Terre agricole (% /superficie totale)
Cambodia	181 035	16 005 373	22.58	23.38	30.13
Lao PDR	236 800	6 858 160	16.83	16.2	8.98
Vietnam	330 967	95 540 800	223.86	15.339	35.38

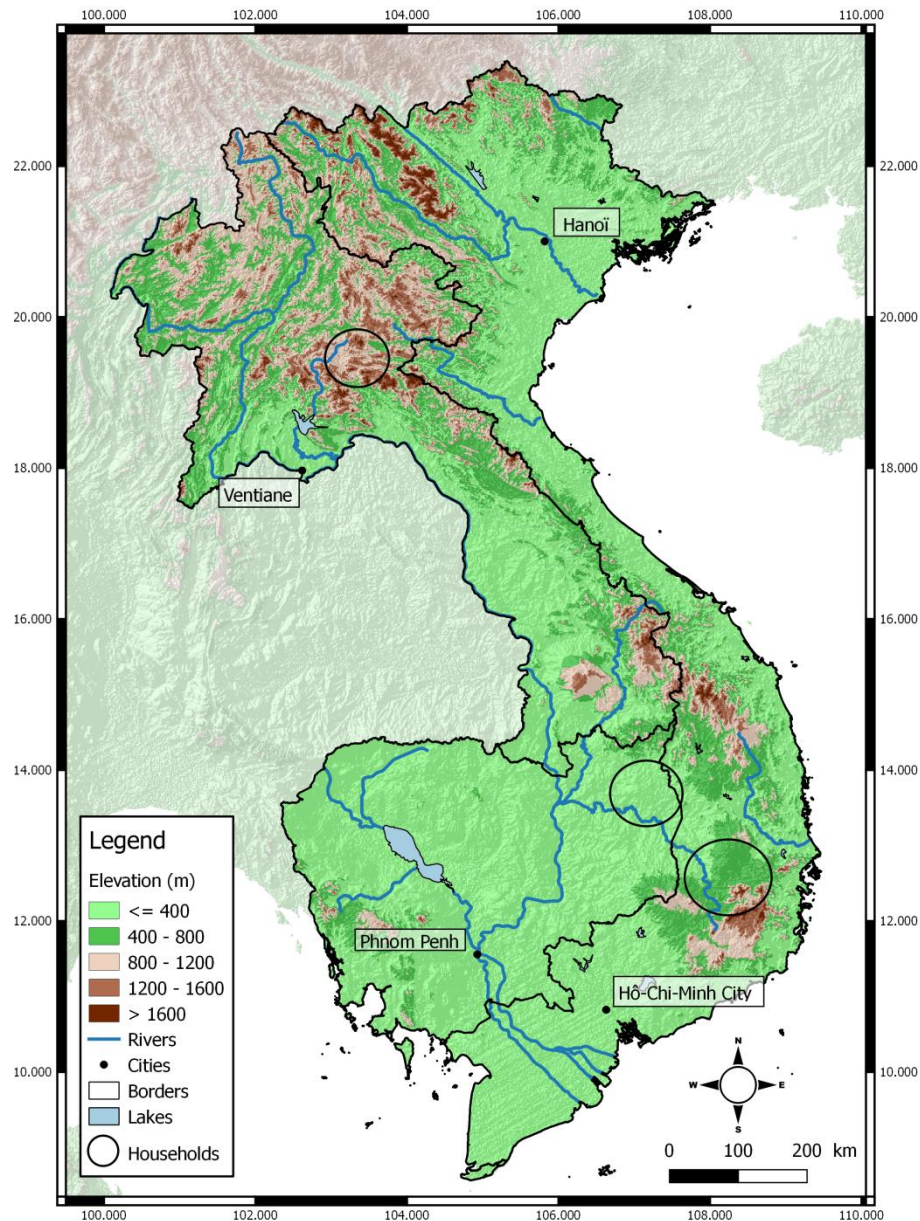


Figure 2. Carte des trois pays étudiés. Les cercles noirs visibles sur la carte, « households » dans la légende, représentent les lieux où se situent les fermes du projet Hands and Minds. Source : CGIAR-SRTM.

2.3 Les données de traitement

2.3.1 Les données climatiques

Les données climatiques utilisées pour ce travail proviennent de deux différentes sources. Les données du climat actuel ont été téléchargées sur le site Worldclim (<http://www.worldclim.org>), au format .tif avec une résolution de 30s, c'est-à-dire qu'un pixel est environ égal à 1km² (Fick et Hijmans, 2017). Ces données (précipitations, température moyenne, minimum et maximum) sont mensuelles. Les données de Worldclim sont générées à travers une interpolation des moyennes mensuelles d'un réseau de 47 554 stations météorologiques à travers le monde pour les précipitations, et 24 452 stations pour

les températures moyennes. La dernière mise à jour est une moyenne de la période 1970-2000. La base de données possède plusieurs variables, qui sont souvent utilisées pour des modélisations de niches écologiques. Ces variables peuvent être des moyennes (températures, précipitations), des facteurs extrêmes (températures du mois le plus chaud et le plus froid) et des variations saisonnières (fourchette annuelle des précipitations et températures). La moyenne des températures annuelles a donc été obtenue en additionnant tous les mois de l'année avant de diviser ce résultat par douze. Pour le cumul des précipitations, le même calcul a été réalisé, sans toutefois divisé par douze, puisqu'on parle de somme et non d'une moyenne. L'usage d'une calculatrice raster a été nécessaire pour ces deux derniers calculs.

Les données climatiques ont été téléchargées sur le site CCAFS (<http://ccafs-climate.org>). Ces données proviennent du CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Ces données sont sous le format ascii (.asc). Seules les données du scénario RCP8.5 et l'horizon 2050 ont été retenues. Elles regroupent les données de tous les modèles climatiques (32 au total), avec une résolution de 30s.

Les données utilisées dans la partie 3.4 proviennent de GlobalWeather (<http://globalweather.org>) Ce site permet de connaître jour par jour plusieurs variables climatiques (taux d'humidité, température, rayonnement solaire,...) entre 1979 et 2013 de stations météorologiques à travers le monde. Nous pouvons donc avoir un aperçu de l'évolution du climat dans une zone spécifique.

2.3.2 Les données pédologiques et topographiques

La couche représentant le pH du sol a été téléchargée sur le site soilgrids (<http://soilgrids.org>), (Batjes, 2017). En concertation avec Mr. John Mutua, CIAT Afrique, (qui a travaillé sur cette même question de l'impact du changement climatique sur les plantes fourragères en Afrique), nous avons téléchargé les données du pH H₂O sur les quatre premières couches de profondeurs du sol. Ces profondeurs sont les suivantes : 0, 5, 15 et 30cm. Une profondeur maximale de 30 centimètres a été retenue car la majorité du système racinaire des fourrages traités se situe à cette profondeur. Les données sont disponibles uniquement par pays. Il convient de télécharger chaque profondeur par pays avant de les fusionner. Une moyenne de ces quatre couches de profondeurs, recouvrant les trois pays, a été réalisée afin d'en constituer qu'une seule.

Comme précisé ci-dessus, un travail similaire a été réalisé en Afrique (Tanzanie). Ce travail a utilisé des données sur le taux de carbone présent dans le sol, qui permet de calculer la fertilité du sol avec une unité en g/kg. Cependant, nous n'avons pas trouvé ces données pour l'ensemble des plantes traitées. Dans un souci de traiter les mêmes données pour toutes les plantes, nous avons donc décidé de ne pas traiter ce paramètre.

Les données de la topographie ont été téléchargées sur le site du CGIAR-SRTM (Jarvis *et al.*, 2008). La résolution est là aussi de 30s. Ces données sont séparées à l'échelle planétaire par bloc d'environ 500 km². Il est donc nécessaire de télécharger les blocs recouvrant l'aire étudiée avant de les fusionner sur Arcgis.

2.3.3 Les données de croissance des plantes

Afin de récolter ces données, nous avons utilisé trois bases de données : Feedipedia (<https://www.feedipedia.org/>, projet conjoint du CIRAD, INRA, AFZ et FAO), Ecocrop (<http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home>, base de données de la FAO) et Tropicalforages (<http://tropicalforages.info/>, projet collaboratif entre le CIAT, le CSIRO et l'ILRI). Ces bases de données possèdent un catalogue de données sur les plantes tropicales regroupant plusieurs données : distribution géographique, morphologie, valeurs nutritives,... Nous avons donc sélectionnés les données de températures minimales et maximales de croissance, précipitations minimales et maximales, pH minimum et maximum ainsi que l'altitude maximum et minimum. Ces données ont été complétées et corrigées par des ouvrages et revues spécialisés.

Le tableau 2, résume les données utilisées ainsi que leurs sources.

Tableau 2. Tableau des différentes sources des données climatiques, topographiques et physiologique.

Sources	Données
Climatologie	
Worldclim	Températures and précipitation moyenne entre 1970 and 2000.
GlobalWeather	Variables climatiques de 1975 à 2015
CCAFS	Données futures des modèles climatiques
Pédologie	
Soilgrid	pH du sol
Topographie	
STRM-CGIAR	Altitude
Paramètres des plantes	
Feedipedia Ecocrop Tropicalforages	Paramètre de croissance

2.4 Limites des données

Les données possèdent cependant quelques limites qu'il est important de relever.

La première limite de ce sujet concerne les données climatiques elles mêmes. En effet les données sur le climat présent provenant de Worldclim sont une moyenne entre les années 1970 et 2000. Nous ne pouvons donc pas vraiment parler de données actuelles. Worldclim est cependant le seul site à fournir des données sur l'ensemble de la planète, à une échelle aussi fine (résolution d'environ 1 km²).

La seconde limite concerne les données de croissance de chaque plantes fourragères. En effet, pour ces données, nous nous sommes appuyés sur les trois sites web cités précédemment (feedipedia, ecocrop et tropical forages). Cependant, bien que ces sites soient complets, ils comportent parfois des données différentes pour chaque plante. Afin de limiter les erreurs, nous avons donc choisi de prendre les valeurs minimales et maximales trouvées. Les données de croissance sont donc les extrêmes maximum et minimum de chaque fourrage.

3. Agricultures et climats en Asie du Sud-Est

3.1 L'élevage et l'agriculture dans l'Asie du Sud-Est

Comme il l'a été précisé dans l'introduction, l'agriculture tient une place importante dans l'Asie du Sud-Est, même si celle-ci perd de l'influence et du poids. En effet le nombre d'agriculteurs ne cesse de diminuer, tout comme la population rurale (figures 3 et 4). La part du secteur primaire dans le PIB en 2017, selon la Banque Mondiale, était de 15 % au Vietnam contre 40 % en 1985. Ces chiffres sont respectivement de 23,3 % contre 45 % en 1993 pour le Cambodge et de 16,2 % contre 48 % en 1990 pour le Laos.

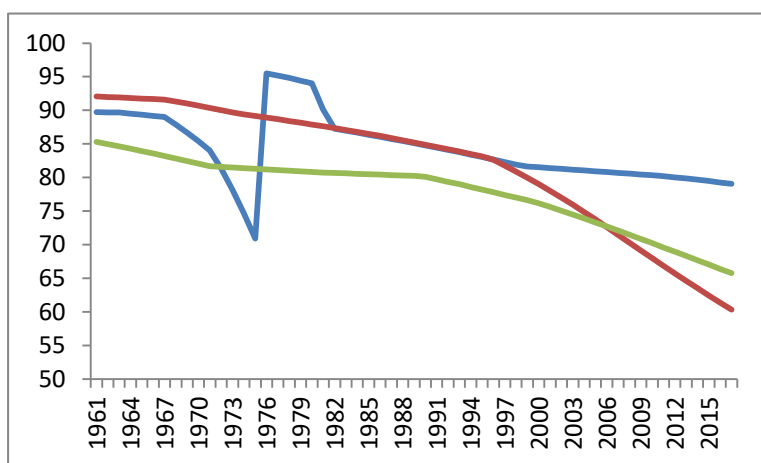


Figure 3. Part de la population rurale dans la population totale au Cambodge, Laos et Vietnam. Source : WorldBank 2017.

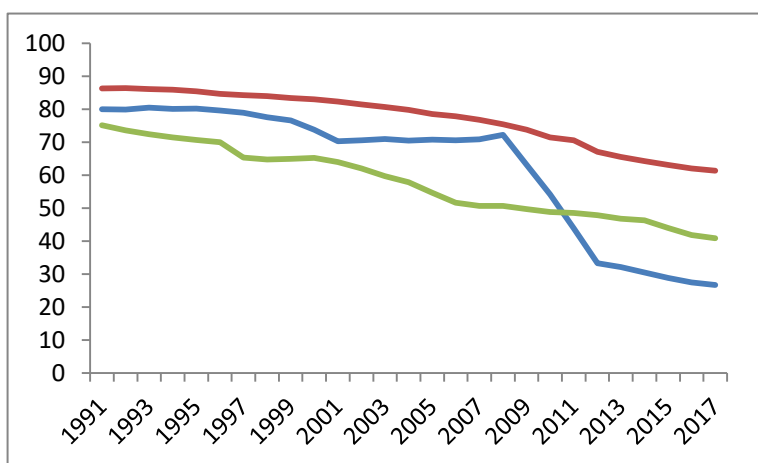


Figure 4. Part des agriculteurs dans les emplois totaux au Cambodge, Laos et Vietnam. Source : WorldBank 2017.



*la très brusque évolution que l'on constate en 1975 au Cambodge (figure 3) coïncide avec l'arrivée au pouvoir de la dictature des khmers rouges, dont l'une des premières décisions prises a été l'évacuation des populations urbaines vers les campagnes.

Cependant, malgré cette perte du nombre d'agriculteurs, la surface agricole a augmenté, passant d'une agriculture plutôt familiale à une agriculture plus industrielle et tournée vers l'exportation (*Dufumier, 2000*). La révolution verte lancée au début des années 60 fait rapidement effet sur la production. L'Asie du Sud-Est est la région du monde où la production céréalière s'est accrue le plus rapidement dans les années 1970 et 1980 (*Pingali et al., 1997*). Cette révolution repose sur 3 points : une importante irrigation, des variétés à haut-rendement et l'usage d'intrants (produits phytosanitaires et engrais). De nouvelles variétés ont été proposées, par l'IRRI pour le riz par exemple. Ces variétés ont nécessité une modification complète des systèmes de production agricole : drainage, fertilisation minérale, traitement par produits phytosanitaires.... Grâce à ces améliorations, le Laos, le Cambodge et le Vietnam ont aujourd'hui atteint l'autosuffisance alimentaire. Le surplus de production

est exporté. Le Vietnam est par exemple aujourd'hui le deuxième exportateur de café dans le monde et le troisième exportateur mondial de riz.

Cependant, cette agriculture d'exportation s'est déroulée au prix d'une importante déforestation avec un impact négatif sur la biodiversité (*Vijay et al., 2016 ; Wilcove et al., 2013*). Or la biodiversité joue un rôle essentiel pour l'agriculture, notamment grâce aux insectes pollinisateurs ou encore avec les micro-organismes du sol qui jouent un rôle indispensable dans le recyclage de la matière organique (*Thrupp, 2002 ; Burel et al., 2013*). Le déboisement accéléré de vastes régions explique également les inondations ou glissements de terrain important dans l'Asie du Sud-Est (*Ziegler et al., 2009*). L'utilisation massive d'engrais et produits phytosanitaires affecte la ressource en eau et les sols (*Lamers et al., 2011*) ainsi qu'un impact négatif sur la santé des populations (*Dufumier, 2000*). Les retombées de cette économie ne profitent pas à tout le monde, créant des écarts de richesse entre pauvres et riches de plus en plus important ; l'Asie du Sud-Est est parmi les régions les plus inégalitaires du monde (*Kanbur et al., 2014*). De nombreux fermiers se voient exproprier de leurs fermes et expulsés de force pour faire place à des cultures de rentes, favorisant les grands groupes agro-industriels ou l'Etat au détriment des fermiers les plus modestes (*Marks et al., 2015*). Cette révolution culturelle a bouleversée les systèmes traditionnels. On peut parler d'acculturation. Certaines espèces traditionnelles ont disparues au profit d'espèces plus rentables, diminuant de fait la diversité génétique des plantes.

Les systèmes agraires de la région Sud-Est sont fortement dépendants de la mousson et des précipitations qui en découlent. Des années à faible précipitations fragilisent ces systèmes, notamment dans les exploitations de taille modestes, qui possèdent moins de moyens (matériels, humains et financiers) pour lutter. Le changement climatique et les incertitudes sur les précipitations futures fait peser une menace sur ces agriculteurs (*Turrall et al., 2011*).

Parmi toutes les strates de l'agriculture, l'élevage tient une place prépondérante. L'élevage peut être défini comme une race ou population d'animaux gardé par des humains dans un but utile, commercial. Cela peut être des animaux sauvages captifs, des animaux domestiques ou semi-domestiques. Les systèmes de production animale peuvent être groupés en trois catégories : pastoralisme, « bétail-fourrage » et « fourrage-bétail ». Le pastoralisme est peu développé en Asie du Sud-Est, excepté les systèmes de productions laitiers aux abords de centres urbains. Le second système, « bétail-fourrage », ou le bétail est plus important que les fourrages et donc un peu dépendant d'un apport de nourriture extérieur est surtout présent en Afrique. Le troisième système est typique de l'Asie du Sud-Est, où la culture peut-être annuelle comme le riz. La production de fourrages est une composante majeure de ce type de système (*Mannetje et Jones, 1992*).

L'Asie est le continent qui produit le plus de viande en tonne destinée à la consommation. Elle est également, exceptée sur la population bovine, le premier continent en nombre par tête des différents animaux d'élevage.

Sites	Buffaloes	Cattle	Pigs	Sheep	Goats	Chickens	Ducks	Rabbits	Turkeys	Geese & fowls	
World	194463	1474526	985673	1195624	1011251	21409	1131	769	462	327	note : Buffalo, Cattle, Pigs, Sheep, Goats (Unité: 1000 têtes), Chickens, Ducks, Rabbits, Turkeys, Geese & guinea fowls (Unité: Million de têtes). Source : FAO.
Africa	3949	312327	34332	340749	374380	1809	28	19	23	25	
Americas	1326	508942	169902	86074	35640	5436	27	5	312	<1	
Asia	188792	491019	590547	536250	580703	11923	986	636	14	281	
Europe	395	122011	185545	130118	16534	2114	87	107	110	19	

Figure 5. Nombre d'animaux d'élevage par continent.

Ces dernières années, le nombre d'animaux d'élevages dans l'Asie du Sud-Est n'a cessé d'augmenter, hormis les buffles (FAOSTAT). Enfin d'atteindre ces rendements, l'élevage, à l'image de l'agriculture, s'est industrialisé et augmenter sa surface de production (Thorton, 2010). La surface consacrée au système d'élevage occupait environ 30 % de la surface terrestre en 2006 (Steinfeld et al., 2006).

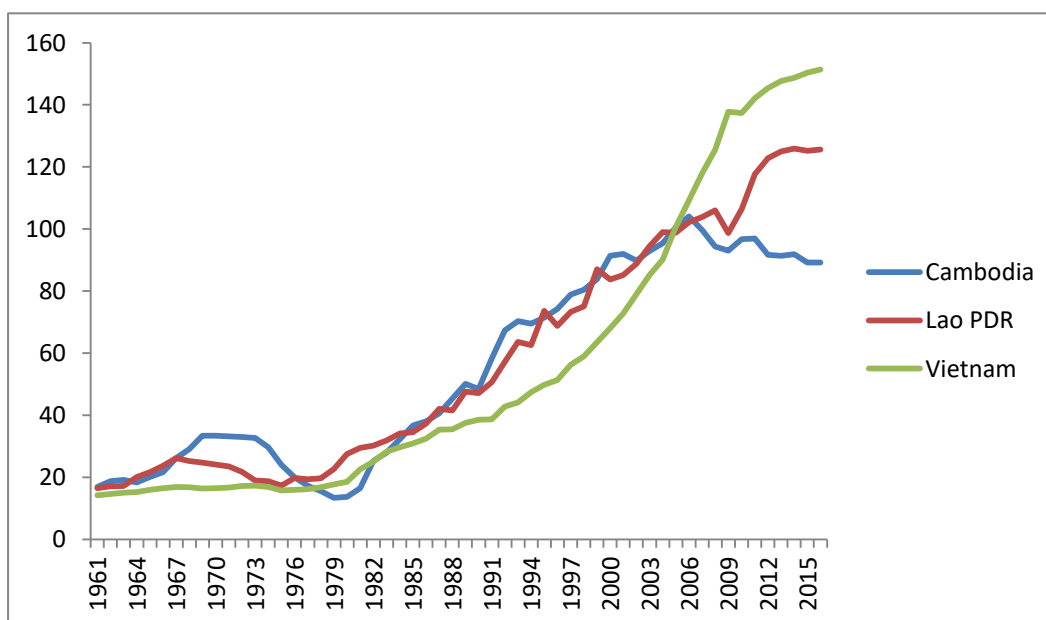


Figure 6. Indice de production du bétail en œufs, fromage, lait et laines (2004-2006 = 100) pour le Cambodge, le Laos et le Vietnam. Source : FAO.

Ces animaux, en plus de la production de viandes, sont également utilisés pour la production de fromages, d'œufs, de laine et de peaux. La production de ces éléments a fortement augmenté ces dernières années au Cambodge, au Vietnam et au Laos (figure 6).

Les systèmes mixtes, mélangeant agriculture et élevage, sont la colonne vertébrale des exploitations de taille modeste. Les animaux d'élevages apportent une contribution non négligeable, notamment à travers les déjections qui servent parfois d'engrais (Devendra, Thomas, 2002). L'augmentation de la population va provoquer une demande de consommation de viande, ce qui va pousser ces systèmes à produire encore plus. Une

augmentation de la production de viande signifie une augmentation du nombre de têtes de bétails, et donc une augmentation de la quantité de fourrages. Cette évolution devrait amener à améliorer les conditions de vie et moyens de subsistance des fermiers les plus pauvres possédant un système mixte (*Nonhebel, Kastner, 2011*). Cependant cette évolution peut entraîner des changements dans ces systèmes à une échelle nationale, en favorisant les espèces à fortes valeurs ajoutées (vaches, buffles) au détriment d'espèces à moins fortes valeurs ajoutées comme les volailles par exemple (*Udo et al., 2011*). Les conditions de vie des animaux d'élevages est également susceptible de se dégrader. Les élevages intensifs sont aussi des lieux d'émissions de gaz à effets de serre importants (*Herrero et al., 2013*).

3.2 Les plantes fourragères

L'élevage, particulièrement les systèmes mixtes, utilise des fourrages comme alimentation principale. Ces fourrages sont parfois importés, mais dans le cadre des systèmes mixtes, ceux-ci sont produits sur place. Basé sur la classification de Perkins et al. (1986), on peut distinguer 5 systèmes de production de fourrages :

- prairie permanente : terres privées, pâturage commun.
- fourrages permanents semi intensif : rizières, cultures de fourrages vivaces.
- fourrages annuels semi-intensif : culture vivrière et résidus de culture.
- fourrage permanent intensif : prairies améliorées.
- fourrage à court terme intensif : culture de fourrages, remplacement des cultures vivrières, culture de fourrage par aire spécifique.

Deux récoltes sont possibles dans la majeure partie de l'Asie du Sud-Est : une récolte principale à la saison humide et une moindre récolte à la saison sèche (*Jones, 1986*).

Parmi les plantes étudiées, on peut distinguer deux familles : *gramineae* et *leguminosae*. On retrouve habituellement dans *gramineae* des espèces communément appelées « herbes » et les céréales. En ce qui concerne la famille *leguminosae*, on retrouve en plus des plantes herbacées, des arbres, arbustes et lianes.

Parmi la famille *gramineae* on trouve le genre *Brachiaria*. Ce genre est originaire des régions tropicales de l'Afrique et comprend une centaine d'espèces. Parmi ces espèces, certaines sont présente dans l'Asie du Sud-Est. *Brachiaria Mulato II* est l'une de celle-ci. Elle est le résultat de trois générations de croisement et de sélection d'un projet de fourrages tropical du CIAT. C'est la production de feuille verte qui fait de *Brachiaria Mulato II* une espèce particulièrement apprécié pour le bétail (*Mutimura, Everson, 2012*). Dans le même genre, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria brizantha* et *Brachiaria decumbens* sont recensés dans cette région. Ces plantes supportent particulièrement bien la chaleur, jusqu'à 40°C, ainsi que les fortes précipitations (*Cork et al., 2005*). Toujours parmi cette espèce on retrouve *Andropogon gayanus* et *Paspalum atratum* qui poussent particulièrement bien sur

des sols peu fertile et acide au contraire de *Panicum maximum* qui pousse plutôt sur des sols fertiles, donnant un fourrage très nutritif (Horne et Stür, 1999).

L'espèce *leguminosae*, joue un rôle important dans l'alimentation animale grâce à sa haute teneur en acides aminés et en protéines (Wang et al., 2003). Parmi cette espèce on retrouve *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Cratylia Argentea*, *Desmodium cinéra*, *Stylosanthes guianensis*, *Arachis Pintoï*, *Centrosesma pubescens* et *Canavalia brasiliensis*. Certaines de ses plantes comme *Gliricidia sepium* ou *Cratylia Argentea* supportent particulièrement bien la chaleur et gardent leurs feuilles vertes, et donc leur valeurs nutritives, durant la saison sèche (Argel, Lascano, 1998).

Afin de nourrir l'élevage, deux techniques sont utilisées. La première est de laisser le troupeau paître dans les pâturages (grazing pasture). La seconde consiste à couper les fourrages avant de le distribuer à l'ensemble (cut and carry). Le tableau 3 présente la répartition des espèces en fonction du système de consommation.

Tableau 3. Répartition du type de consommation de fourrages.

Grazing pasture	Cut and carry	Both
<i>Arachis Pintoï</i> <i>Andropogon gayanus</i> <i>Brachiaria decumbens</i> <i>Brachiaria humidicola</i> <i>Canavalia brasiliensis</i> <i>Stylosanthes guianensis</i>	<i>Centrosesma pubescens</i> <i>Desmodium cinéra</i> <i>Leucaena leucocephala</i> <i>Paspalum astratum</i> <i>Panicum maximum</i>	<i>Gliricidia sepium</i> <i>Brachiaria brizantha</i> <i>Bracharia Mulato</i> <i>Cratylia Argentea</i>

Ci-dessous se trouvent un tableau résumant l'ensemble des fourrages traitées, avec les données utilisées pour réaliser les cartes de répartition géographique.

Tableau 4. Données minimales et maximales des paramètres de croissance (températures, précipitations, pH et altitude) de chaque fourrage. Source : Feedipidia, Ecocrop, Tropical forage.

Name	Tmin	Tmax	Pmin	Pmax	Ph min	pH max	Elevation min	Elevation min
Andropogon gayanus	16	32	400	3000	4	7,5	0	2000
Arachis Pintoï	22	28	900	3000	4,5	7,2	0	1100
Brachiaria brizantha	25	35	1000	3500	4	8	0	2000
Brachiaria decumbens	19	35	1000	3000	5	6	0	1750
Brachiaria humidicola	20	45	1000	4000	3,5	7,5	0	1000
Brachiaria Mulato II	15	24,6	700	2615	4,6	8	0	1800
Canavalia brasiliensis	18	34	500	2000	4,3	8	0	1000
Centrosema pubescens	13	35	750	4100	4	7	0	1600
Cratylia Argentea	16	36	1000	4000	3,7	7	180	1200
Desmodium cinereum	18	32	1000	3000	5,5	7	0	1000
Gliricidia sepium	15	30	600	3500	4,5	6,2	0	1600
Leucaena leucocephala	20	30	650	3000	5,5	8,5	0	2100
Panicum máximo	12,2	27,8	1000	1700	3,5	8,4	0	2000
Paspalum atratum	20	27	1100	3000	4,5	7,5	0	600
Stylosanthes guanensis	15	27	0	2000	4	8,3	0	2000

3.3 Les climats de l'Asie du Sud-Est

Selon la classification de Köppen, l'Asie du Sud-Est se situe dans un climat classé Am, c'est-à-dire un climat de mousson. Le climat de mousson est caractérisé par une alternance entre saison sèche et saison des pluies (*Zhang et al., 2004*). La saison des pluies est également marquée par des événements extrêmes comme des typhons, qui accompagnent les chutes de pluies par des vents violents, dépassant parfois les 150 km/h. Ces typhons causent des dégâts importants dans la région comme celui nommé Damrey en novembre 2017 qui fit plusieurs morts au Vietnam.

On peut constater sur la figure 8 (page suivante) que la saison des pluies se déroule l'été, principalement au mois de juin, juillet et août, avec un cumul de précipitation qui dépasse les 400 mm, notamment dans le centre du Vietnam et du Laos. Près de 90 % des précipitations tombent durant cette période.

Il existe cependant plusieurs types de climat à l'intérieur même de cette région. Le climat peut être qualifié de tropical au sud et subtropical au nord. L'amplitude thermique est plus importante dans le nord avec un hiver plus marqué et une vraie saison froide même si les températures sont plutôt douces (supérieures à 16°C). Le sud, plus proche de l'équateur, voit sa température mensuelle constamment au dessus de 24°C. Les précipitations varient également. On constate que la saison des pluies est différente selon les régions. En effet on remarque que la saison des pluies est plus marquée dans le nord entre juin et août. A l'inverse la saison des pluies est plus marquée dans le sud et la façade est maritime entre les mois de septembre à novembre.

Il existe également des régions montagneuses, au centre et au nord du Vietnam, où le climat est froid et sec avec des hivers plus frais et de rares épisodes neigeux.

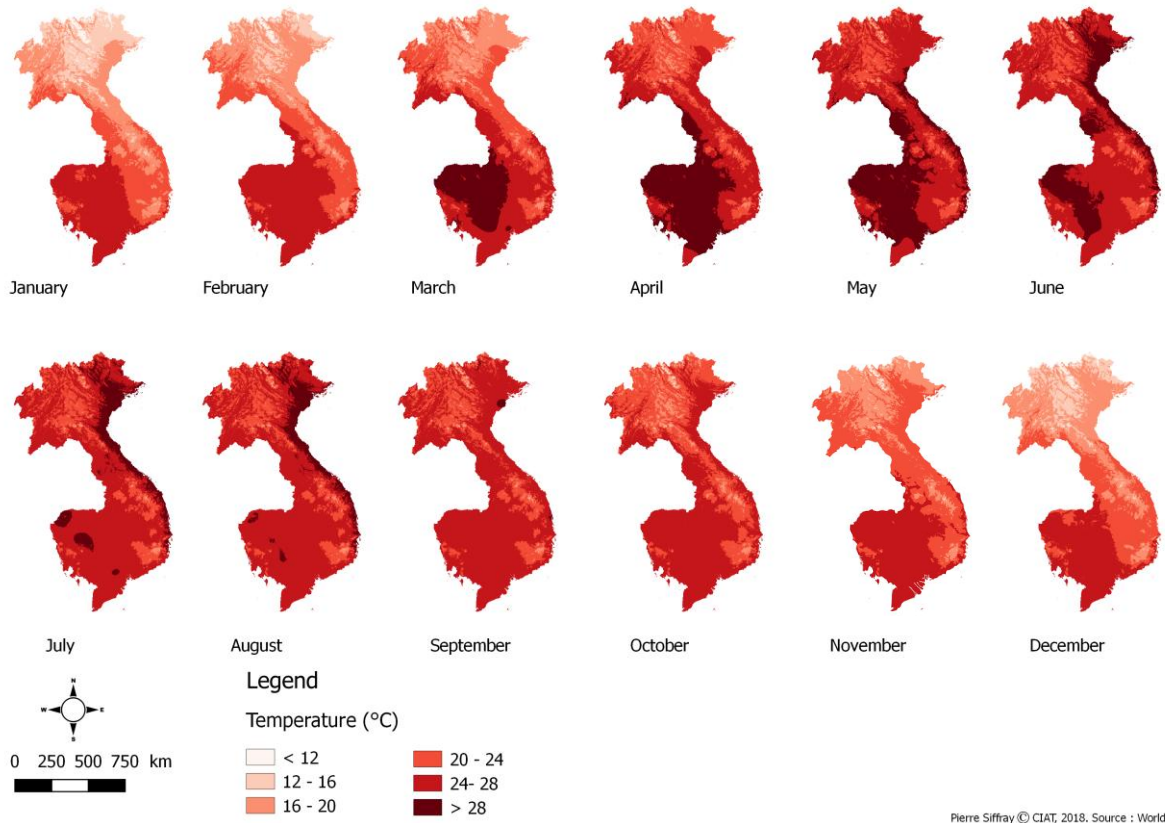


Figure 7. Températures annuelles moyennes (1970-2000) au Vietnam, Laos et Cambodge.

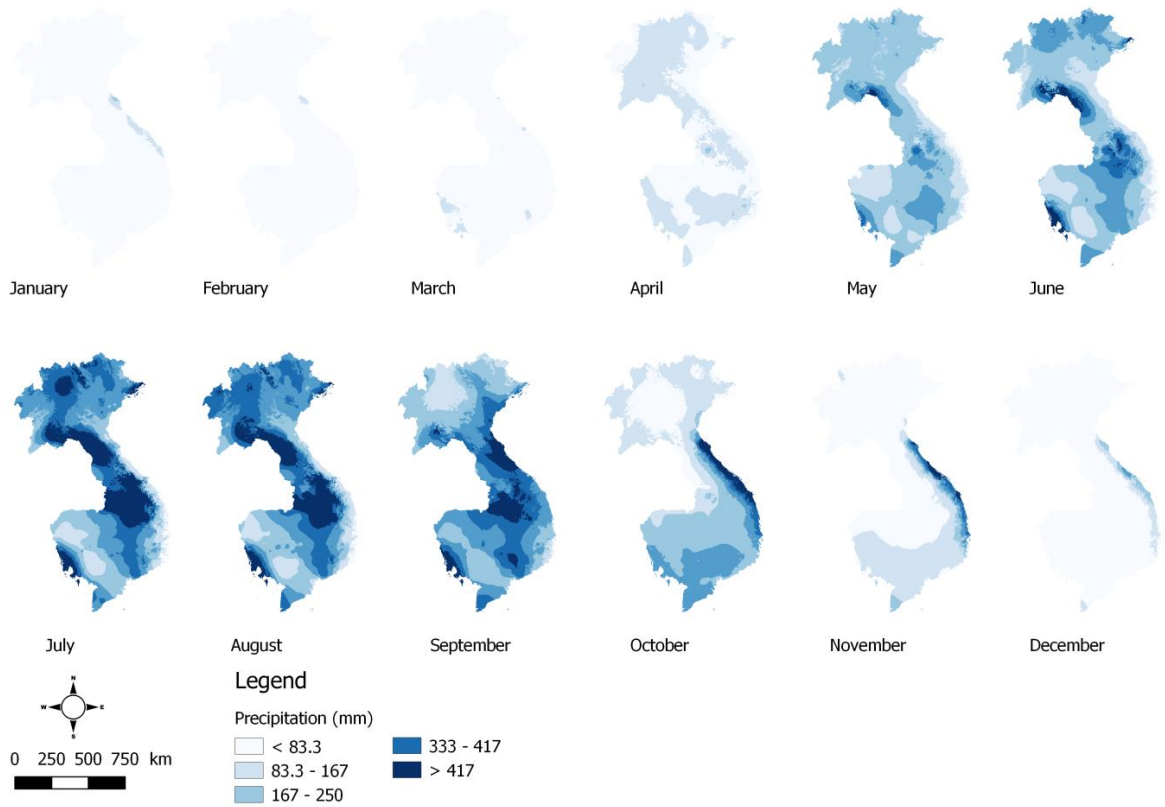


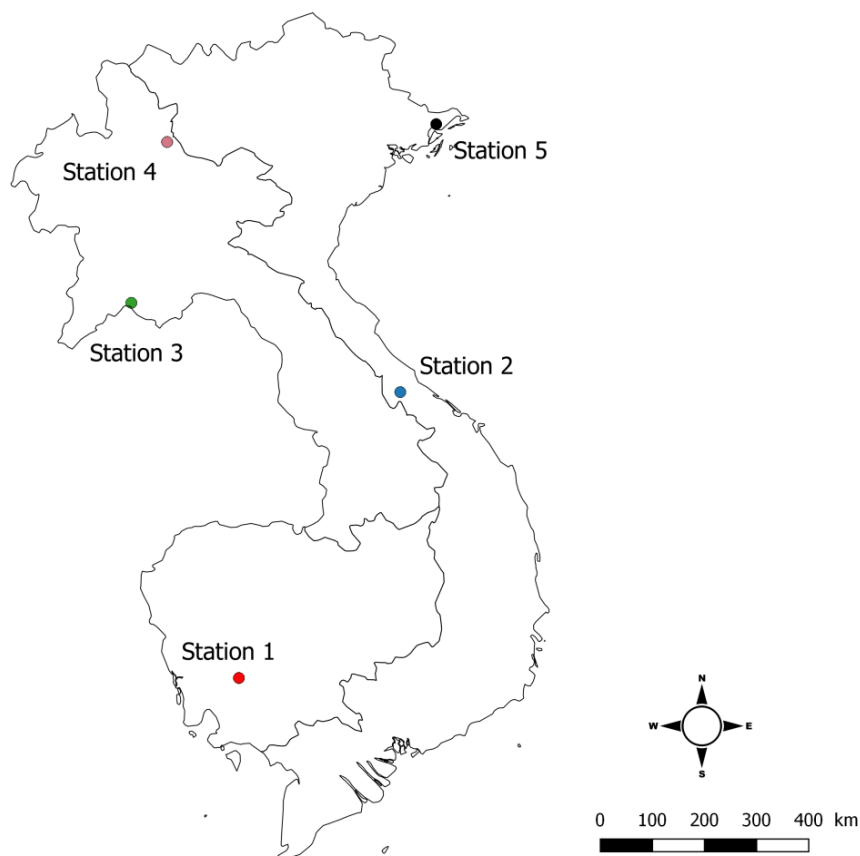
Figure 8. Précipitations annuelles moyennes (1970-2000) au Vietnam, Laos et Cambodge.

3.4 Un climat qui a déjà évolué

On peut constater sur les figures 8, 9, 10, 11 et 12 que quelles que soit les stations (Stations GlobalWeather), la température journalière moyenne par année a augmenté, parfois d'un 1°C entre 1973 et 2013. Le changement climatique a donc déjà un impact sur les températures dans l'Asie du Sud-Est. Ces stations ont été choisies grâce à leur répartition sur le territoire avec une altitude à peu près égale.

Au cours des différentes sorties de terrain dans le territoire étudié, nous avons eu l'occasion de poser plusieurs questions aux agriculteurs (13 au total) par rapport à leur perception du climat, son évolution. La totalité des fermiers interrogés vivent sur leur ferme depuis un pas de temps acceptable (plus de 20 ans en moyenne) pour comparer l'évolution du climat. La plupart sont nés dans le village où se situe leur exploitation, ou viennent de régions proches. Tous les fermiers sont unanimes sur cette problématique. Selon eux, la perception des saisons est de plus en plus difficile. La différence entre saison des pluies et saison sèche est plus floue. Cette modification a un impact direct sur le cycle des cultures. Un fermier a fait remarquer que le début de la semence des haricots, habituellement en février, est de plus en plus retardé car la saison des pluies dure maintenant trop longtemps, repoussant les semences à mars. Une autre différence constatée porte sur la hausse des températures, particulièrement en saison estivale. Cette hausse des températures a un impact direct sur les cultures. Par exemple, pour la culture du café, une chaleur trop forte brûle les feuilles, ce qui entraîne une chute des graines de café, qui ne sont donc plus exploitables.

Quatre des exploitants ont également soulevé le problème de récentes déforestations, qui selon eux modifie encore le climat, notamment sur les températures et l'humidité. Celle-ci a en effet des conséquences négatives sur l'agriculture, avec notamment une sécheresse plus marquée et des précipitations perturbées (Lawrence, Vandecar, 2015).



Pierre Siffroy © 2018, CIAT. Source : GlobalWeather

Figure 9. Localisation des stations GlobalWeather retenues au Cambodge, Laos et Vietnam.

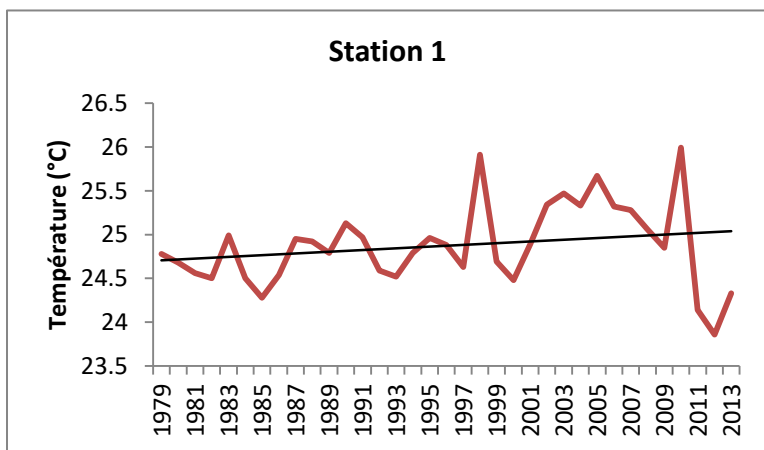


Figure 10. Station 1, Evolution de la température de 1979 à 2013.

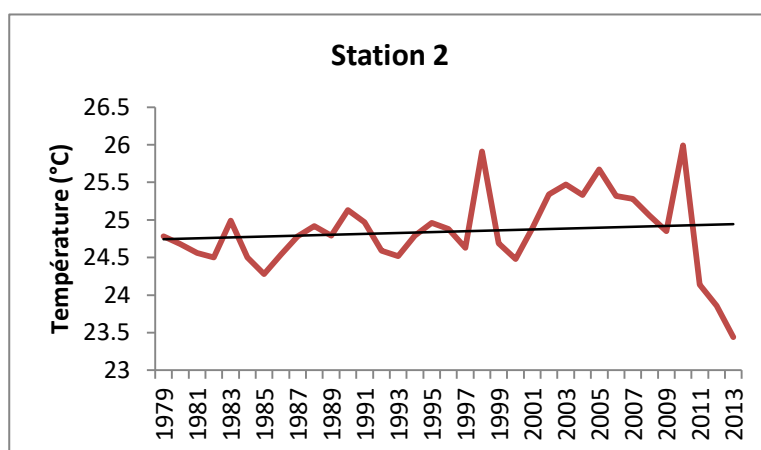


Figure 11. Station 2, Evolution de la température de 1979 à 2013.

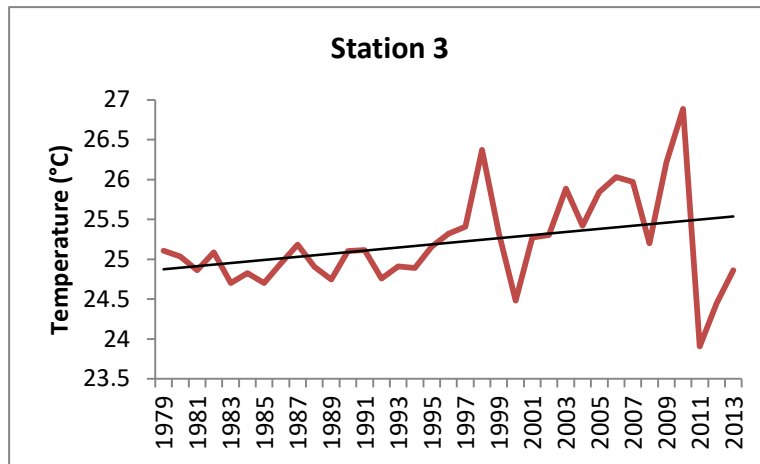


Figure 12. Station 3, Evolution de la température de 1979 à 2013.

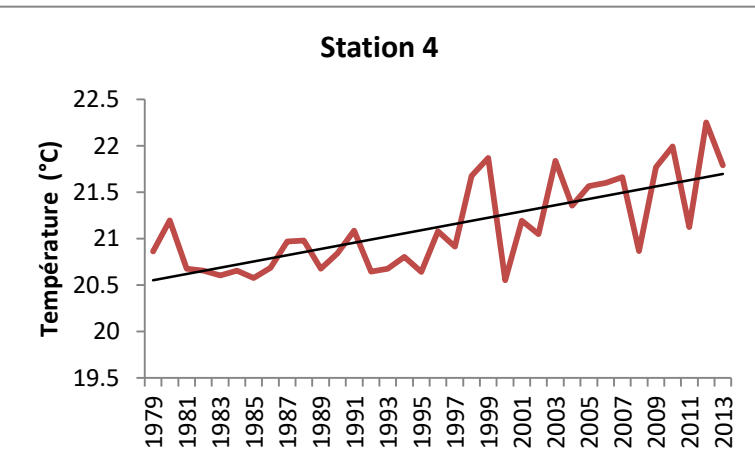


Figure 13. Station 4, Evolution de la température de 1979 à 2013.

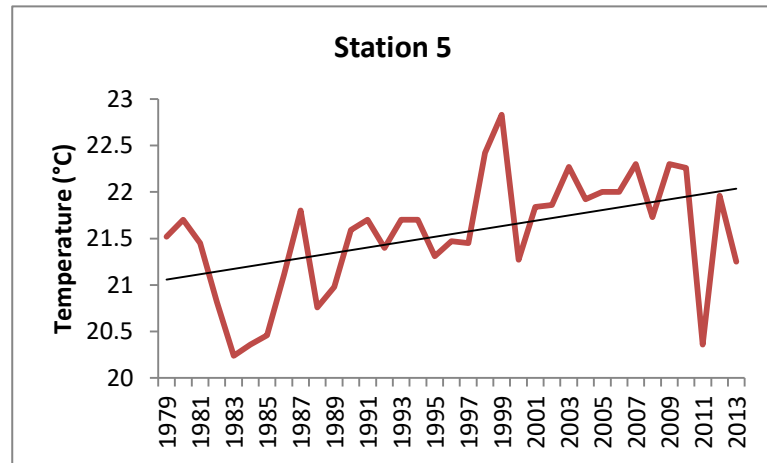


Figure 14. Station 5, Evolution de la température de 1979 à 2013.

3.5 Projections climatiques futures à l'horizon 2100

Les fortes pluies dans les hautes latitudes ou dans les régions tropicales deviendront plus fréquentes et plus intenses d'ici la fin du siècle, au fur et à mesure que les températures augmenteront. En revanche les zones sèches verront les précipitations diminuer au rythme de l'augmentation des températures. L'Asie du Sud Est se situant dans une zone tropicale, on peut donc s'attendre à une augmentation de la mousson, sur une durée plus longue (GIEC, 2013). Les projections pour l'évolution des précipitations sont plus difficiles à prévoir

que les températures, les incertitudes sont donc plus grandes (Planton, 2005). En ce qui concerne les températures, selon le scénario RCP8.5 les températures devraient augmenter de 3 à 4°C en moyenne à l'horizon 2100 (GIEC, 2013).

Ces augmentations devraient rendre difficilement vivable l'Asie du Sud-Est, où vit actuellement 1/5 de la population mondiale. En effet les températures médianes pourraient atteindre les 35°C durant l'été. « L'augmentation des températures et de l'humidité durant l'été pourrait atteindre des niveaux excédant la capacité de l'organisme humain à survivre sans protection » (Im et al., 2017). Dans les prochaines décennies, des vagues de chaleur mortelles pourraient se produire de manière régulière.

Sur la figure 13, une prévision de l'évolution de la température moyenne à la surface du globe entre deux scénarios : le RCP2.6, le plus optimiste, et le scénario RCP8.5 le plus pessimiste. Un écart de 3°C entre les deux prévisions est prévu selon le GIEC. On peut cependant constater que la marge d'incertitude (parties ombrées) est relativement importante, de l'ordre de deux degrés environ pour le scénario RCP8.5.

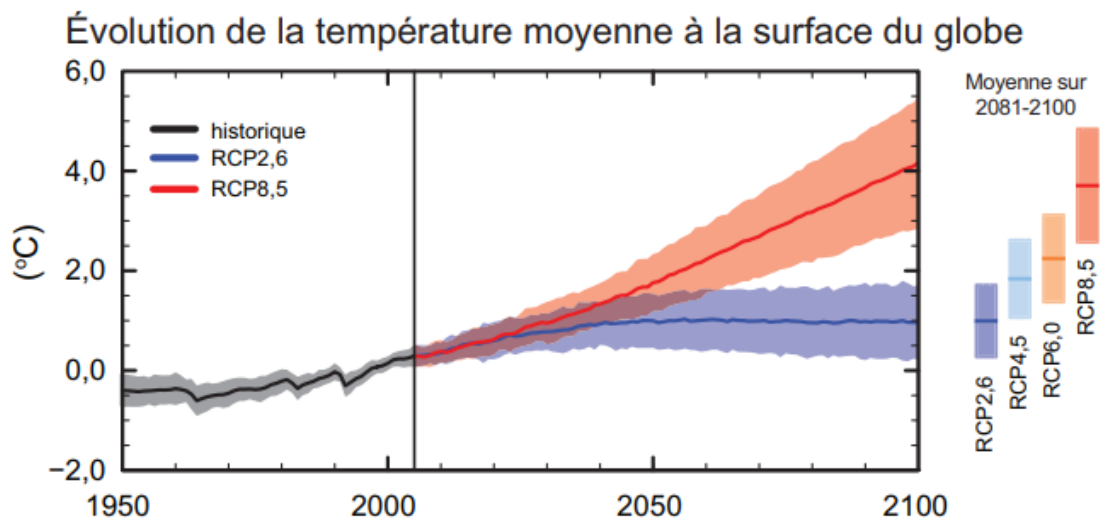


Figure 15. Evolution de la température annuelle moyenne du globe en surface par rapport à la période 1950-2005. Source : GIEC.

A cause de l'augmentation des émissions de gaz à effets de serre, la fréquence et l'intensité des événements naturels extrêmes, comme les typhons par exemple, devraient également augmenter, avec des dégâts et impacts négatifs sur l'agriculture et l'économie de manière plus globale (Mendelsohn et al., 2012). Or l'Asie du Sud-Est est particulièrement vulnérable à ces phénomènes. Cependant le lien entre changement climatique et événements naturels extrêmes reste entouré d'incertitudes (Klotzbach, 2006 ; Chauvin, Royer, 2007).

Résultats des projections de l'horizon 2050

Dans cette partie ne présenterons seulement deux exemples de cartes de fourrages dont l'aire géographique a évolué de manière significative. Les cartes des fourrages restant seront présentes dans les annexes.

Les cartes ci-dessous présentent l'évolution du potentiel agricole d'*Arachis pintois*. A gauche se trouve le potentiel agricole présent et à droite le potentiel agricole futur (2050).

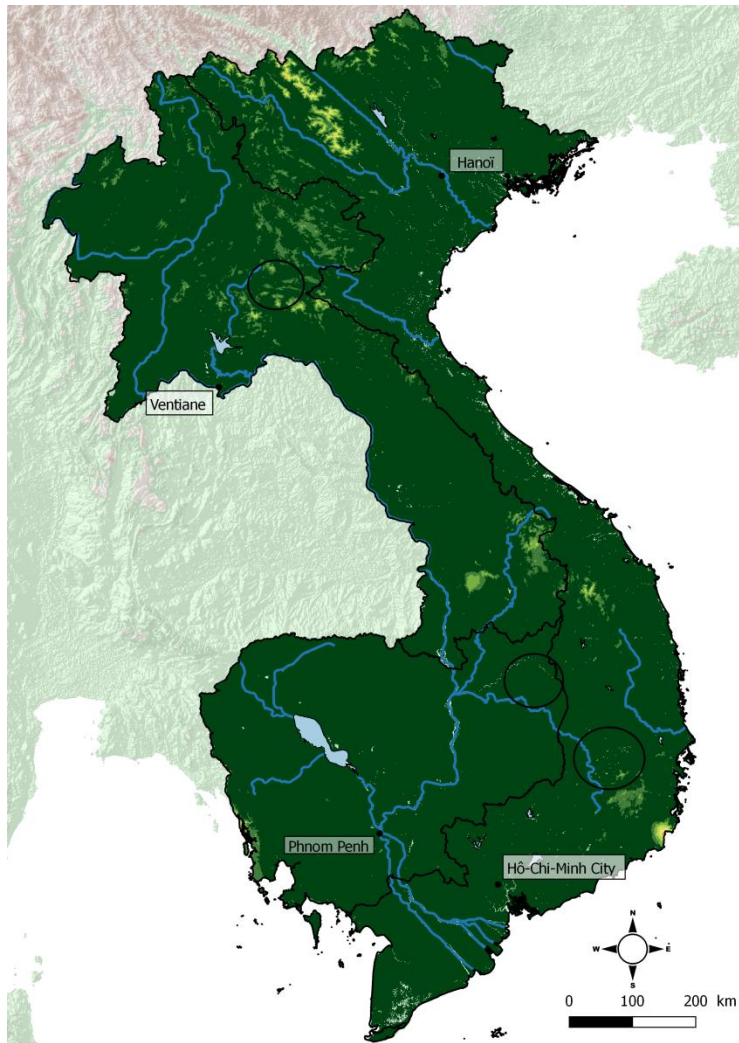


Figure 16. Carte de l'indice de potentiel agricole présent d'*Arachis pintois* au Cambodge, Laos et Vietnam.

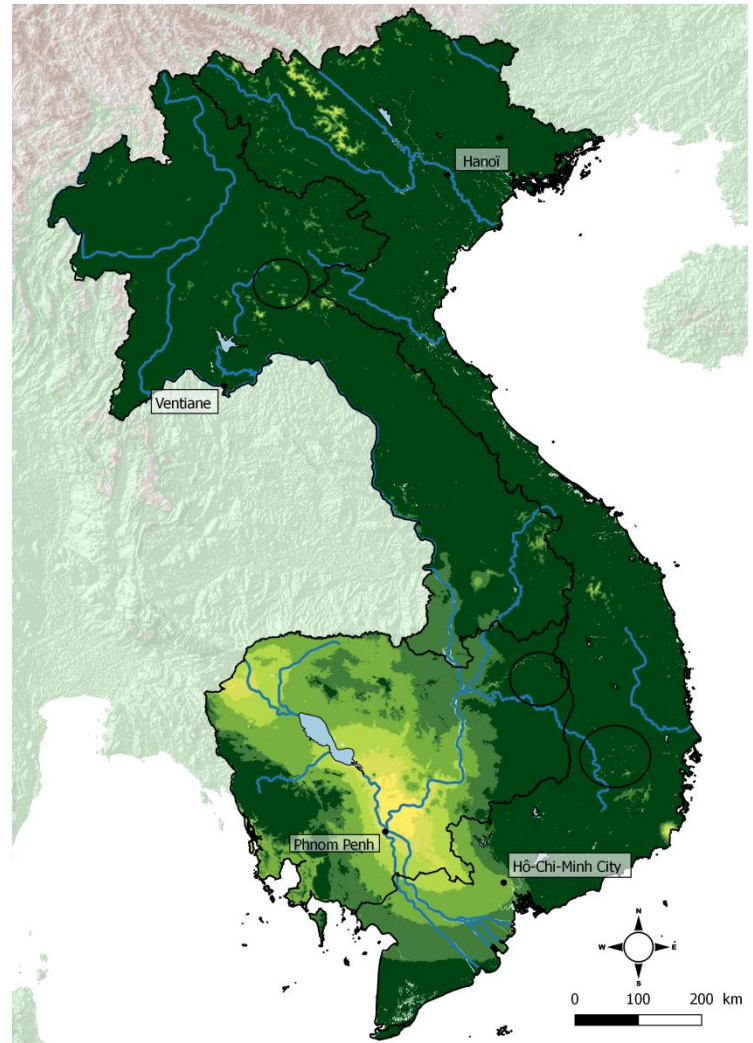


Figure 17. Carte du potentiel agricole futur (2050) d'*Arachis pintois* au Cambodge, Laos et Vietnam.

Legend

Boundaries	Suitability index	
City	0 - 0.1	0.5 - 0.6
Lakes	0.1 - 0.2	0.6 - 0.7
Rivers	0.2 - 0.3	0.7 - 0.8
	0.3 - 0.4	0.8 - 0.9
	0.4 - 0.5	0.9 - 1

Les cartes ci-dessous présentent l'évolution du potentiel agricole de *Stylosanthes guianensis*. A gauche se trouve le potentiel agricole présent et à droite le potentiel agricole futur (2050).

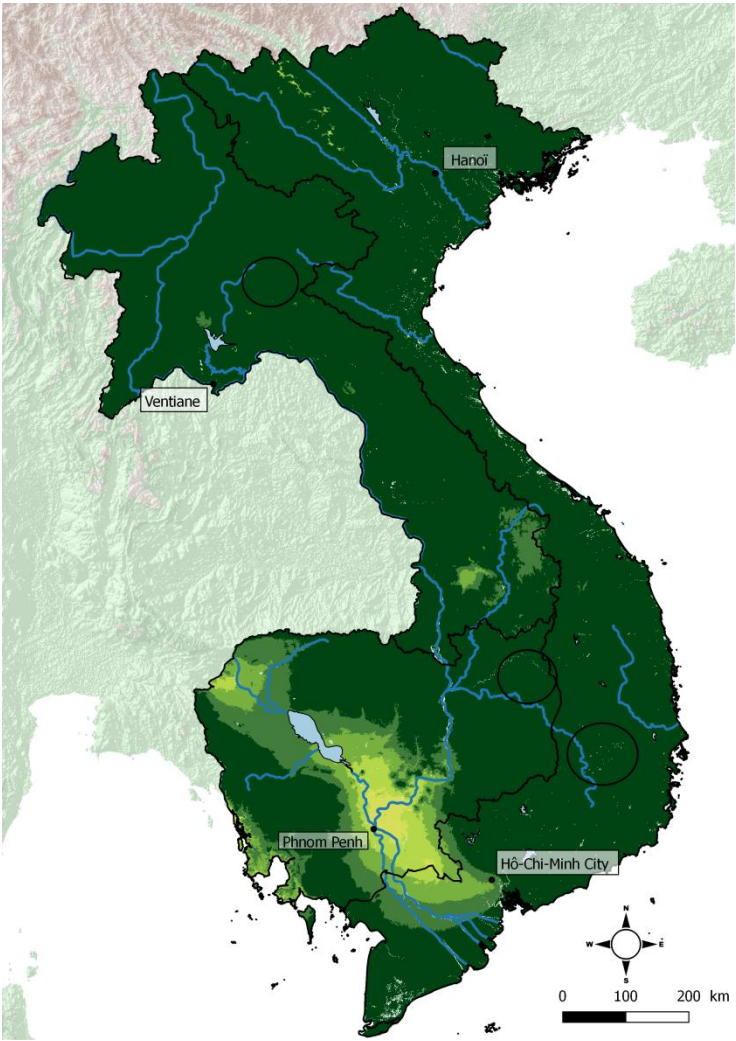


Figure 18. Carte du potentiel présent de *Stylosanthes guianensis* au Cambodge, Laos et Vietnam.

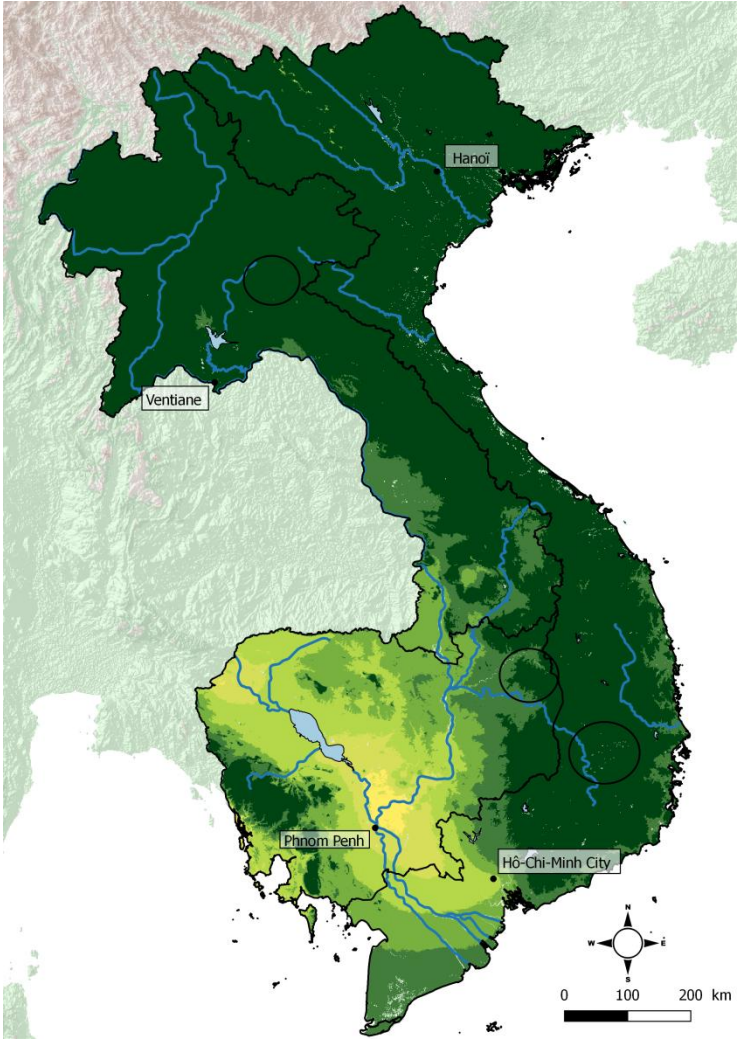


Figure 19. Carte du potentiel agricole futur (2050) de *Stylosanthes guianensis* au Cambodge, Laos et Vietnam.

Legend

Boundaries	Suitability index	
City	0 - 0.1	0.5 - 0.6
Lakes	0.1 - 0.2	0.6 - 0.7
Rivers	0.2 - 0.3	0.7 - 0.8
	0.3 - 0.4	0.8 - 0.9
	0.4 - 0.5	0.9 - 1

On constate que l'aire de potentiel agricole des deux fourrages, cités sur les pages précédentes, diminue de manière significative. Les figures 18 et 19 présentent le pourcentage d'évolution de l'aire de potentiel agricole. Cette carte a été réalisée en soustrayant le potentiel agricole futur au potentiel agricole présent. Cela permet ainsi d'observer les zones où le potentiel agricole augmente ou diminue (données exprimées en %).

La carte représentant l'évolution du potentiel agricole d'*Arachis pintoï* est à gauche tandis que la carte à droite représente cette évolution pour *Stylosanthes guianensis*.

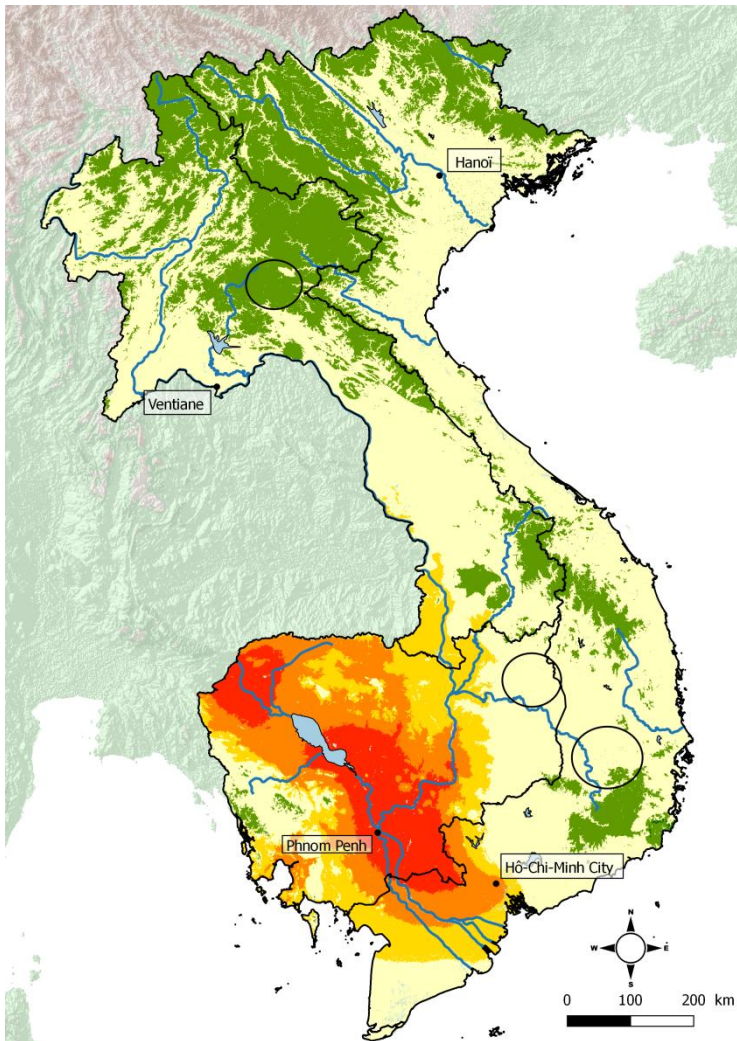


Figure 20. Evolution du potentiel agricole de *Arachis pintoï* entre aujourd'hui et l'horizon 2050 au Cambodge, Laos et Vietnam.

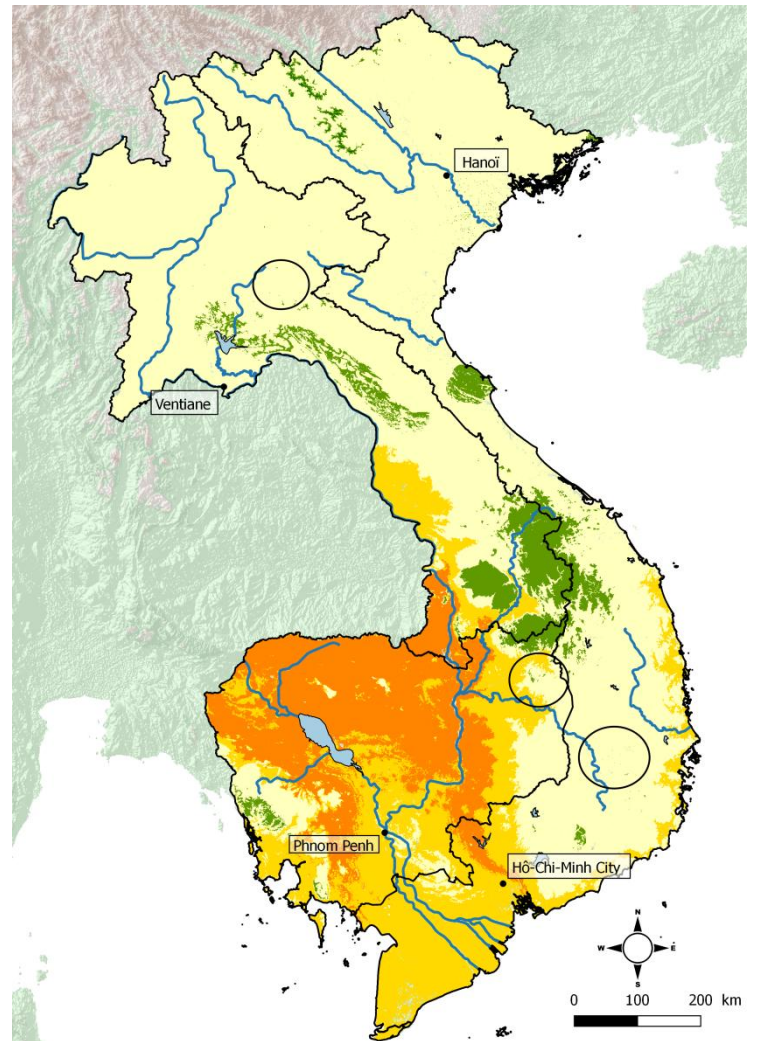


Figure 21. Evolution du potentiel agricole de *Stylosanthes guianensis* entre aujourd'hui et l'horizon 2050 au Cambodge, Laos et Vietnam.

Legend

Change in suitability (%)

■ < -30	■ - 9 - 0
■ -29 - -20	■ 0 - 10
■ -19 - -10	■ > 10

On constate sur ces deux cartes que la principale perte de potentiel agricole se situe au Cambodge et dans le delta du Mékong. En effet ces deux régions deviendront particulièrement humides et chaudes (GIEC, 2013), au-delà des conditions optimales de croissance de certains fourrages. En revanche, dans la plupart des simulations une augmentation du potentiel agricole est remarquée dans la partie nord de l'aire étudiée, ainsi que sur les haut-plateaux du centre du Vietnam.

Les tableaux 5 et 6 présentent l'évolution de l'aire de chaque fourrage. Le premier constate cette évolution en kilomètre carré, tandis que le second représente la même évolution du potentiel agricole, mais en pourcentage de la surface totale.

Tableau 5. Présentation de la surface en km² du potentiel agricole présent et futur (2050), ainsi que de son évolution entre ces deux horizons par fourrage.

Crops	Current suitability			Future suitability			Relative change in area (km ²)		
	< 50 %	50-75 %	>75 %	< 50 %	50-75 %	>75 %	< 50 %	50-75 %	>75 %
Andropogon gayanus	42	473,76	742009,8	35,28	283,92	742136,6	-6,7	-189,8	126,8
Arachis pintoi	262,92	3728,76	738703,6	4319,28	73435,32	664701,3	4056,4	69706,6	-74002,3
Brachiaria brizantha	234,36	2722,44	739738,4	168,84	1735,44	740600,3	-65,5	-987,0	861,9
Brachiaria decumbens	324,24	2086,56	740284,4	209,16	1453,2	740842,2	-115,1	-633,4	557,8
Brachiaria humidicola	282,24	3029,88	739383,1	210	4198,32	738096,3	-72,2	1168,4	-1286,8
Brachiaria mulato	13931,4	134886,4	593877,5	27783	184511,9	530160,9	13851,6	49625,5	-63716,6
Canavalia brasiliensis	130,2	3778,32	738786,8	86,52	2896,32	739521,8	-43,7	-882,0	735,0
Centrosema pubescens	35,28	217,56	742442,4	19,32	63,84	742372,7	-16,0	-153,7	-69,7
Cratylia argenta	341,88	1693,44	740665,8	244,44	1161,72	741098,4	-97,4	-531,7	432,6
Desmodium cinerea	327,6	5580,96	736786,7	210	4198,32	738096,3	-117,6	-1382,6	1309,6
Gliricidia sepium	47,04	619,92	741858,6	35,28	417,48	742003,1	-11,8	-202,4	144,5
Leucaena leucocephala	104,16	3261,72	739329,4	66,36	2370,48	740019	-37,8	-891,2	689,6
Panicum maximum	162,12	2745,12	739793,9	4369,68	81338,04	656748,1	4207,6	78592,9	-83045,8
Paspalum atratum	410,76	31188,36	711102	4584,72	119831,9	618039,3	4174,0	88643,5	-93062,7
Stylosanthes_guanensis	63,84	27987,96	714643,4	4252,08	117725,2	620527,3	4188,2	89737,2	-94116,1
Total	1113,34	14933,41	726627,1	3106,264	39708,09	699664,2	1992,9	24774,7	-26962,8

Tableau 6. Présentation du pourcentage de surface couverte par le potentiel agricole présent et futur (2050), ainsi que de son évolution entre ces deux horizons par fourrage.

Crops	Current suitability			Future suitability			Relative change in area (%)		
	< 50 %	50-75 %	>75 %	< 50 %	50-75 %	>75 %	< 50 %	50-75 %	>75 %
<i>Andropogon gayanus</i>	0,01	0,06	99,93	0,00	0,04	99,95	0,00	-0,03	0,02
<i>Arachis pintoi</i>	0,04	0,50	99,49	0,58	9,89	89,52	0,55	9,39	-9,97
<i>Brachiaria brizantha</i>	0,03	0,37	99,62	0,02	0,23	99,74	-0,01	-0,13	0,12
<i>Brachiaria decumbens</i>	0,04	0,28	99,70	0,03	0,20	99,77	-0,02	-0,09	0,08
<i>Brachiaria humidicola</i>	0,04	0,41	99,58	0,03	0,57	99,40	-0,01	0,16	-0,17
<i>Brachiaria mulato</i>	1,88	18,17	79,98	3,74	24,85	71,40	1,87	6,68	-8,58
<i>Canavalia brasiliensis</i>	0,02	0,51	99,50	0,01	0,39	99,60	-0,01	-0,12	0,10
<i>Centrosema pubescens</i>	0,00	0,03	99,99	0,00	0,01	99,98	0,00	-0,02	-0,01
<i>Cratylia argenta</i>	0,05	0,23	99,75	0,03	0,16	99,81	-0,01	-0,07	0,06
<i>Desmodium cinerea</i>	0,04	0,75	99,23	0,03	0,57	99,40	-0,02	-0,19	0,18
<i>Gliricidia sepium</i>	0,01	0,08	99,91	0,00	0,06	99,93	0,00	-0,03	0,02
<i>Leucaena leucocephala</i>	0,01	0,44	99,57	0,01	0,32	99,66	-0,01	-0,12	0,09
<i>Panicum máximum</i>	0,02	0,37	99,63	0,59	10,95	88,45	0,57	10,58	-11,18
<i>Paspalum atratum</i>	0,06	4,20	95,77	0,62	16,14	83,23	0,56	11,94	-12,53
<i>Stylosanthes_guanensis</i>	0,01	3,77	96,24	0,57	15,85	83,57	0,56	12,09	-12,68
Total	0,15	2,01	97,86	0,42	5,35	94,23	0,27	3,34	-3,63

Le premier constat que l'on peut faire si l'on réalise une moyenne de l'évolution du potentiel agricole de l'ensemble des fourrages, est que les territoires qui réunissent les conditions optimales de croissance (> 75 % de potentiel agricole) diminuent. Cependant cette diminution est à nuancer. Les différents fourrages ont différentes réponses face au changement climatique. Le changement climatique a un effet positif sur la moitié des fourrages (8/15), qui voient donc leur aire de croissance optimale augmentée. Toutefois cette augmentation est très faible, avec une moyenne comprise entre 0,02 et 0,18 %. Certains fourrages comme *Centrosema pubescens* ou *Brachiaria humidicola* ne sont que peu impactés négativement par le changement climatique. En revanche le changement climatique a un impact négatif important sur un tiers des fourrages, avec une diminution de l'aire optimale de potentiel agricole autour de 10 %. Cette diminution se constate sur les fourrages dont la température maximum tolérée ne dépasse pas les 30°C. Cette perte se constate surtout dans le sud de l'aire étudiée, proche de l'équateur et donc plus chaude. La situation inverse se produit au nord, avec des températures plus fraîches, dû également à une altitude rencontrée plus élevée. En effet, grâce au changement climatique et notamment l'augmentation des températures, l'aire de potentiel agricole optimum se déplace vers le nord (voir cartes dans les annexes).

Conclusion

L'évolution géographique de l'aire de répartition de certains fourrages devrait amener une modification des politiques locales, ainsi que dans les pratiques des agriculteurs. On a pu constater que certains fourrages comme *Brachiaria Mulato* ou *Stylosanthes guianensis* seraient moins adaptés alors que d'autres comme *Desmodium cinerea* ou *Canavalia brasiliensis* seraient plus avantageés grâce au changement climatique. On remarque cependant que l'aire de potentiel agricole des fourrages impactés positivement par le changement climatique n'augmente que très peu (+0,18 % pour la plus forte augmentation), alors que l'aire de potentiel agricole des fourrages impactés négativement par le changement climatique diminue de significativement (-12,8 % pour la plus forte diminution).

Il ne faut pas oublier que nous avons travaillé uniquement avec le scénario le plus pessimiste, qui prédit une augmentation de la température d'environ 3 à 4°C. Il pourrait donc être pertinent de faire les mêmes simulations avec les trois autres scénarios du GIEC, afin de donner plusieurs visions du futur. Afin d'être plus complet sur les résultats, il pourrait être plus judicieux de réduire le nombre de fourrages traités, ce qui permettrait d'utiliser plus de paramètres (taux de carbone dans le sol, durée de la période de croissance,...). Une intégration des divers risques naturels, notamment l'élévation du niveau de mer, apporterait un complément non négligeable.

Cependant il faut nuancer ces simulations. Contrairement à la météorologie, les modèles climatiques n'utilisent pas d'observations directes pour corriger les tendances et trajectoires. Prédire le climat à l'échelle régionale est encore plus difficile, car celui-ci est dépendant du climat global, qui doit donc être parfaitement simulé afin d'avoir des prévisions régionales correctes. De plus certains microclimats locaux peuvent être parfois très différent d'un climat régional (*Badin et al., 2014*). Ces microclimats peuvent permettre à une certaine plante de pousser dans une vallée alors que cela est impossible quelques kilomètres plus loin. « *Il ne faut pas croire aveuglément les modèles. Ce n'est pas parce qu'ils prédisent en moyenne plus de sécheresse dans une région qu'il ne faudra y semer que des plantes résistantes à la sécheresse. Les prévisions ne se traduisent pas par des risques permanents. Des pluies pourraient aussi augmenter localement, et les plantes trop spécialisées n'y résisteraient pas* » (*Le Treut, 2003*). Une simulation d'augmentation de températures et de précipitations dans une serre sur les différents fourrages pourrait être réalisée. Cela permettrait d'appuyer les simulations avec des cas concrets.

Ces cartes permettent de dégager une tendance générale en illustrant à l'échelle de trois pays l'évolution de l'aire géographique d'un fourrage. Cependant la réalité du terrain est parfois différente. Sur la page suivante se trouve une carte de l'évolution de la répartition géographique de (*Stylosanthes guianensi*), une couche représentant les aires naturelles protégées (dans lesquelles les cultures sont soumises à des contraintes) ainsi qu'une couche où figure les pôles urbains avec une densité supérieure à 1 000 hab/km².

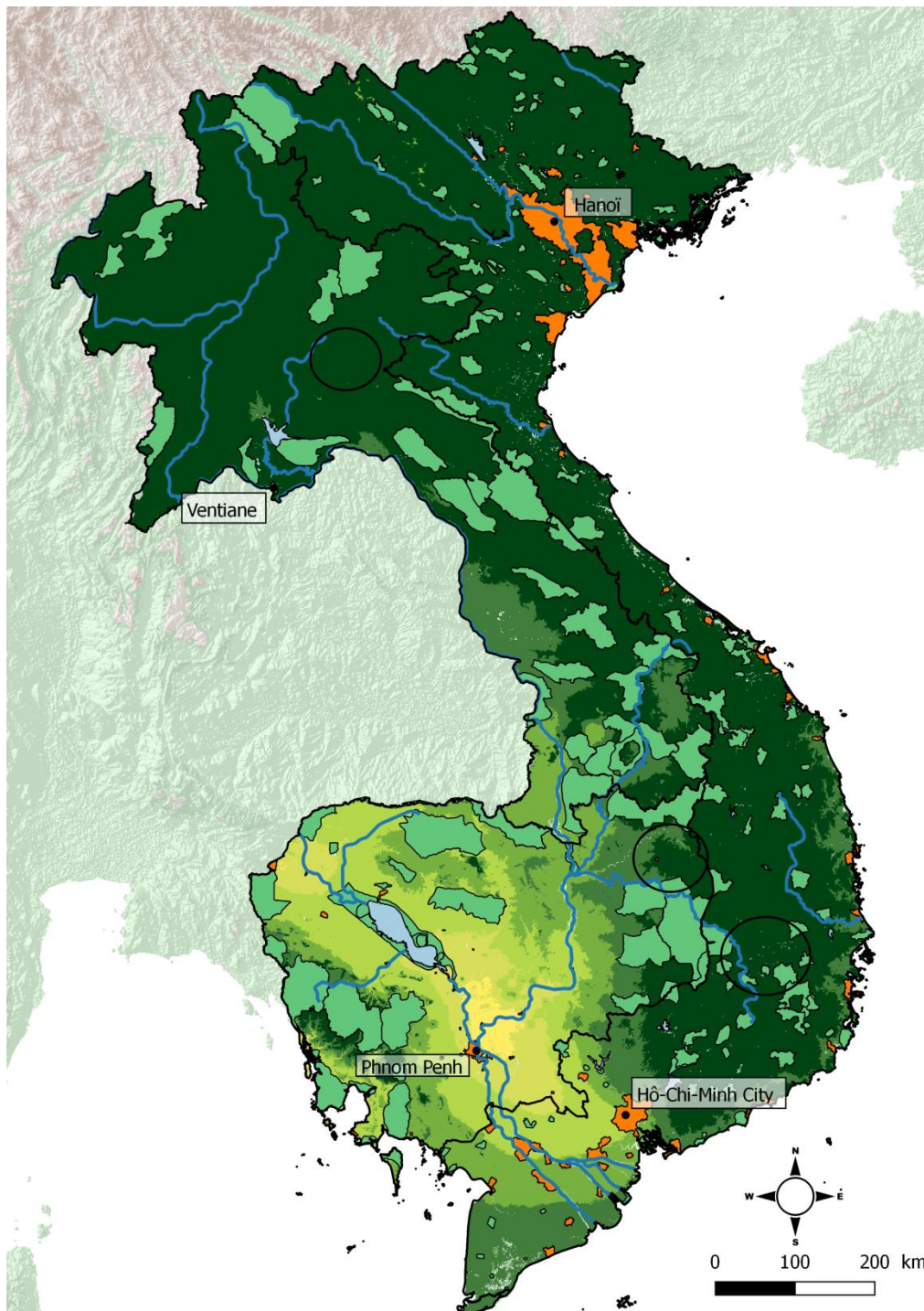


Figure 22. Carte du potentiel agricole futur (2050) de *Stylosanthes guianensis*, ainsi que des aires protégées et des zones urbaines où la densité de population est supérieure à 1000 habs/km². Source : WNP, NASA.

Legend

- Borders
- Cities
- Lakes
- Rivers
- Population density >1000 habs/km²
- Protected areas

Suitability index

- | | |
|-----------|-----------|
| 0 - 0.1 | 0.5 - 0.6 |
| 0.1 - 0.2 | 0.6 - 0.7 |
| 0.2 - 0.3 | 0.7 - 0.8 |
| 0.3 - 0.4 | 0.8 - 0.9 |
| 0.4 - 0.5 | 0.9 - 1 |

Tables

Listes des figures

Figure 1. Diagramme de calcul de l'indice de potentiel agricole utilisé dans cette analyse (Laderach, Eitzinger, 2013).	14
Figure 2. Carte des trois pays étudiés. Les cercles noirs visibles sur la carte, « households » dans la légende, représentent les lieux où se situent les fermes du projet Hands and Minds. Source : CGIAR-SRTM.	16
Figure 3. Part de la population rurale dans la population totale au Cambodge, Laos et Vietnam. Source : WorldBank 2017.....	19
Figure 4. Part des agriculteurs dans les emplois totaux au Cambodge, Laos et Vietnam. Source : WorldBank 2017	19
Figure 5. Nombre d'animaux d'élevage par continent.	21
Figure 6. Indice de production du bétail en œufs, fromage, lait et laines (2004-2006 = 100) pour le Cambodge, le Laos et le Vietnam. Source : FAO.....	21
Figure 7. Températures annuelles moyennes (1970-2000) au Vietnam, Laos et Cambodge.	26
Figure 8. Précipitations annuelles moyennes (1970-2000) au Vietnam, Laos et Cambodge.	26
Figure 9. Localisation des stations GlobalWeather retenues au Cambodge, Laos et Vietnam.	28
Figure 10. Station 1, Evolution de la température de 1979 à 2013.....	28
Figure 11. Station 2, Evolution de la température de 1979 à 2013.....	28
Figure 12. Station 3, Evolution de la température de 1979 à 2013.....	29
Figure 13. Station 4, Evolution de la température de 1979 à 2013.....	29
Figure 14. Station 5, Evolution de la température de 1979 à 2013.....	29
Figure 15. Evolution de la température annuelle moyenne du globe en surface par rapport à la période 1950-2005. Source : GIEC.	30
Figure 16. Carte de l'indice de potentiel agricole présent d'Arachis pintoi au Cambodge, Laos et Vietnam.	31
Figure 17. Carte du potentiel agricole futur (20150)d'Arachis pintoi au Cambodge, Laos et Vietnam.....	31
Figure 18. Carte du potentiel présent de Stylosanthes guianensis au Cambodge, Laos et Vietnam.....	32
Figure 19. Carte du potentiel agricole futur (2050) de Stylosanthes guianensis au Cambodge, Laos et Vietnam.....	32
Figure 20. Evolution du potentiel agricole de Arachis pintoi entre aujourd'hui et l'horizon 2050 au Cambodge, Laos et Vietnam.	33
Figure 21. Evolution du potentiel agricole de Stylosanthes guianensis entre aujourd'hui et l'horizon 2050 au Cambodge, Laos et Vietnam.	33
Figure 22. Carte du potentiel agricole futur (2050) de Stylosanthes guianensis, ainsi que des aires protégées et des zones urbaines où la densité de population est supérieure à 1000 hab/km ² . Source : WNP, NASA.	37

Liste des tableaux

Tableau 1. Chiffres socio-économiques comparatifs entre les trois pays du projet. Source : Worldbank, 2017. ..	15
Tableau 2. Tableau des différentes sources des données climatiques, topographiques et physiologique.....	18
Tableau 3. Répartition du type de consommation de fourrages.	23
Tableau 4. Données minimales et maximales des paramètres de croissance (températures, précipitations, pH et altitude) de chaque fourrage. Source : Feedipedia, Ecocrop, Tropical forage.	24
Tableau 5. Présentation de la surface en km ² du potentiel agricole présent et futur (2050), ainsi que de son évolution entre ces deux horizons par fourrage.....	34
Tableau 6. Présentation du pourcentage de surface couverte par le potentiel agricole présent et futur (2050), ainsi que de son évolution entre ces deux horizons par fourrage.	35

Bibliographie

Argel P.J., Lascano C.E., *Cratylia argentea (Desveaux) O. Kuntze: Una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales*, Pasturas Tropicales, vol.20, n°1, 1998, pp.37-43.

Badin E., Delbecq D., Demarthon F., *Changement climatique : évidences et incertitudes*, CNRS le journal, 2016. url : <https://lejournal.cnrs.fr/articles/changement-climatique-evidences-et-incertitudes>; consulté le 16/07/2018.

Batjes N.H., *Overview of procedures and standards in use at ISRIC WDC-Soils*, Reports 2017/01, ISRIC-World Soil Information, Wageningen, 2017, p.28.

Burel F., Lavigne C., Moonen A-C, Ouin A., Poggio S.L, *Landscape ecology and biodiversity in agricultural landscapes*, Agriculture, Ecosystems & Environement, vol.166, pp.1-126.

Chauvin F., Royer J-F., *L'intensité des cyclones augmente-t-elle ?*, Science n°54, 2007, pp.35-38.

Cook, B. G., Pengelly, B. C., Brown, S. D., Donnelly, J. L., Eagles, D. A., Franco, M. A., Hanson, J., Mullen, B. F., Partridge, I. J., Peters, M. Schultze-Kraft, R., Tropical forages. CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia, 2005.

Devendra C., Thomas D., *Crop-animal interactions in mixed farming systems in Asia*, *Agricultural Systems*, vol.71, Issues 1-2, 2002, pp.27-40.

Dufumier M., *Mutation de l'agriculture en Asie du Sud-Est*, Tiers-Monde, tome 41, n°162, 2000, p.479.

FAOSTAT database, Rome (Italy). Food and Agriculture Organization of the United Nations. c2015. Available from:<http://faostat3.fao.org/home/E>.

Fick S.E, Hijmans R.J, *WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas*, International Journal of Climatology, 2017

Garnier E., *Les dérangements du temps : 500 ans de chaud et de froid en Europe.*, Plon, 2010, 244 p.

GIEC, 5^{ème} rapport d'évaluation du changement climatique, 2013.

Herrero M., Havlik P., Valin H., Notenbaert An., Rufino M.C, Thornton P.K, Blümmel, Weiss F., Grace D., Obersteiner M., *Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems*, PNAS vol.110, 2013, pp.20888-20893.

Holdsworth M., Bricas N., *Changement climatique : impact sur la consommation alimentaire et la nutrition*, Changement climatique et agricultures du monde, Torquebiau Emmanuel (ed.), 2015, pp.213-224.

Horne P.M., Stür W.W., *Developing forages technologies with smallholder farmers – how to select the best varieties to offer farmers in Southeast Asia*, Aciar Monograph n°62, 1999, 80p.

Im E-S., Pal J.S., Eltahir E.A.B., *Deadly heat waves projected in the densely populated agricultural regions of South Asia*, Sciences Advance, Vol 3, n°8, 2017.

Jarvis A., Reuter H.I, Nelson A., Guevara E., Hole-filled SRTM for the globe Version 4. Retrieved from <http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1>, 2008.

Jones B.D., Kenneford S., Nagler M.J., Meadley J., Buangsuwon D., *Efforts to controls the levels of Aflatoxin in Southeast Asian Maize*, Interational Biodeterion Spp, 1986, pp.145-149.

Kanbur R., Rhee C., Zhuang J., *Inequality in Asia and the Pacific: Trends, drivers, implications*, Routledge, 2014, 256p.

Kekae K., *Impact of climate change on forage grass in Ethiopian dairy system*, NUI Galway, 2017.

Klotzbach P., *Trends in global tropical cyclone activity over the past twenty years (1986–2005)*, Geophysical Research Letters, Colorado State University, vol. 33, 2006.

Laderach P., Eitzinger A., *Ecocrop suitability modeling Data Analysis Workshop and Adaptation Strategy Development Arusha Tanzania*, CIAT, CCAFS, 2013.

Lamers M., Anyusheva M., La N., Nguyen V.V, Streck T., *Pesticide pollution in surface and groundwater by paddy rice cultivation : A case of study from Northern Vietnam*, Clean soil air water, vol. 39, issue 4, 2011, pp.356-361.

Lawrence D., Vandecar K., *Effects of tropical deforestation on climate and agriculture*, Nature Climate Change n°5, 2015, pp.27-36.

Le Treut H., *Les scénarios globaux de changement climatique et leurs incertitudes*, Comptes Rendus Géosciences n° 335, 2003, pp. 525-533.

Loo YY., Billa L., Singh A., *Effects of climate change on seasonal monsoon in Asia and it's impact of the variability of monsoon rainfall in Southeast Asia*, Geoscience Frontier, vol. 6, issue 6, 2015, pp.817-823.

Mannetje L.'t, Jones R.M, *Plant Resources of South-East Asia*, Jansen P.C.M, Westphal E., Kartasurba J. (Editor), Prosea n°4, 1992, 300p.

Marks D., Sirithet A., Rakyuttitham A., Wulandri S., Chomchan., *Land grabbing and impacts to small scale farmers in Southeast Asia sub-region*, Local Act Thailand, 2015.

Mendelsohn R., Emanuel K., Chonabayashi S., Bakkensen L., *The impact of climate change on tropical cyclone damage*, Nature Climate Change n°2, 2012, pp.205-209.

Morton J., *The impact of climate change on smallholders an subsistence agriculture*, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, n°104, pp. 19680-19685.

Mutumura M., Everson TM., *On-farm evaluation of improved Brachiaria grasses in low rainfall and aluminium toxicity areas of Rwanda*, International Journal of Biodiversity and Conservation 4, 2012, pp.137–154.

Nelson G., Rosegrant M., Koo J., Robertson R., Sulser T., Zhu T., Ringler C., Msangi S., Palazzo A., Batka M., Magalhaes M., Valmonte-Santos R., Ewing M., Lee D., *Climate change Impact on Agriculture and costs of adaptation*, International Food Policy research Institute, 2009.

Nonhebel S. Kastner T., *Changing demand for food, livestock feed and biofuels in the past and in the near future*, Livestock science, vol.139, Issues 1-2n 2011, pp.3-10.

Perkins J., Peterham R.J, Rachman R., Semali A., *Introduction and management prospects for forages in Southeast of Asia and the south Pacific*, Forages in Southeast Asian and South Pacific agriculture, Blair G.J., Ivory D.A, Evans T.R (Editor), ACIAR n°12, Canberra, 1986, pp.15-23.

Pingali P.L., Hossain M., Gerpacio, R.V., *Asian rice bowls - the returning crisis?* Wallingford, UK, CAB International, 1997.

Planton S., Déqué M., Douville H., Spagnoli B., *Impact du réchauffement climatique sur le cycle hydrologique*, Comptes Rendus Géosciences n° 377, 2005, pp.193-202.

Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., De Haan C., *Livestock's long shadow: environmental issues and options*, Rome, Italy: FAO, 2006.

Turrall H., Burke J., Faurès J-M, *Climate change, water and food security*, Fao water report n°36, 2011.

Thorton P.K, *Livestock production: recent trends, future prospects*, Philosophical transactions of the Royal society biological sciences n°365, 2010, pp.2853-2867.

Thrupp LA., *Linking Agricultural Biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture*, International Affairs, vol. 76, Issue 2, 2002.

Udo H.M.J, Aklilu H.A, Phong L.T, Bosma R.H, Budisatria I.G.S, Patil B.R, Samdup T. Bebe H.O, *Impact of intensification of different types of livestock production in smallholder crop-livestock systems*, vol.139, Issues 1-2, 2011, pp.22-29.

Vijay V., Pimm S.L., Jenkins N.J., Smith S.J, *The impacts of oil palm on recent deforestation and biodiversity loss*, Plos one. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159668>, consulté le 04/07/2018.

Wang T.L., Domoney C., Hedley C.L., Casey R., Grusak M.A., *Can we improve the nutritional quality of legumes seeds?*, Plant Physiology, vol.131 n°3, 2003, pp.886-889.

Wheeler T., Reynolds C., *Predicting the risk from climate change to forage and crop production for animal feed*, Animal Frontiers n°3, Issue 1, 2013, pp.36-41.

Wilcove D.S., Giam X., Edwards D.P., Fisher B., Koh LP., *Navjot's nightmare revisited : logging, agriculture, and biodiversity in Southeast Asia*, Trends in Ecology&Evolution, vol. 28, Issue 9, 2013, pp.531-540.

WorldBank, <http://www.worldbank.org/>

Yueung Y.E., *Coastal mega-cities in Asia transformation, suitability and management*, Ocean & Coastal management, vol 44, n5/6, 2001, pp.319-333.

Yusuf AA., Francisco H., *Climate change vulnerability mapping for Southeast of Asia, Economy and Environment Program for Southeast Asia*, 2009.

Zhang Z., Chan JCL., Ding Y., *Characteristics, evolution and mechanisms of the summer monsoon onset over Southeast Asia*, International Journal of Climatology, vol. 24, Issue 12, 2004, pp.1461-1482.

Ziegler A.D., Bruun T.B., Guardiola-Claramonte M., Giambelluca T.W., Lawrence D., Thanh Lam N., *Environmental consequences of the demise in swidden cultivation in montane mainland southeast Asia : Hydrology and geomorphology*, Human ecology, vol. 37, Issue 37, 2009, pp.361-373.

Annexes

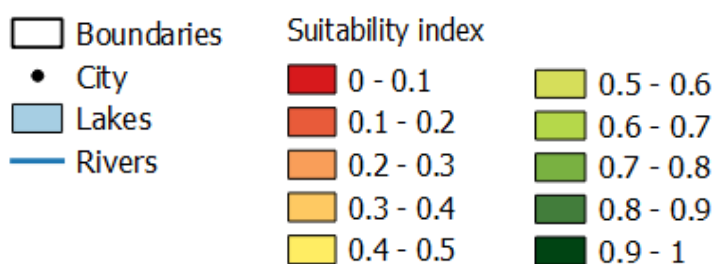
Nous allons ici présenter les cartes de potentiel agricole présent et futur ainsi que l'évolution de cet indice pour chacun des quinze fourrages traités.

En haut à gauche se situe la carte de l'indice de potentiel présent, en haut à droite celle de l'horizon 2050 et en bas l'évolution de l'indice de potentiel agricole entre les deux périodes.

Ci-dessous se trouvent les deux légendes utilisées. La première pour les cartes de potentiel agricole présent et futur, et la seconde pour mesurer l'évolution de cet indice.

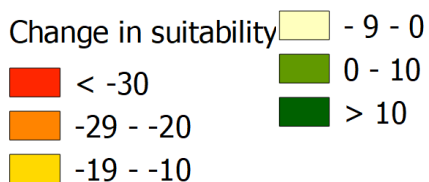
Légende 1 :

Legend



Légende 2 :

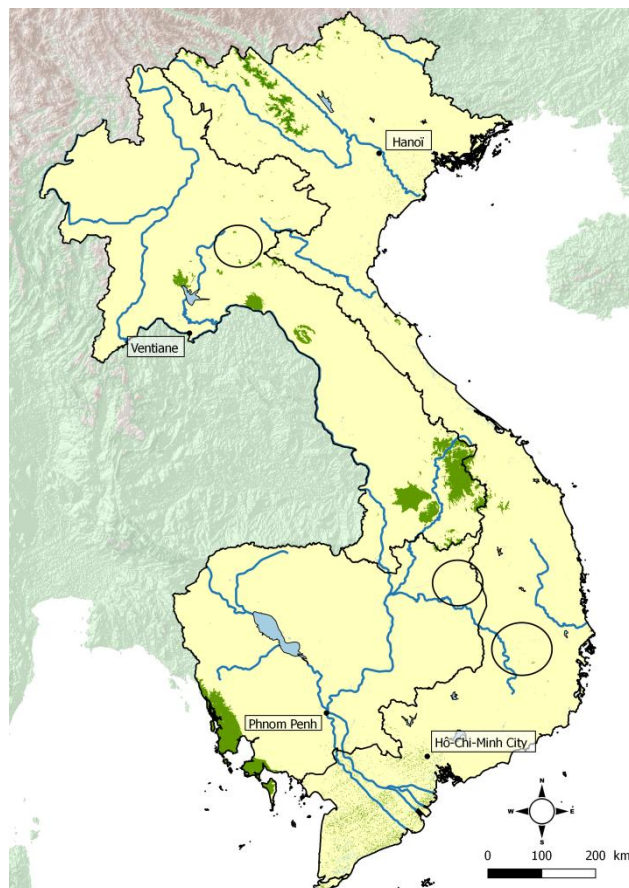
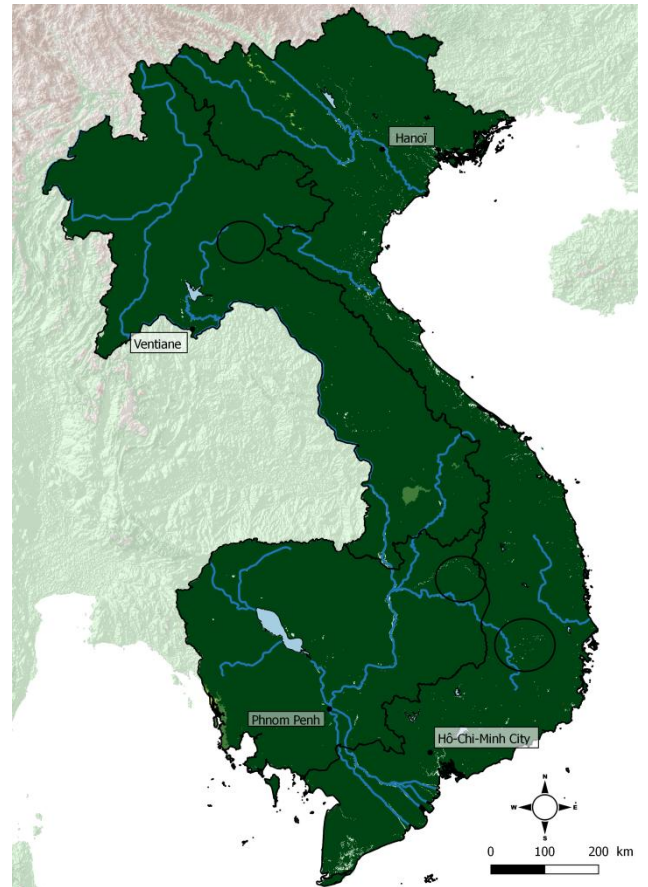
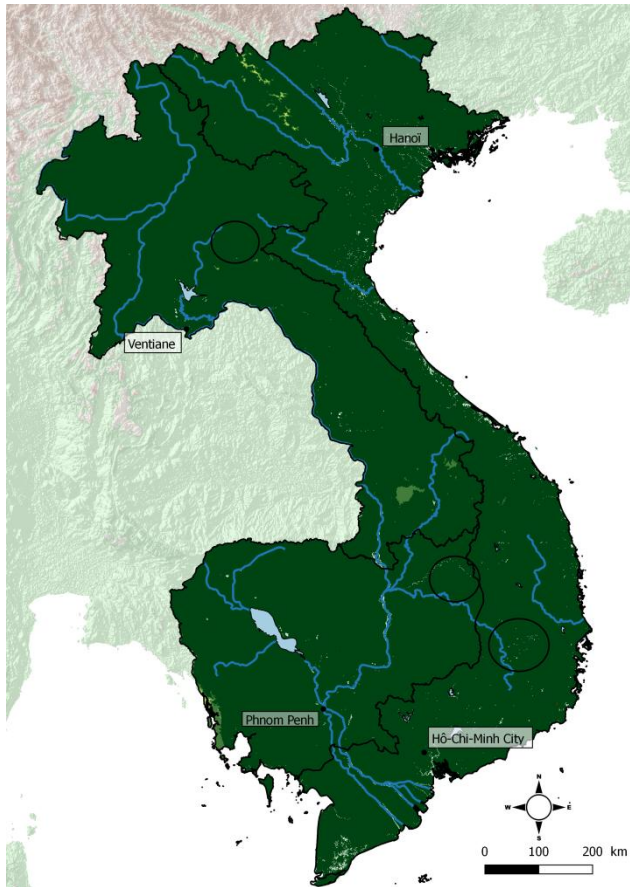
Legend



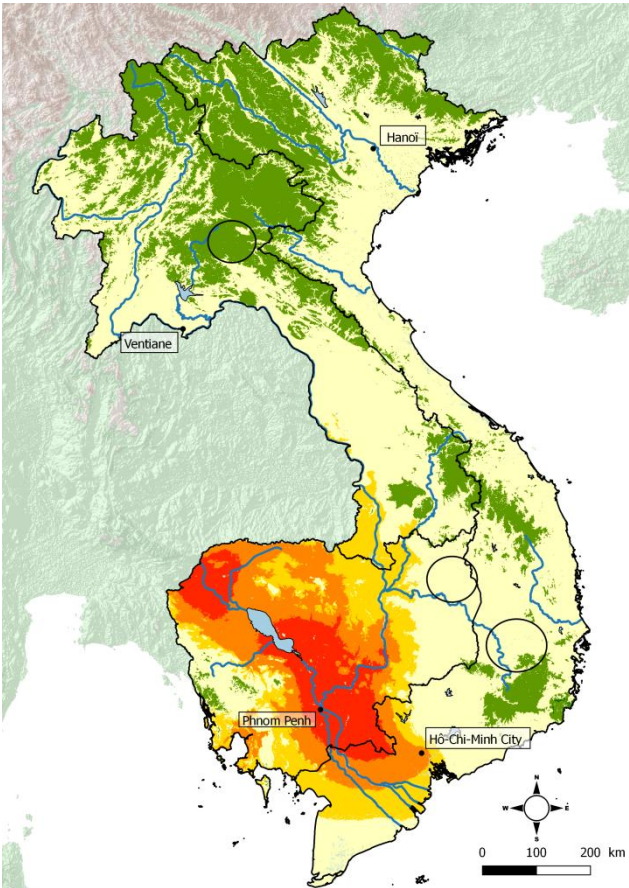
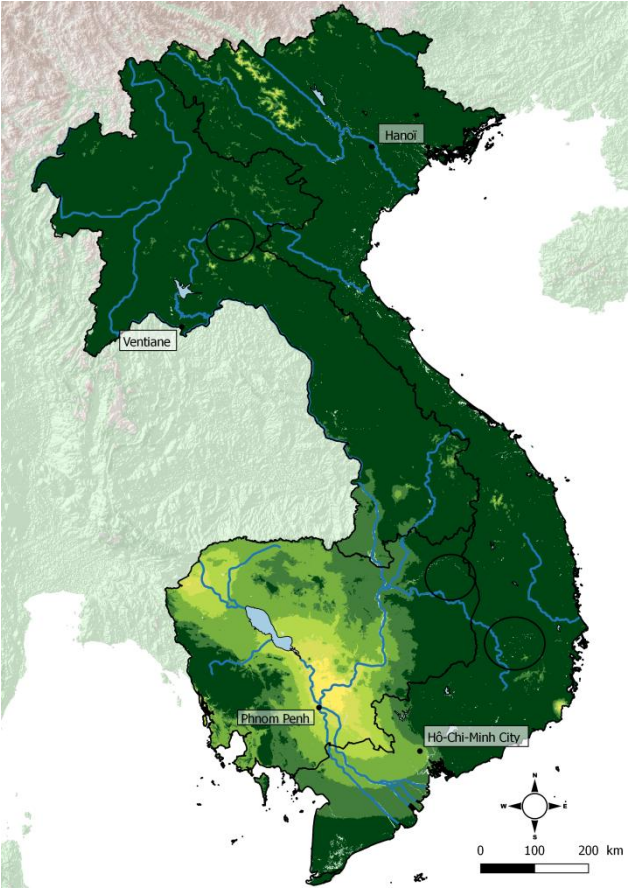
Liste des annexes

1. <i>Andropogon gayanus</i>	45
2. <i>Arachis pintoii</i>	46
3. <i>Brachiaria brizantha</i>	47
4. <i>Brachiaria decumbens</i>	48
5. <i>Brachiaria humidicola</i>	49
6. <i>Brachiaria mulato</i>	50
7. <i>Canavalia brasiliensis</i>	51
8. <i>Centrosema pubescens</i>	52
9. <i>Cratylia Argentea</i>	53
10. <i>Desmodium cinerea</i>	54
11. <i>Gliricidia sepium</i>	55
12. <i>Leucaena leucephola</i>	56
13. <i>Panicum maximum</i>	57
14. <i>Paspalum atratum</i>	58
15. <i>Stylosanthes guianensis</i>	59

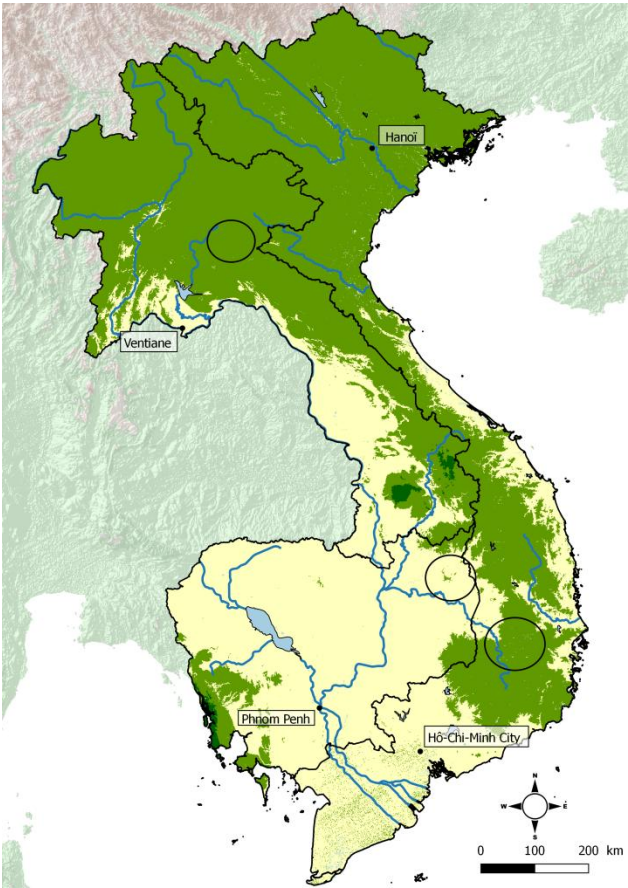
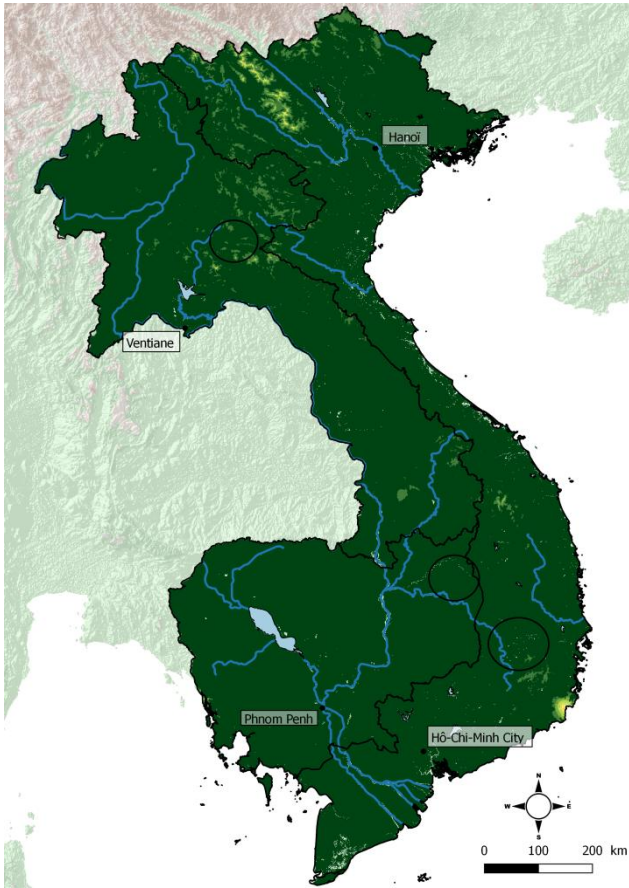
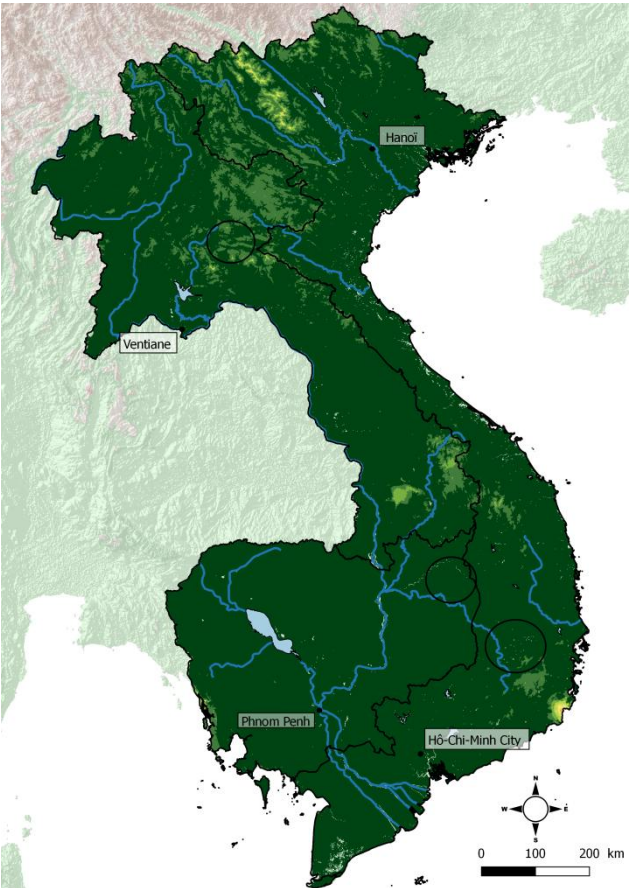
1. *Andropogon gayanus*



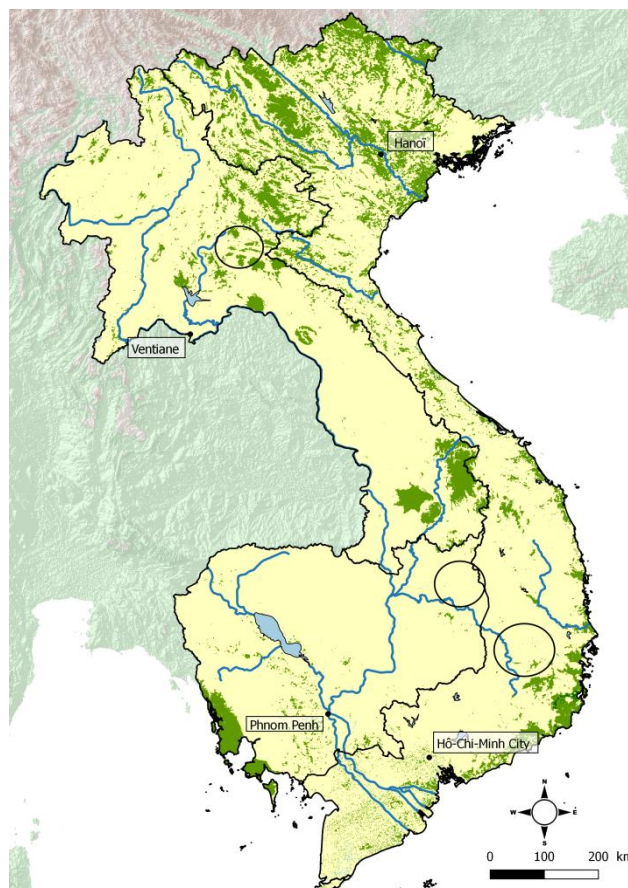
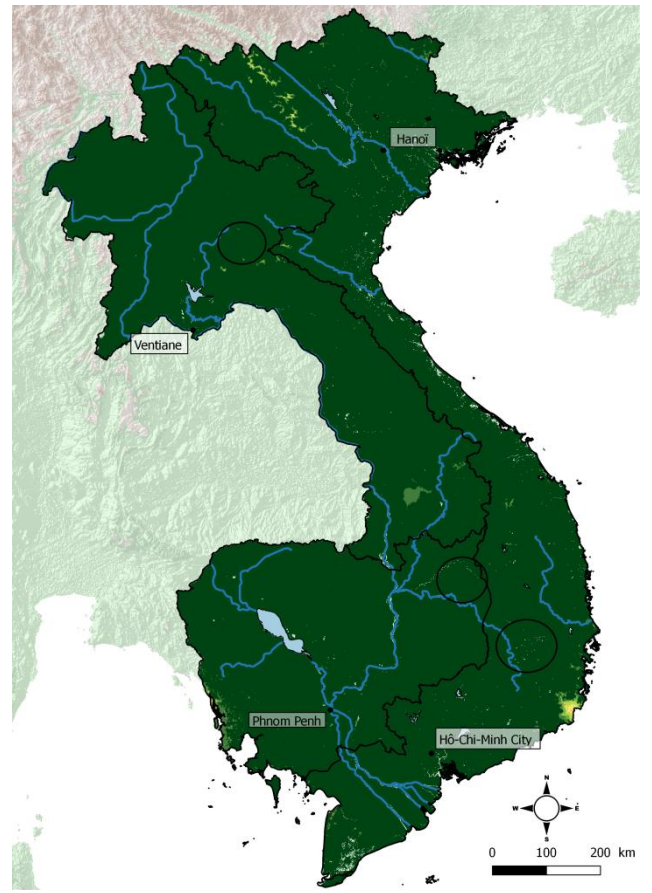
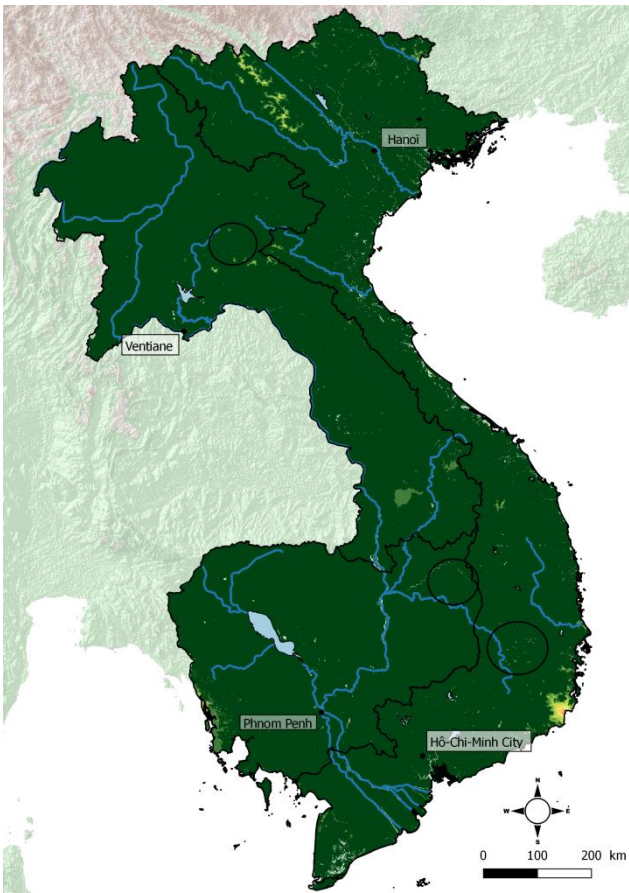
2. *Arachis pintoi*



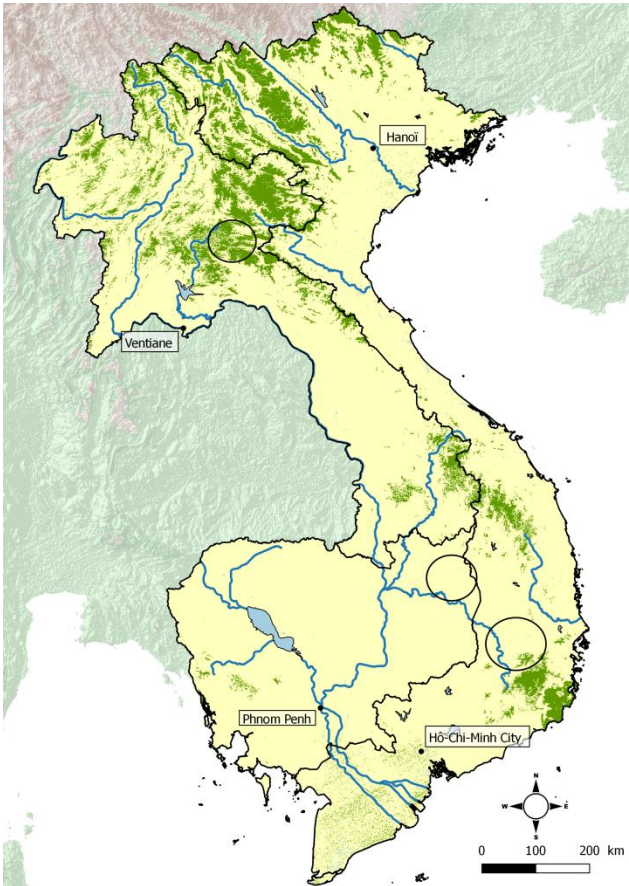
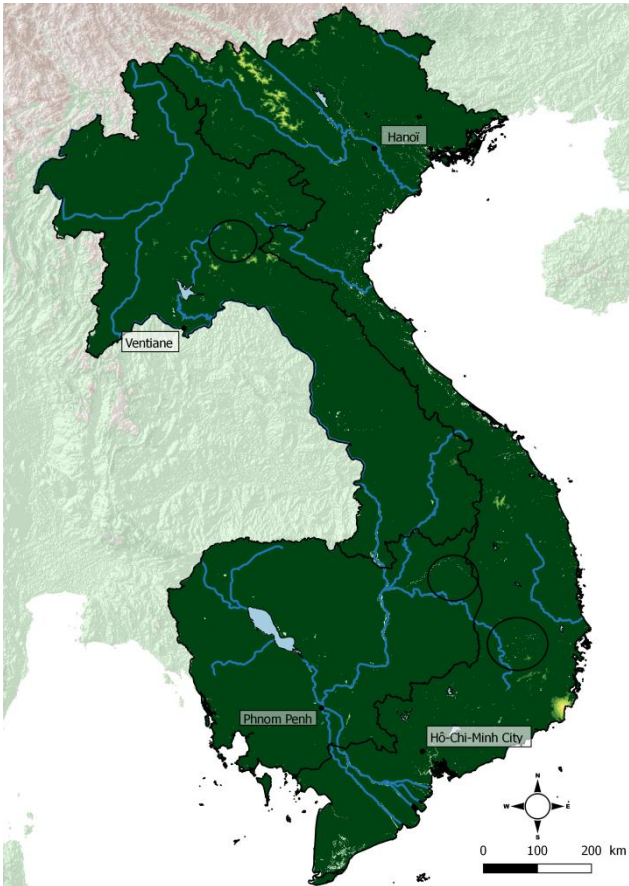
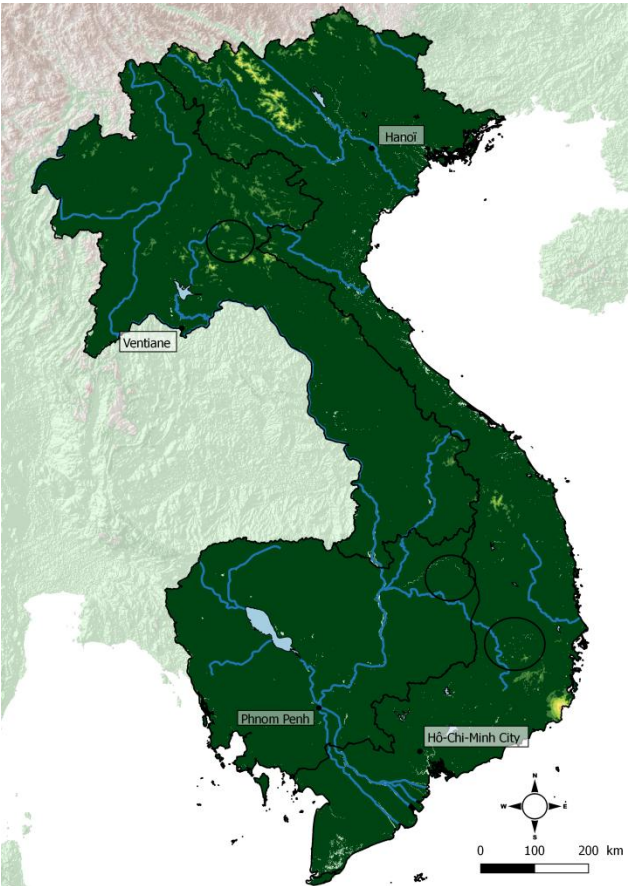
3. *Brachiaria brizantha*



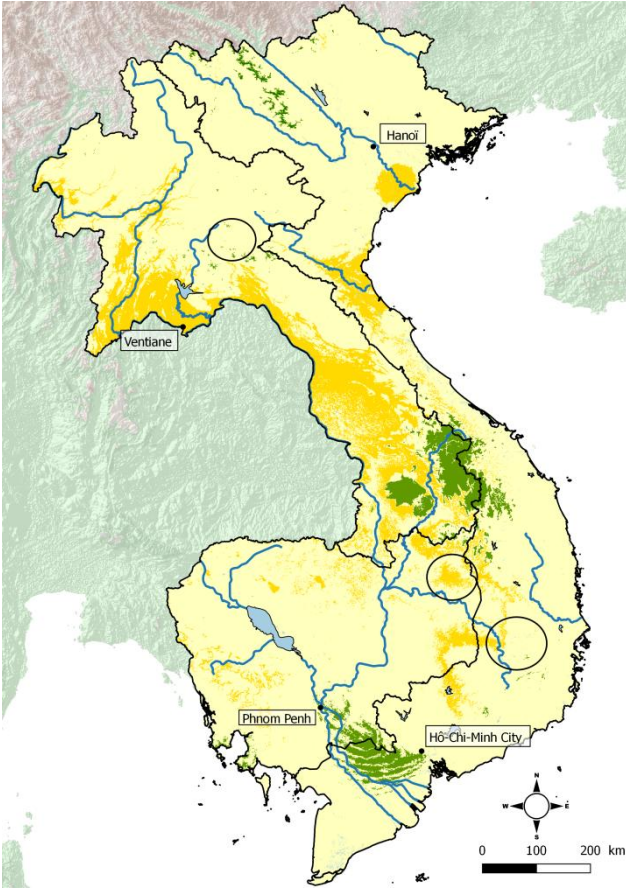
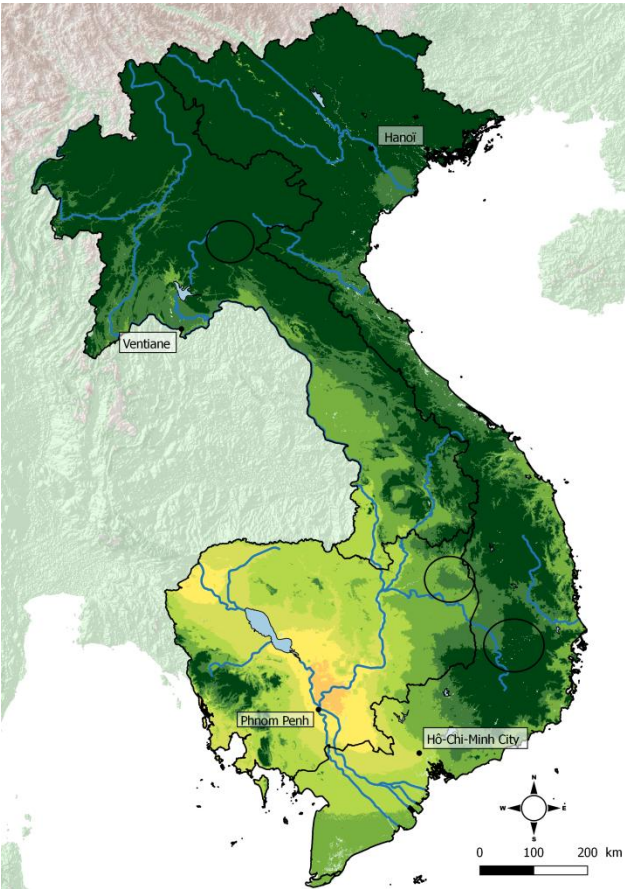
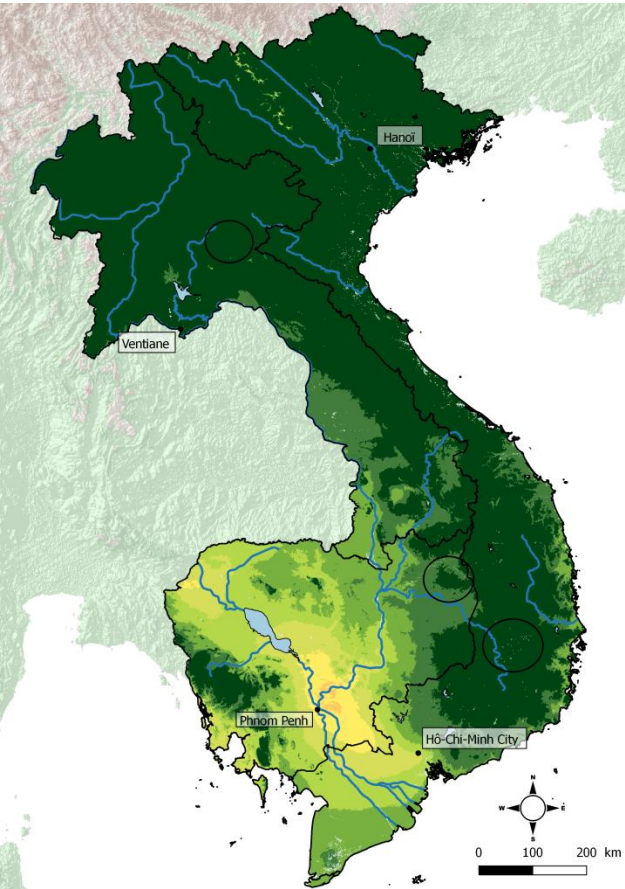
4. *Brachiaria decumbens*



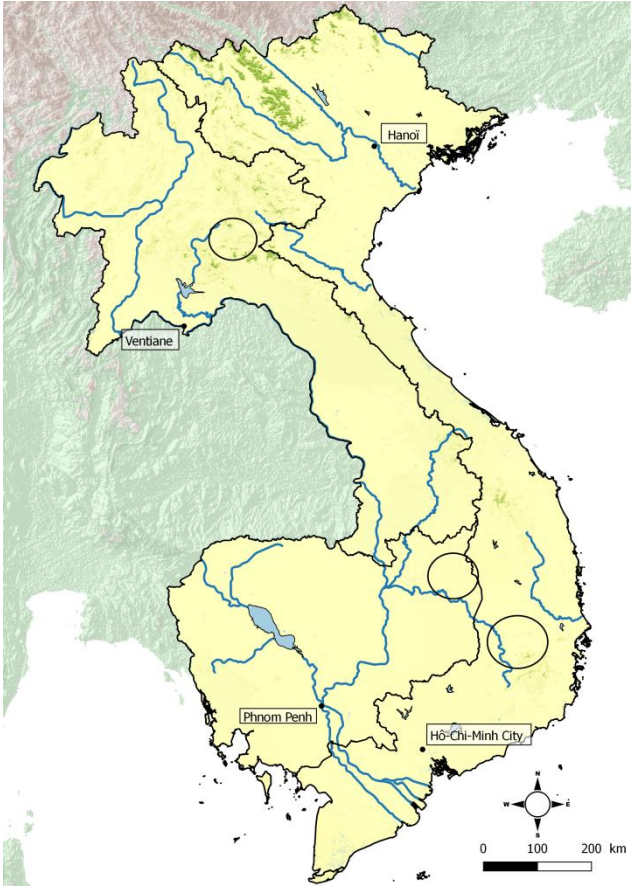
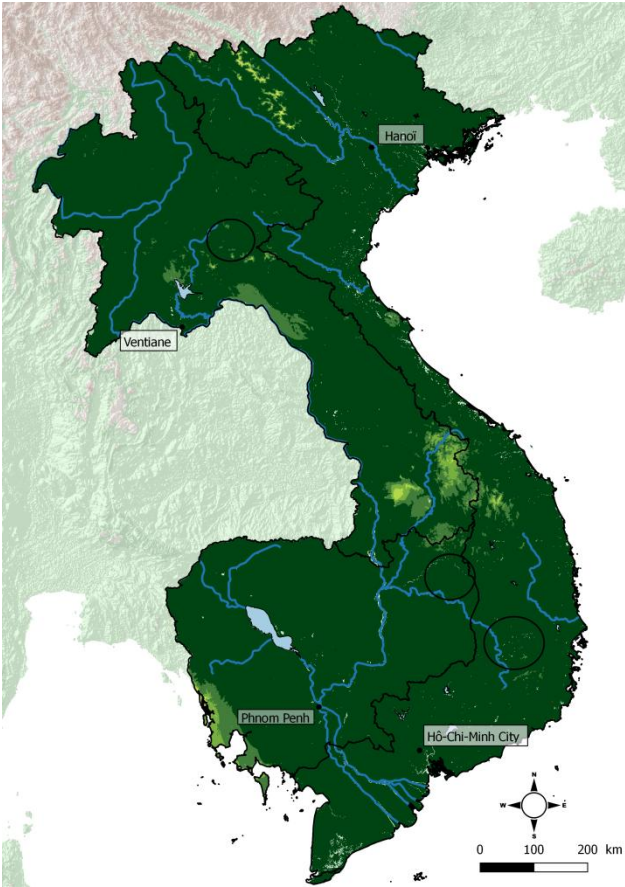
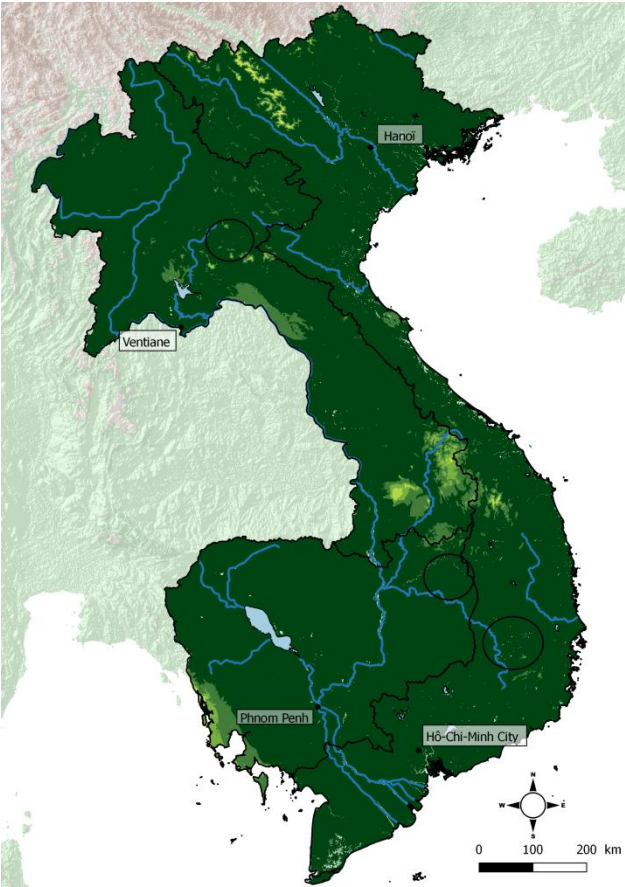
5. *Brachiaria humidicola*



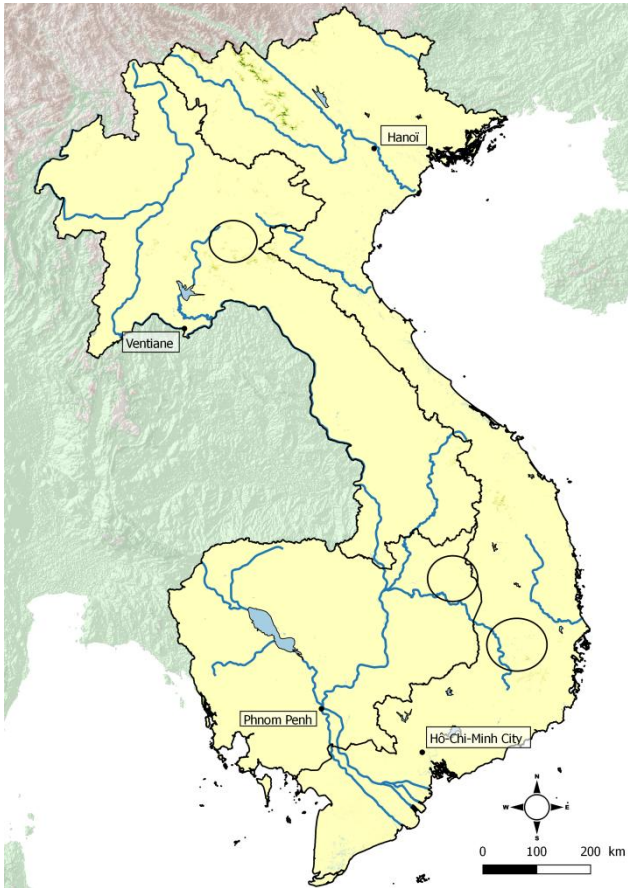
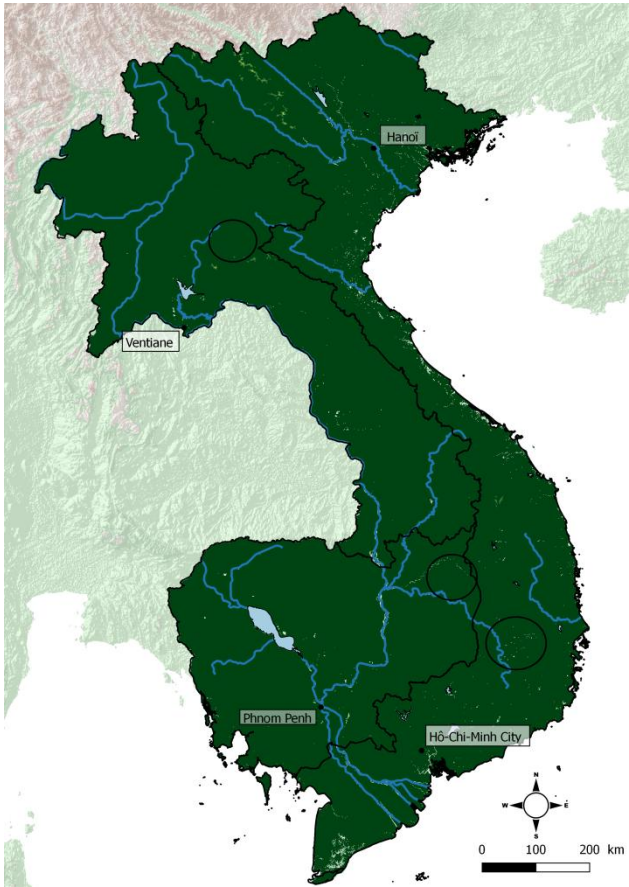
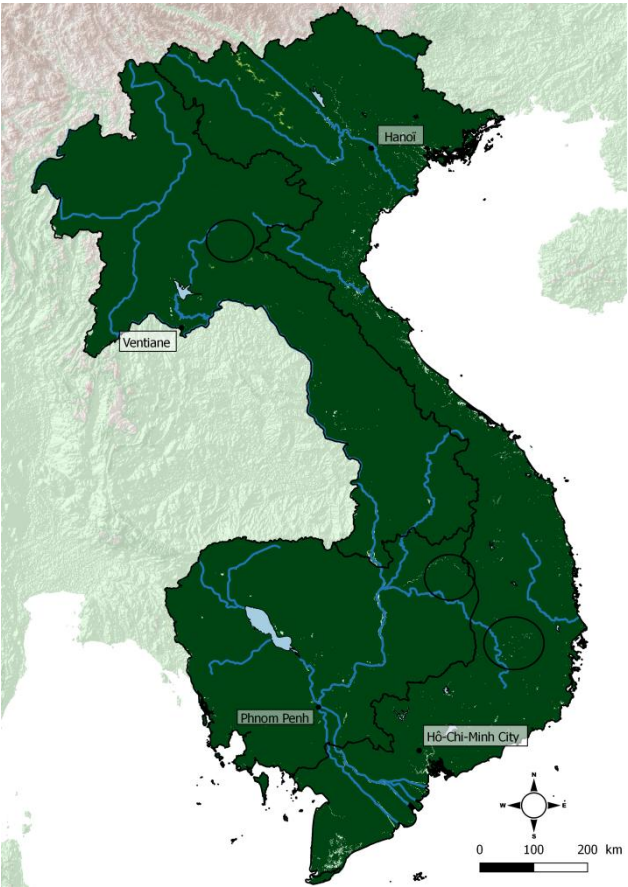
6. *Brachiaria mulato*



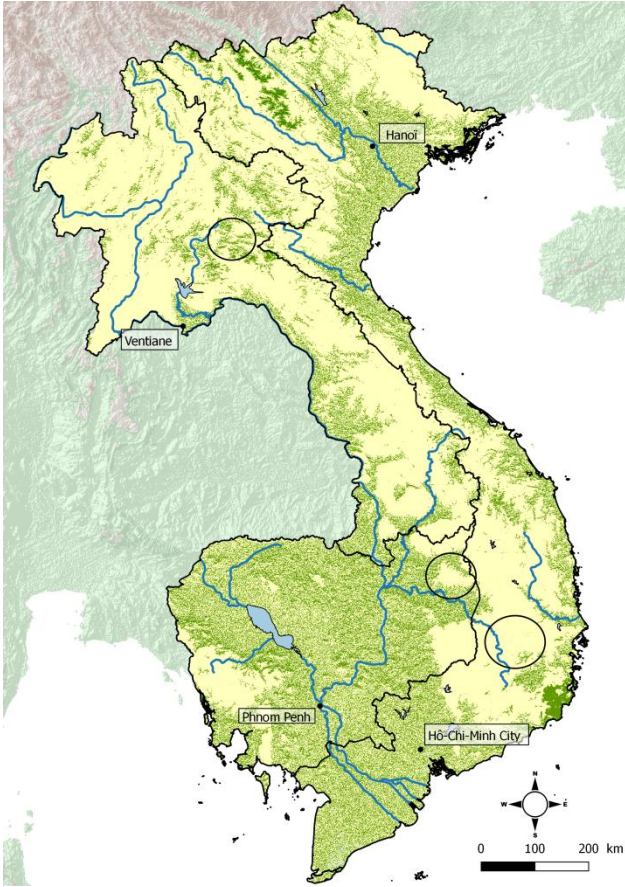
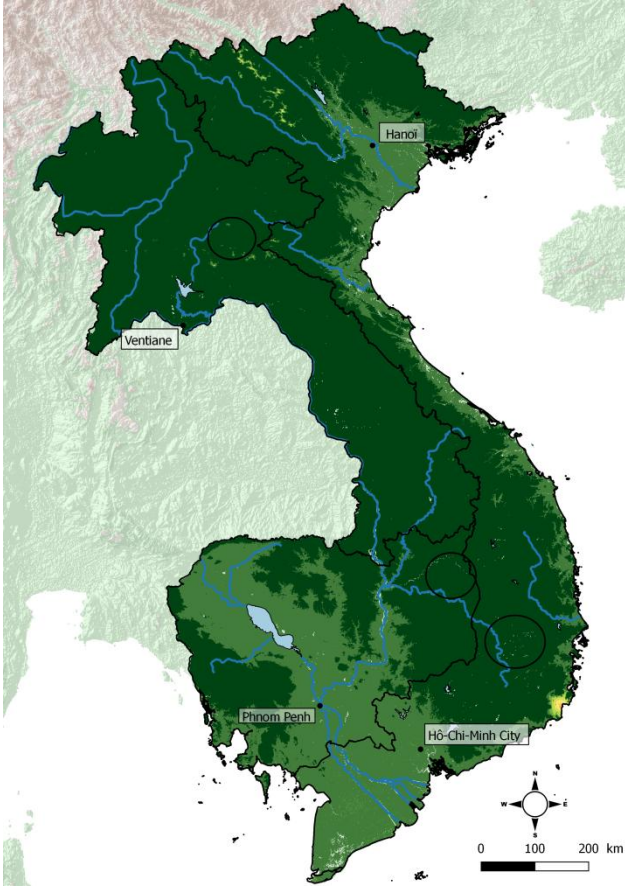
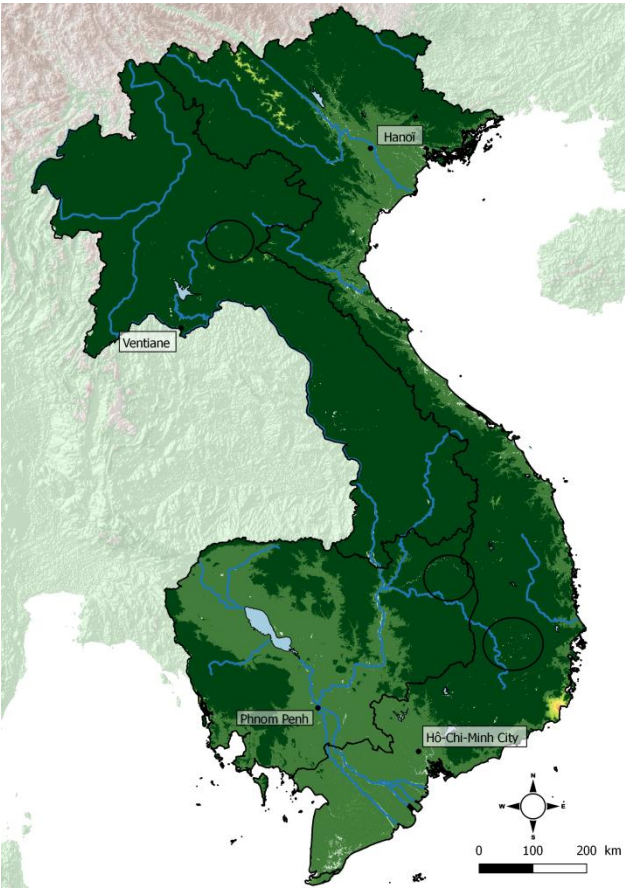
7. *Canavalia brasiliensis*



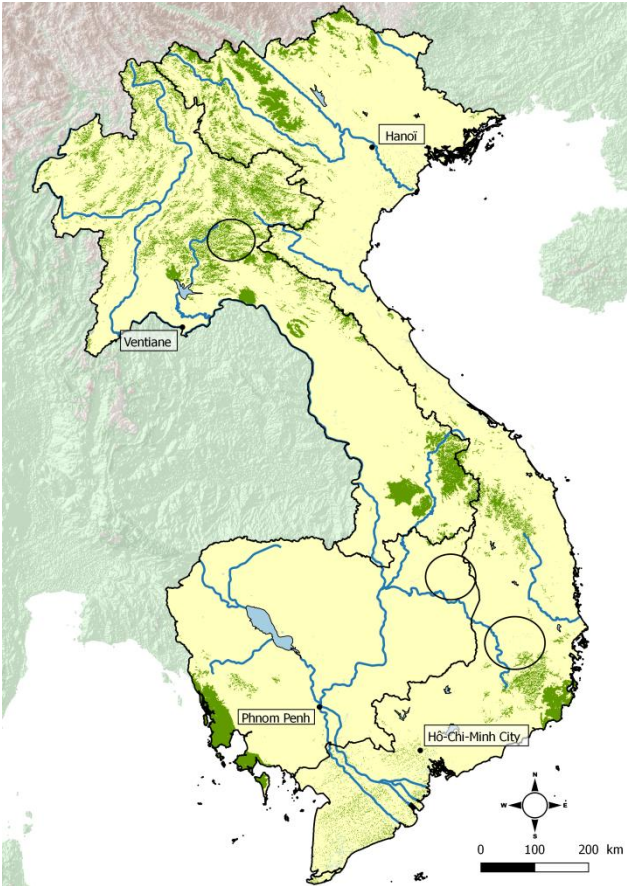
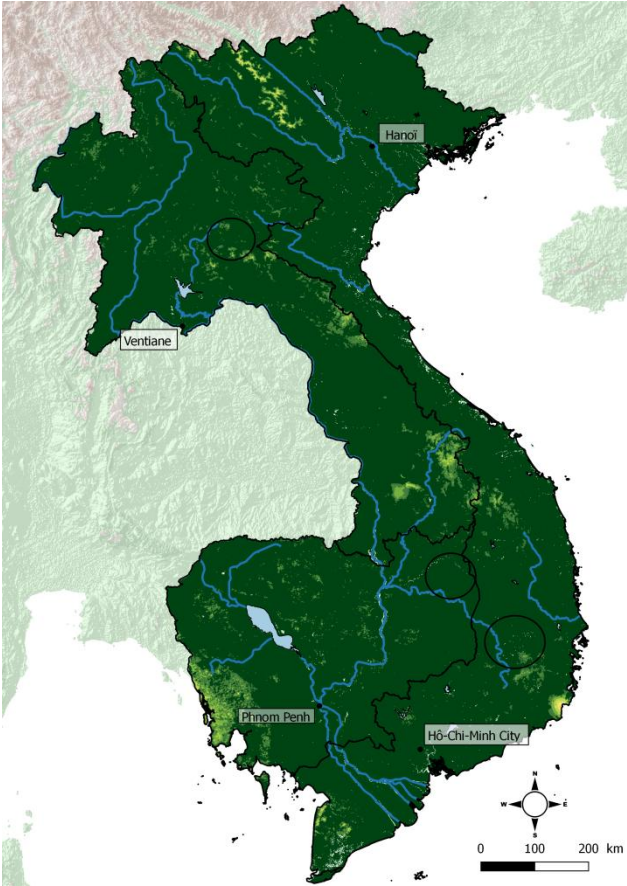
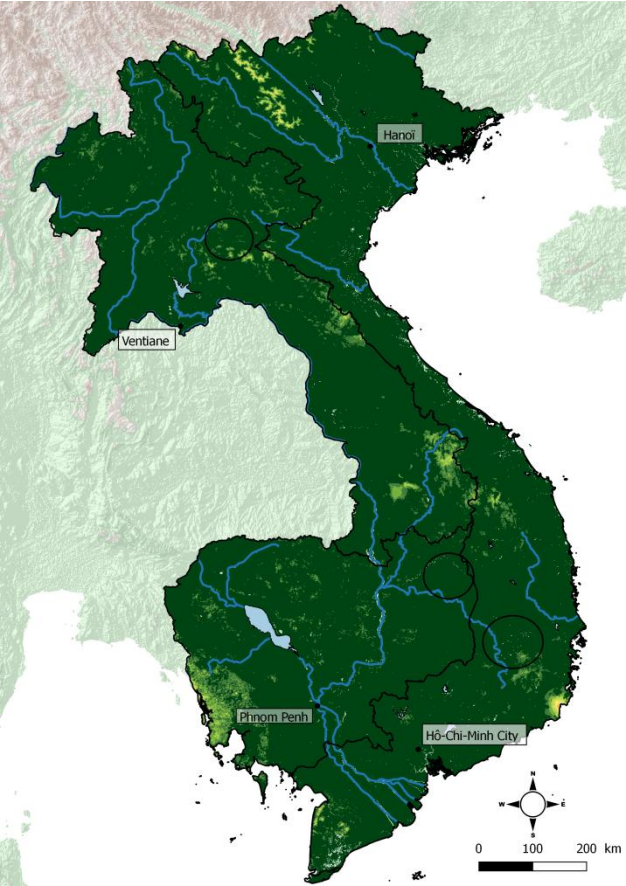
8. *Centrosema pubescens*



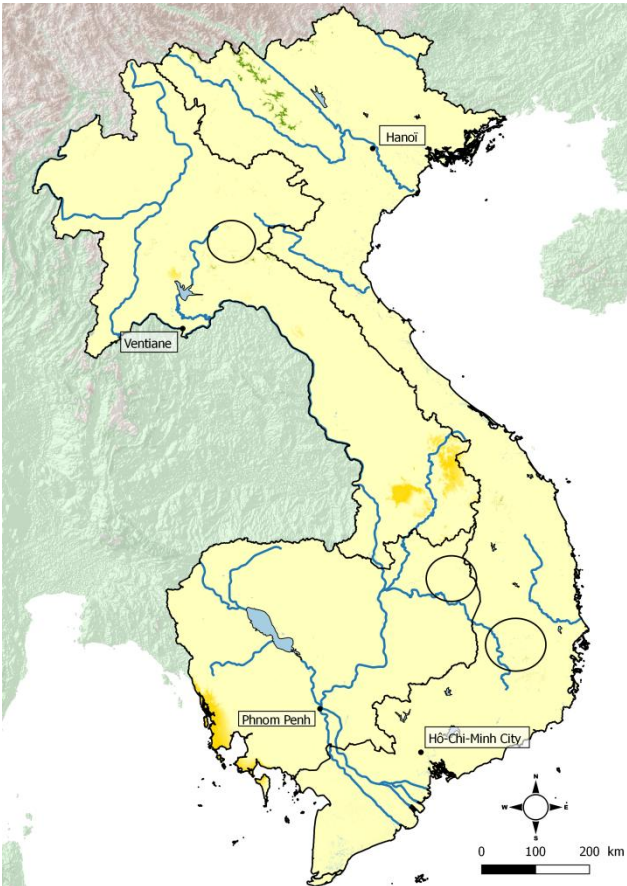
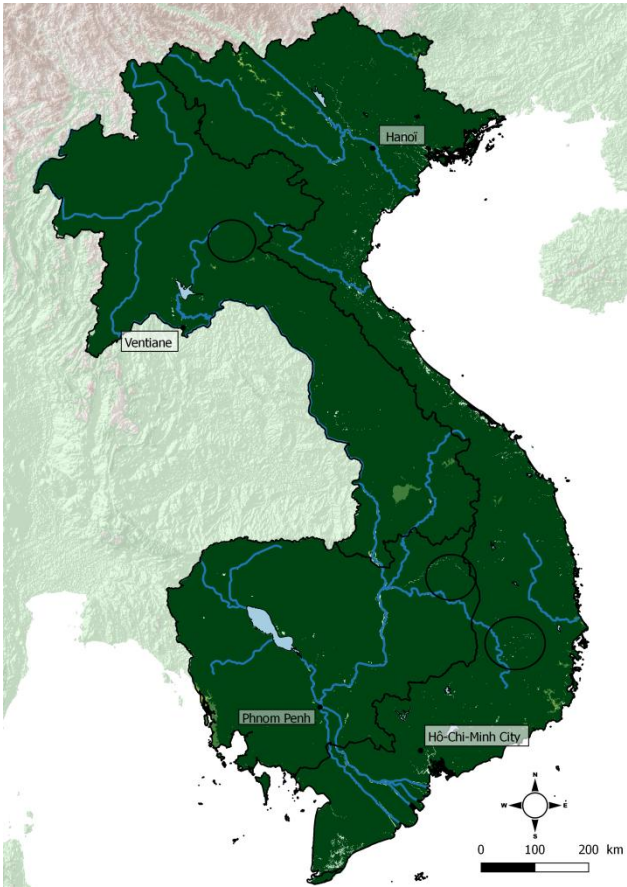
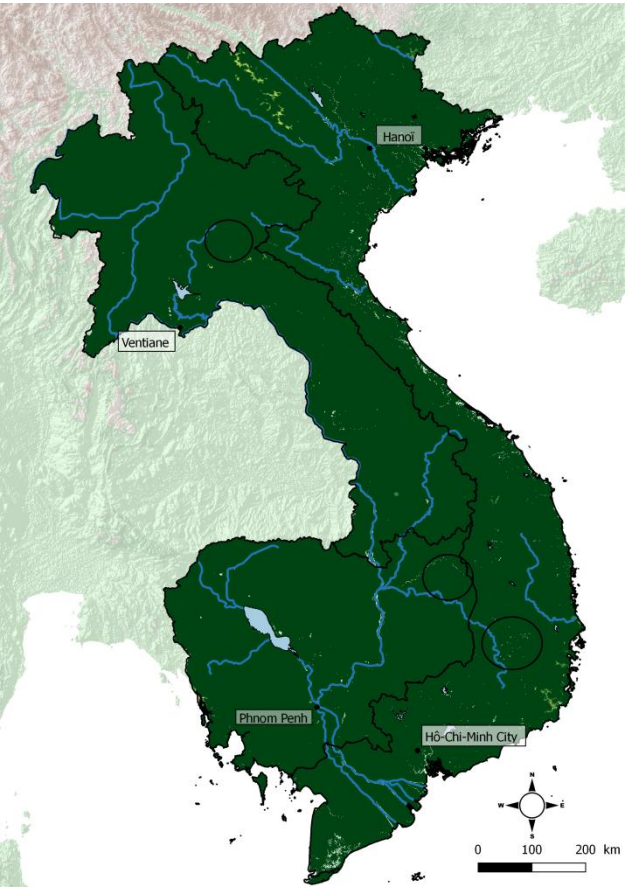
9. *Cratylia argentea*



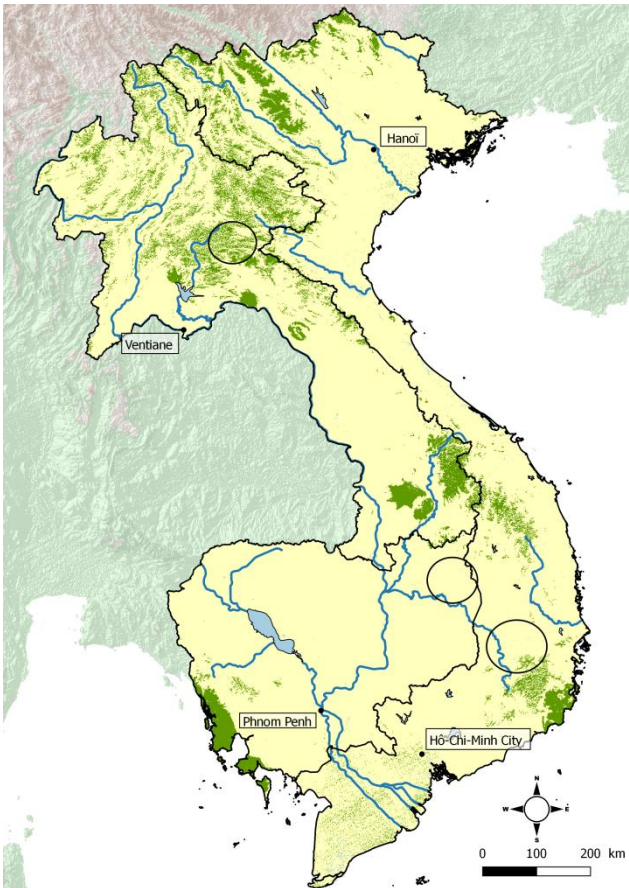
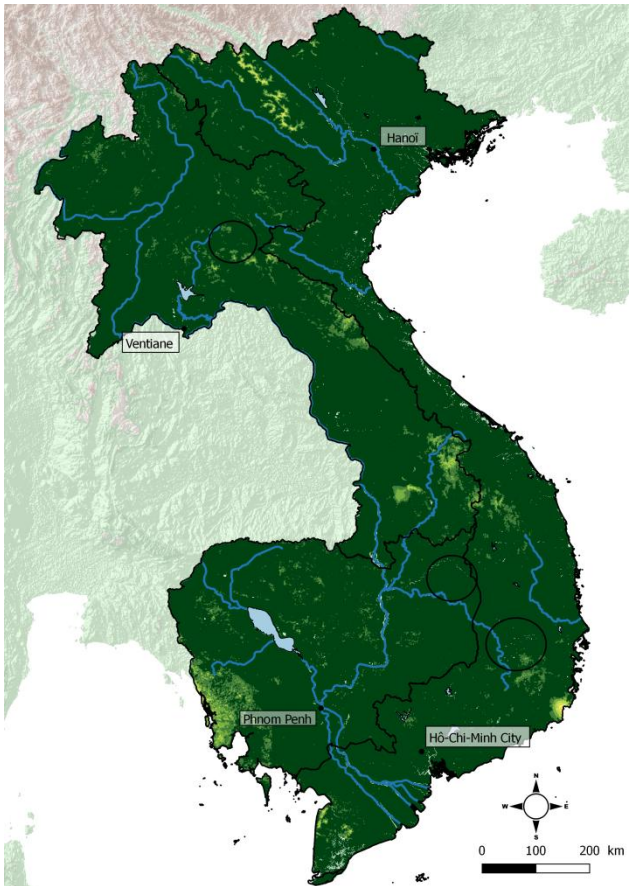
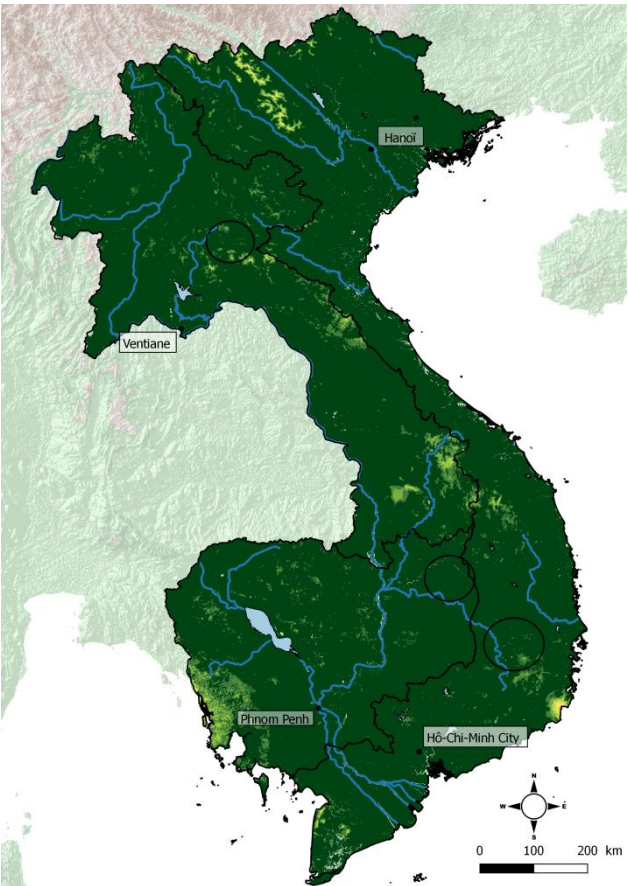
10. *Desmodium cinerea*



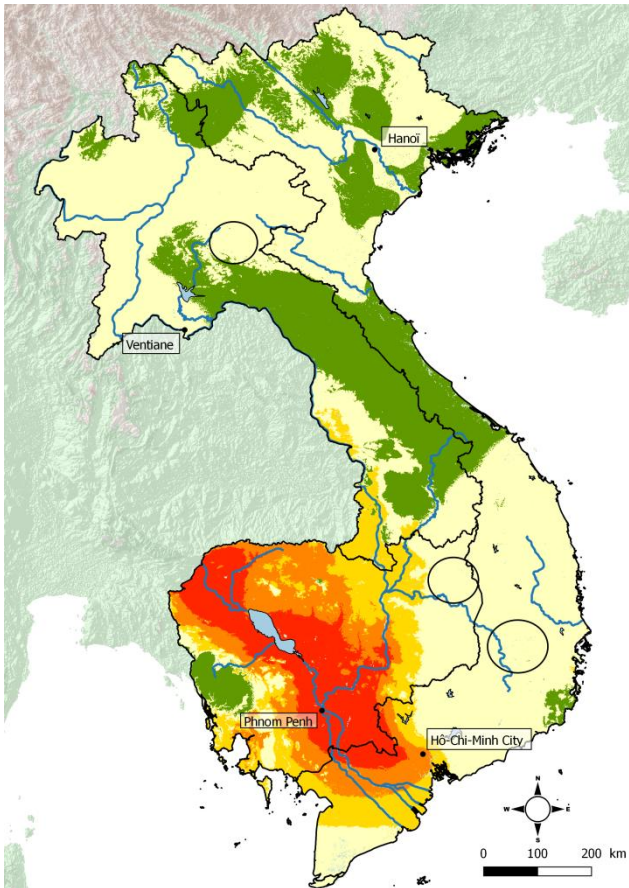
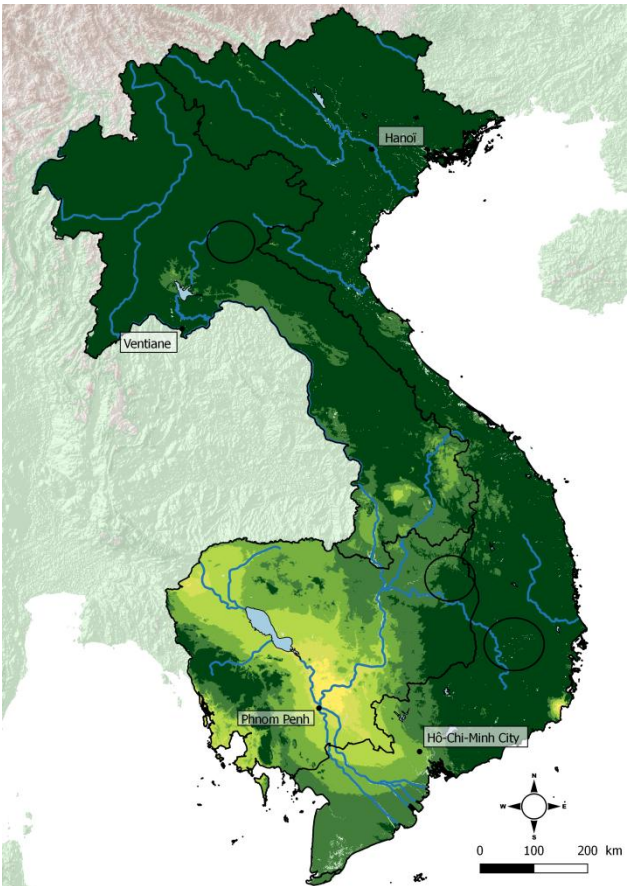
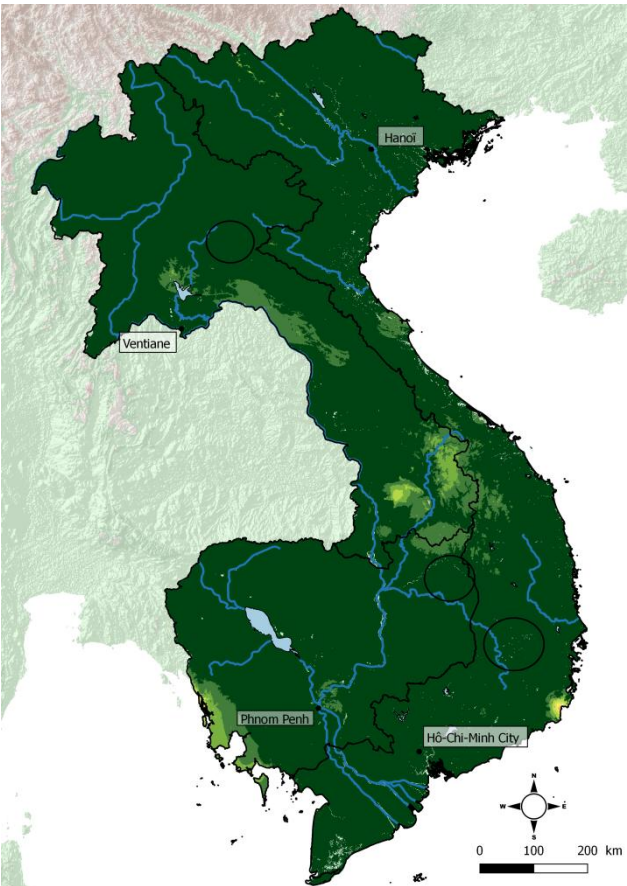
11. *Gliricidia sepium*



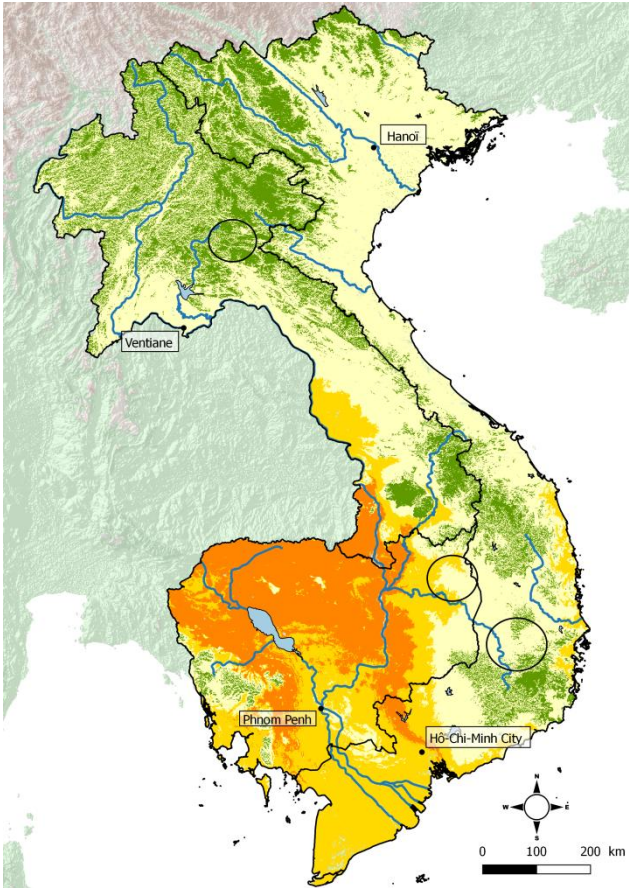
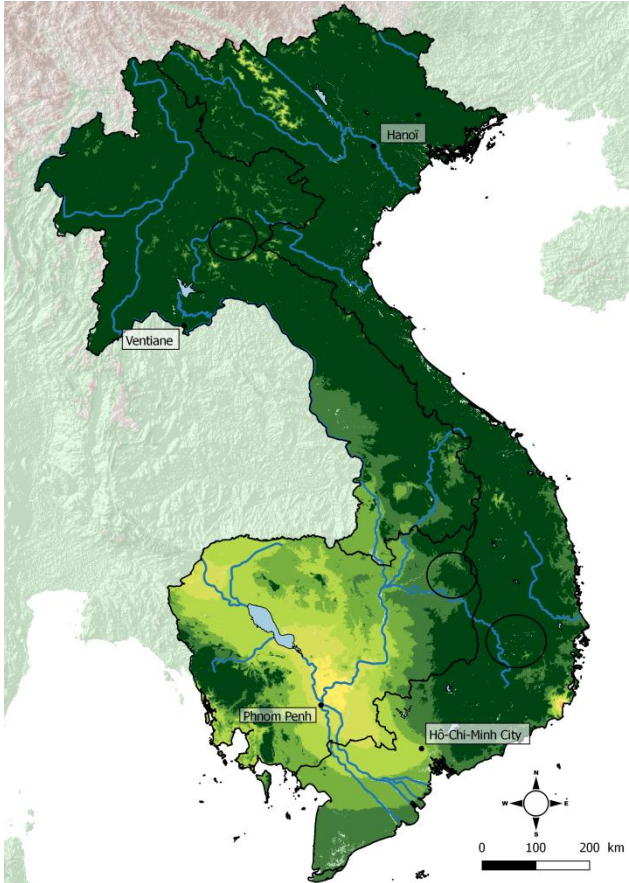
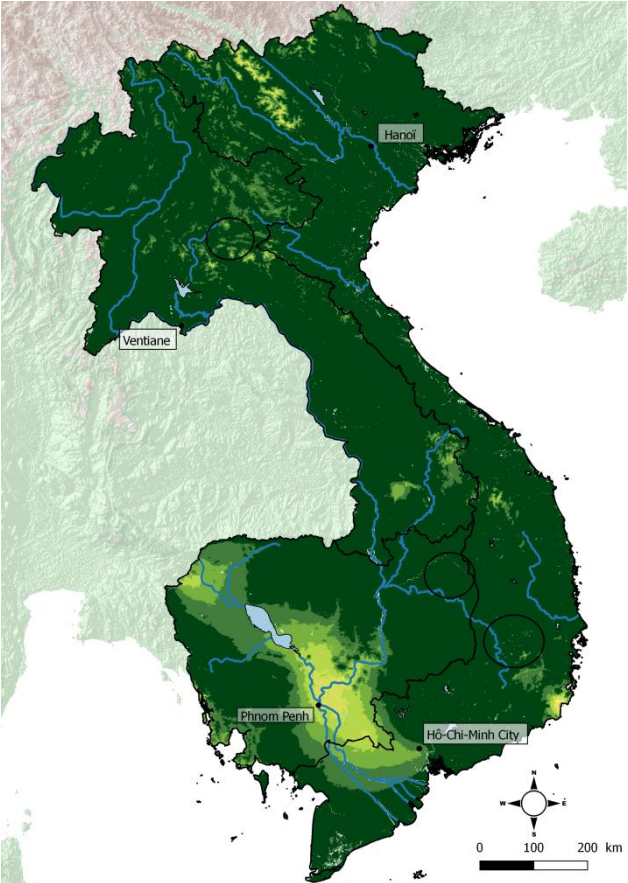
12. *Leucaena leucocephala*



13. Panicum maximum



14. Paspalum atratum



15. *Stylosanthes guianensis*

