

DYNAMIQUE DES SOCIO-ECOSYSTEMES AU NORD BENIN : UNE APPROCHE PAR LES SYNDROMES DE VULNERABILITE

Jean Etienne BIDOU (LAM)

Isabelle DROY (IRD – UMI Résiliences)

Rodrigue HOUESSE (Univ. de Paris, LIED, école doctorale 624)

Catherine MERING (Univ. de Paris, LIED)



**VULNÉRABILITÉ
& RÉSILIENCE**

13-15 NOVEMBRE 2019

**Communication au Colloque « Vulnérabilité et Résilience dans
le renouvellement des approches du développement et de
l'environnement » (vr2019), Université de Versailles Saint
Quentin-en-Yvelines (UVSQ)**

vr2019.sciencesconf.org

www.cemotev.uvsq.fr / cemotev@uvsq.fr

Thématique 6 : Modèles, concepts et mesures

Colloque « *Vulnérabilité et Résilience dans le renouvellement des approches du développement et de l'environnement* » (Versailles Saint-Quentin en Yvelines, France - 13-15 nov. 2019)

Dynamique des socio-écosystèmes au Nord Bénin : une approche par les syndromes de vulnérabilité

Jean Etienne **Bidou** (LAM), Isabelle **Droy** (IRD-UMI Résiliences), Rodrigue **Houéssé** (Université de Paris, LIED, école doctorale 624), Catherine **Mering** (Université de Paris, LIED)

Version provisoire (complément d'analyse en cours)

Depuis plusieurs décennies, les discussions sur le nexus population/environnement ont opposé malthusiens et populationnistes dans des argumentaires opposés (Picouet *et al.*, 2004) ; ces deux théories font du rapport population / ressource le moteur des dynamiques agraires, mais se révèlent limitées à prendre en compte non seulement les spécificités sociales, écologiques et économiques dans des configurations locales et historiques données, mais également les processus politiques, économiques et sociaux globaux qui se déploient à des échelles régionales, nationales et internationales et qui pèsent lourdement sur les trajectoires locales. L'absence de consensus sur les effets croisés des dynamiques des populations humaines et des écosystèmes peut être perçue comme la cause ou la

Figure 1 : Carte des départements du Bénin



conséquence du paradigme de la complexité qui caractérise ces socio-écosystèmes. Elle est aussi la conséquence du flou qui règne sur les phénomènes à décrire, sur leur temporalité, leur spatialité. Cette étude conduite au Bénin a pour objectif de contribuer au débat sur les méthodes permettant d'appréhender la complexité de ces différentes interactions.

Le Bénin, pays qui s'étire du Golfe de Guinée au sud à la région soudano-sahélienne au nord, est marqué par de fortes inégalités spatiales de développement entre la zone côtière et les quatre départements du nord du pays (Donga, Borgou, Atacora, Alibori) (fig. 1). Au sud, le niveau de formation et les conditions de vie se sont améliorées ces dernières décennies et la transition démographique est engagée. Par contre, dans le nord, les progrès sont beaucoup plus lents, la pauvreté multidimensionnelle reste importante tout comme la croissance de la population qui est soutenue par un indice de fécondité des femmes élevé. Or, la déstabilisation des pays frontaliers (Burkina-Faso, Niger et Nigéria), confrontés à l'expansion des différents mouvements terroristes, ajoute un risque supplémentaire d'aggravation de la situation socioéconomique.

Source : INSAE et ICF (2019)

Sur les cinquante dernières années, cette région a connu de nombreuses transformations économiques, socio- démographiques, mais aussi environnementales avec un recul apparent de la couverture végétale ligneuse.

Dans cette étude, nous nous interrogeons sur les interactions entre ces différentes dimensions que l'on se propose d'analyser conjointement, afin de mettre en lumière leurs articulations.

Une démarche systémique est essentielle pour appréhender la complexité des interactions climatiques, démographiques et socio-économiques qui caractérisent la région : sécheresse des années 1970 et 1980, croissance de la population, désenclavement, essor puis déclin de cultures non-alimentaires, changement de régime politique qui passe d'une économie étatisée au libéralisme dans les années 1990. Ces interactions se produisent à des échelles successives et sur différents pas de temps. Il est alors possible de dégager des trajectoires spécifiques de certains espaces (Scouart et Lambin, 2016).

L'approche des "syndromes de vulnérabilité" (Petschel-Held *et al.* 1999) que nous mobilisons ici met en évidence des séquences causales typiques, à l'oeuvre dans le système socio-écologique du niveau local au niveau global.

Dans un premier temps, nous présentons l'approche conceptuelle mobilisée pour cette étude, suivie en seconde partie par une présentation des jeux de données collectés et traités, afin de dégager une typologie de trajectoires. Dans un troisième temps, nous présentons trois syndromes de vulnérabilité que nous avons pu mettre en évidence à travers cette analyse.

1. Une approche systémique de la vulnérabilité

1.1 L'approche socio-écosystémique, un outil pour saisir la complexité

L'approche systémique s'est développée tout au long de la seconde moitié du XXème siècle, liée à la prise de conscience par les scientifiques de la nécessité d'élaborer une science qui puisse prendre en compte la complexité des phénomènes qui nous entourent, en dépassant des approches analytiques disciplinaires, qui peinent à l'appréhender. L'objectif est de faire une synthèse à un niveau théorique, des lois qui fondent la science des systèmes, décrivant leur structure et leur dynamique (Cambien, 2008). L'approche systémique est désormais mobilisée pour étudier les phénomènes environnementaux complexes qui se manifestent à une échelle globale : changements climatiques, dégradation des sols, perte de la biodiversité.

Au-delà de relations hommes-milieus, dont l'étude a été particulièrement approfondie par les géographes, l'approche par les systèmes socio-écologiques permet d'étudier le couplage des relations homme-nature à différentes échelles à travers plusieurs disciplines (Liu *et al.*, 2007) : l'homme n'était plus considéré comme en dehors du système naturel, mais une composante active de celui-ci. Par ce changement de perspective, on peut décrire les interactions entre les diverses composantes du système socio-écologique, les effets de rétro-actions et de bouclage et leurs conséquences en termes de changement de l'équilibre dynamique du système, comme par exemple liés au changement d'occupation du sol, à l'évolution de la population ou l'état de la biodiversité. Un cadre d'analyse spatial et temporel des systèmes socio-écologiques (RASE *regional analysis of socialecological systems*) a été développé dès le début des années 2000 et amélioré par la suite, permettant d'appliquer ces concepts à des études de cas (Bourgeron *et al.*, 2009) et de mettre en place des dispositifs de suivi comme les Observatoires Hommes-Milieu (Lagadeuc et Chenorkian, 2009).

1.2 Vulnérabilité des socio-écosystèmes

Les approches de la vulnérabilité des populations à un choc ou un aléa, d'origine climatique, économique ou socio-politique se sont elles-mêmes beaucoup enrichies avec l'apport de la systémique en intégrant la complexité, permettant de prendre en compte les changements d'échelle et les dimensions sociales, politiques et parfois historiques qui caractérisent les vulnérabilités d'un groupe ou d'un pays (Bidou et Droy, 2013 ; Becerra et Peltier, 2009).

Ce renouvellement des approches a conduit à revoir le cadre de la description de l'aléa lui-même et de ses conséquences (comme un cyclone, une sécheresse, une crise économique), pour élargir la réflexion à la compréhension des conditions dans lesquelles la société elle-même produit la fragilité face à un choc, et comment elle y répond par des stratégies de sécurisation des conditions de vie, avant ou après le ou les chocs et comment se construisent les processus de résilience. Ainsi, l'approche de Wisner *et al.* (2004) appréhende la vulnérabilité comme l'ensemble des caractéristiques et de la situation d'une entité sociale (personne, ménage, groupe social, institution) qui influencent leurs capacités à anticiper, faire face, résister ou se rétablir après l'impact d'un aléa.

Analyser conjointement la vulnérabilité sociale et celle des écosystèmes tout comme leur résilience, est particulièrement complexe : il faut alors analyser les processus de changement affectant les différentes composantes du système sous l'effet d'une perturbation interne ou externe (Folke, 2016). Quatre dimensions sont fondamentales pour décrire ces processus : le système lui-même ; les aléas auquel il est exposé, les enjeux face à ces aléas, et les pas de temps. Plusieurs cadres d'analyse ont été développés, avec des accents mis plutôt sur les dimensions environnementales ou socio-économique (Binder *et al.* 2013). Par exemple, le modèle de Turner *et al.* (2003) permet de visualiser les enchâssements et les interrelations, en prenant compte les différentes échelles du risque, du niveau local au niveau mondial et en différenciant divers pas de temps, de la saisonnalité aux tendances de long terme en introduisant par exemple l'impact des politiques économiques (dérégulation des marchés, globalisation des échanges), des choix socio-techniques (artificialisation de l'agriculture), les évolutions des structures juridiques ou du contexte institutionnel sur l'évolution des socioécosystèmes.

1.3 L'approche par les syndromes de vulnérabilité

Pour appréhender ces phénomènes complexes, l'approche par les « syndromes du changement global » (Lüdeke, *et al.*, 2004) permet de caractériser les relations société-nature à travers les phénomènes de dégradation des terres en mettant en évidence des synergies entre facteurs de niveau différent du local au global. L'objectif est de dégager des situations caractéristiques et comparables à l'échelle globale, afin de sortir des études sectorielles et localisées. Le recours à la modélisation avec des variables socio-économiques (dont les variables liées aux taux de pauvreté, à la malnutrition, au niveau de formation), des variables biophysiques et climatiques, qualitatives et quantitatives, permet de repérer les itinéraires de non-soutenabilité et les principaux facteurs de prédisposition. On peut distinguer ainsi des archétypes d'interactions entre activités humaines et environnement ayant abouti à une dégradation des terres, dont on retrouve des manifestations dans différentes parties du monde et à différentes époques, c'est-à-dire qu'ils peuvent varier dans l'espace et dans le temps. Par exemple, le « syndrome du Sahel » met en évidence les liens entre la pauvreté et la dégradation des ressources (sol et couverture végétale) dans une spirale descendante sur les zones marginales en l'absence d'opportunités d'activités alternatives et de déficience des services publics. Le « syndrome de la révolution verte » correspond quant à lui à un modèle destiné à augmenter la production alimentaire dans les pays en développement (et donc réduire la faim et la malnutrition) conduisant à une

dégradation environnementale et une augmentation des inégalités par l'introduction de techniques inadaptées au milieu. Plusieurs des archétypes de syndrome mettent en évidence le rôle des modèles technico-économiques (comme l'agro-industrie tournée vers l'exportation) ou la dérégulation des marchés agricoles dans la dégradation des terres, dont la pauvreté est une conséquence et non une cause. De même, les orientations politiques et institutionnelles dans les régulations foncières sont aussi identifiées comme facteurs contribuant à la dégradation des terres : absence de sécurisation foncière pour les petits agriculteurs, attribution des terres à des investisseurs étrangers, ou politiques du foncier pastorales inadéquates.

2. Transformation des écosystèmes et évolutions démographiques au nord du Bénin

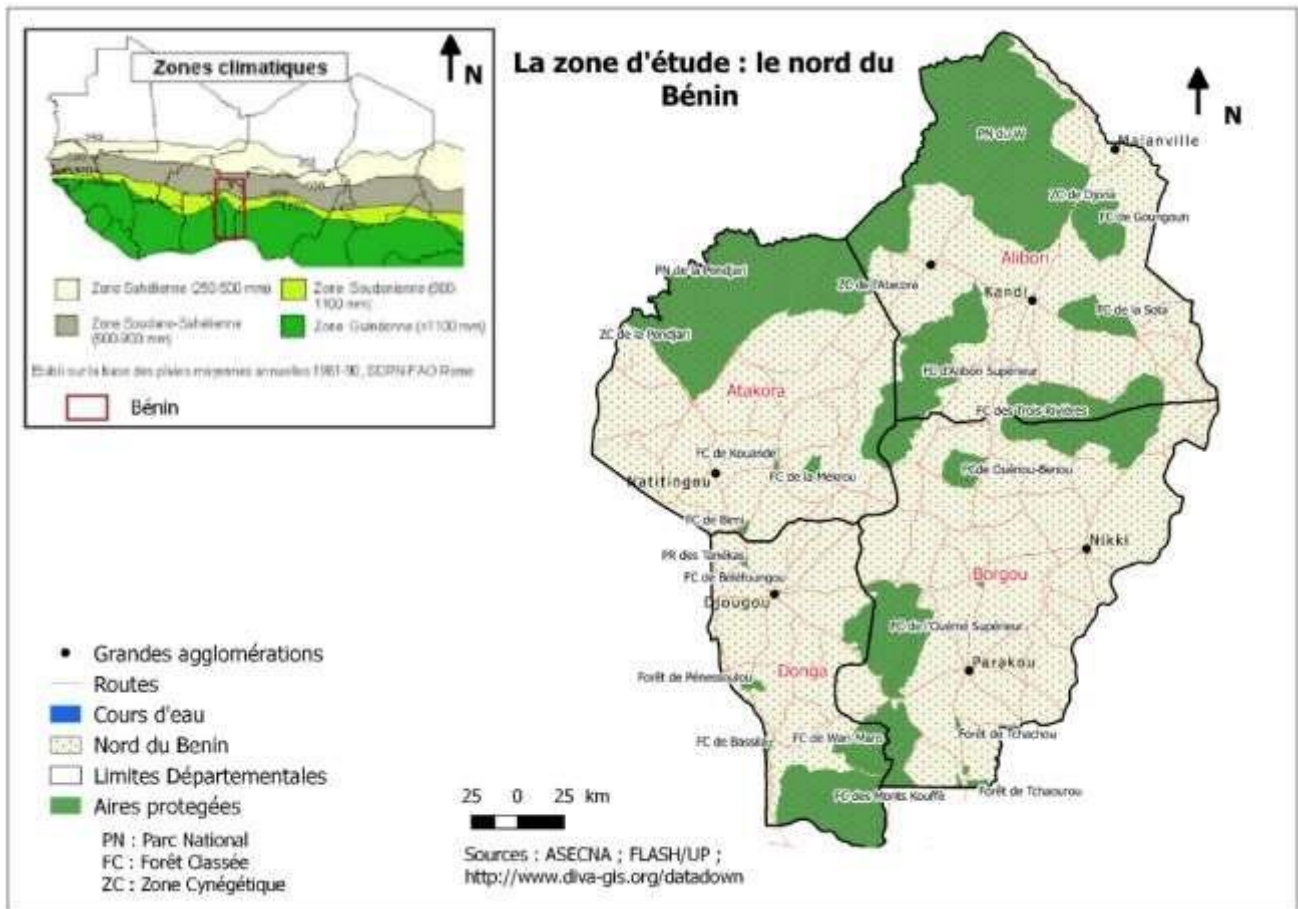
Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à la dynamique de transformations des socio-écosystèmes du nord du Bénin depuis environ un demi-siècle, présentée dans la figure 2. Cette zone présente aussi une particularité intéressante pour notre étude avec plusieurs aires protégées, datant souvent de la période coloniale : ces sites sont, en principe, préservés de l'expansion de l'agriculture (en vert sur la carte). Elle a bénéficié depuis quelques décennies, d'un fort développement des axes routiers permettant le désenclavement des régions les plus reculées (en rouge sur la carte).

2.1 L'accès aux données : une diversification croissante avec de nouveaux domaines couverts

Pour étudier les articulations entre les dynamiques des écosystèmes (à travers l'évolution du couvert végétal essentiellement) et les dynamiques de population, il faut disposer de données aux échelles les plus fines possibles. Or, l'accès à l'information s'avère complexe dès lors qu'on souhaite mener des analyses temporelles. Les évolutions techniques (notamment la télédétection), qui permet de suivre l'évolution du couvert végétal, sont relativement récentes et leur accès aisé (c'est-à-dire gratuit ou peu onéreux) l'est encore plus.

Les recensements de population sont certes parfois anciens (datant parfois de la période coloniale), mais les enquêtes démographiques et de santé, qui permettent le suivi d'indicateurs de développement à une échelle nationale, sont disponibles depuis le milieu des années 1990, tout comme les enquêtes sur la pauvreté, sur des pas de temps pluriannuels, ce qui contraint bien sûr l'analyse à se caler sur ces périodes. De la même façon, les données socio-démographiques sont recueillies à des échelles administratives (villages, communes, département) mais ne sont parfois disponibles qu'au seul niveau du département pour des raisons de représentativité.

Figure 2. Zone d'étude : départements de la Donga, du Borgou, de Atakora et de l'Alibori



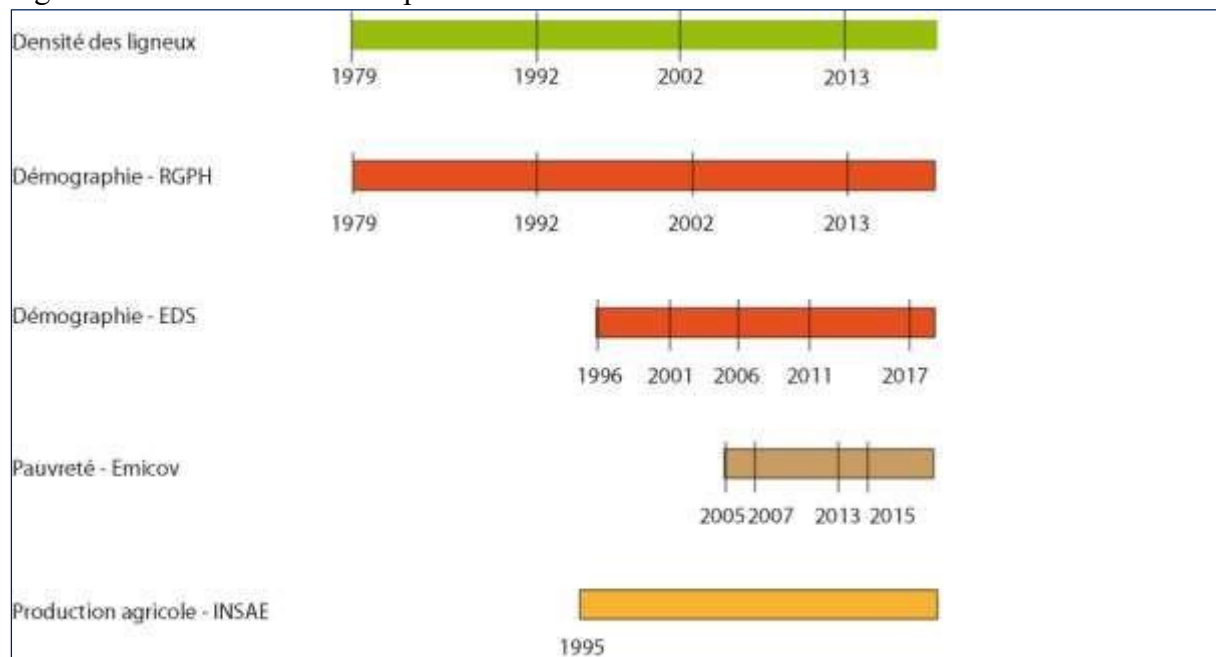
Notre analyse a mobilisé les jeux de donnée suivants :

*L'évolution de la couverture végétale et de l'occupation du sol sont suivies par l'analyse des images satellites Landsat disponibles sur l'ensemble du nord Bénin. Ces images sont choisies au cours de la saison sèche (en décembre) dans des conditions assez bonnes pour réduire les effets atmosphériques comme la couverture nuageuse et mettre en évidence les contrastes radiométriques entre les différentes catégories d'occupation du sol et permettre de classer la couverture ligneuse par densité.

*Les données de population utilisées sont celles des quatre recensements généraux de la population et de l'habitat (1979, 1992, 2002 et 2013) qui sont de très bonne qualité au Bénin. L'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique (INSAE) fournit l'accès aux données de population jusqu'au niveau du découpage administratif le plus fin qu'est le village et le quartier de ville. Suivant les recensements, des informations sur la taille des ménages, la structure par sexe, par grands groupes d'âge, par activités (ménages agricoles/tous ménages), ainsi que sur les infrastructures peuvent être données au niveau du département, de la commune ou du village¹, qui est une entité administrative de quelques kilomètres carrés.

¹ Les divisions administratives ont été modifiées lors de la réforme de 1999. Depuis cette date, le Bénin compte 12 départements ; ces départements sont divisés en 77 communes dont trois à statut particulier que sont : Cotonou, Porto Novo et Parakou. Les 77 communes sont subdivisées en 546 arrondissements comportant 3743 villages et quartiers de ville. La stabilité ou la correspondance des limites entre entités permet de faire les comparaisons d'une période à l'autre.

Figure 3. Données mobilisées pour l'étude



*Les Enquêtes Démographie et Santé (EDS) sont réalisées tous les 5 ans depuis le milieu des années 1990 : 1996, 2001, 2006, 2011, 2018. Ces enquêtes permettent notamment un suivi de la malnutrition chronique infantile et de la mortalité infanto-juvénile (décès des enfants de moins de 5 ans). Les données mobilisées permettent une analyse fine à l'échelle des communes et/ou des arrondissements.

* La production agricole, les surfaces cultivées et les rendements par grands types de culture sont donnés par année depuis 1995. Ces données statistiques sont toutefois à manipuler avec précaution, compte tenu des incertitudes sur leurs conditions de collecte, mais les grands agrégats fournissent des tendances pertinentes.

* Des données sur la pauvreté monétaire et non monétaires sont fournies par les 5 enquêtes nationales réalisées depuis 2006 (2006, 2007, 2010, 2011 et 2015). Depuis 2010, cette opération s'intitule « Enquête Modulaire Intégrée sur les Conditions de Vie des Ménages » (EMICoV).

* Des données sur la vulnérabilité et la sécurité alimentaire en 2008 et 2013 (AGVSA Analyse Globale de la vulnérabilité et de la sécurité alimentaire).

2.2 Une dégradation de l'écosystème observée à travers la couverture ligneuse

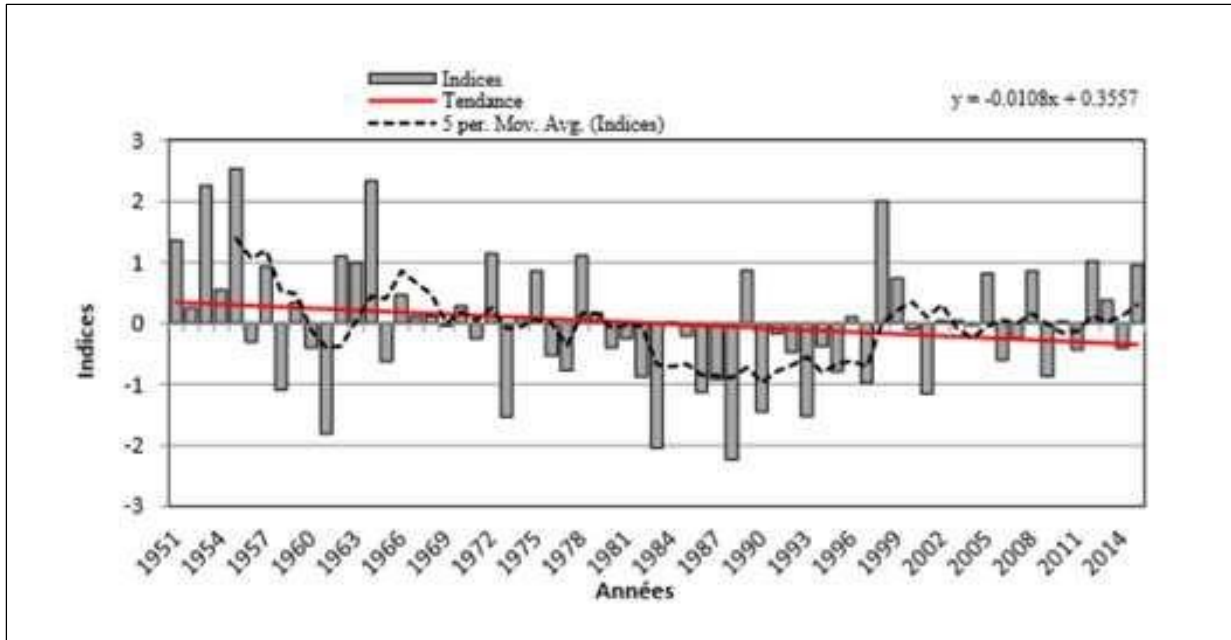
L'évolution de la couverture ligneuse peut être utilisée comme un proxy de l'évolution de l'écosystème ; la diminution du couvert végétal et arboré ayant aussi des impacts sur la biodiversité ainsi que sur d'autres paramètres biophysiques (régulation hydrique, stockage du carbone etc.).

Nous avons étudié cette évolution sur quatre décennies, de 1979 à 2018, à travers l'analyse de l'occupation du sol, réalisée à partir d'images satellitaires (images Landsat)². Le démarrage de cette période correspond au pic des grandes sécheresses qui ont frappé l'Afrique de l'Ouest, et surtout la zone sahélienne et sahélo-soudanienne du milieu des années 1970 au milieu des années 1980 (1987 étant l'année la plus sèche), avant la reprise des pluies depuis le milieu des années 1990, marquée

² Pour une présentation détaillée de la méthodologie, voir annexe 1.

cependant par des irrégularités (fig.4), mais permettant une reprise de la végétation (appelée reverdissement).

Figure 4. Variabilité interannuelle des précipitation annuelles (1951-2015) à la station de Kandi (Bénin)



Source Asescna , 2016

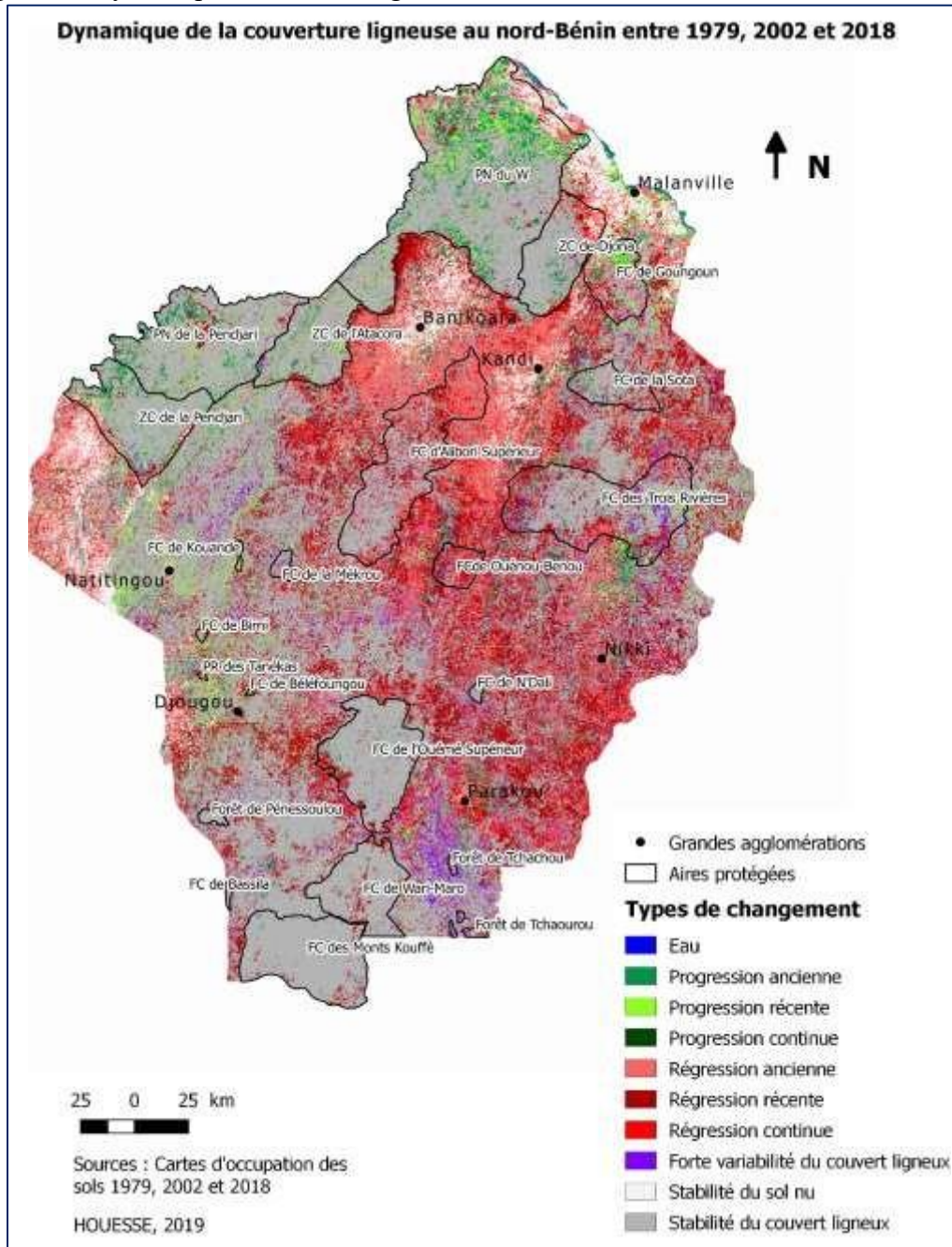
La cartographie de l’occupation du sol a permis de distinguer plusieurs classes de densité de la couverture végétale allant du sol nu à la forêt dense : sol nu, végétation très ouverte, savane ouverte, savane dense, forêt, brûlis. Une fois ces classes définies, elles ont été appliquées sur les images étudiées, puis les comparaisons entre images ont permis de mesurer les évolutions entre 1979, 2002 et 2018.

La figure 5 présente la cartographie des dynamiques de l’occupation du sol. L’observation des zones protégées permet en quelque sorte, d’isoler le facteur climatique, qui en principe est le seul déterminant de leur évolution si elles restent réellement préservées des défrichements par une gouvernance efficace. Ces zones sont nombreuses dans le nord Bénin du fait du faible peuplement ancien : forêts classées, parcs nationaux, zones cynégétiques couvrent un tiers de la superficie de la zone étudiée. Dans les aires protégées, on constate une certaine stabilité, voire une progression de la couverture ligneuse, en dépit d’un mitage révélateur de l’expansion des activités agricoles dans les forêts classées, mais aussi dans les parcs nationaux. On peut donc parler de reverdissement, ici, plus sensible dans le nord que dans le sud, ou la végétation protégée est plutôt stable.

Mais ailleurs, de façon générale, la couverture ligneuse diminue progressivement depuis environ quarante ans au profit des espaces très ouverts que sont les sols nus et la végétation très ouverte. Les dynamiques de régression sont différentes dans les zones agricoles, avec une dégradation plus ou moins ancienne, jusqu’à la stabilité du sol nu. Mais apparaissent aussi nettement des régressions récentes sur des zones nouvellement défrichées, entre 2002 et 2018. Cette régression est clairement d’origine anthropique, alors même que les conditions climatiques se sont nettement améliorées et ont permis une reprise de la végétation comme on peut le voir dans les zones protégées.

Cette transformation de l'écosystème est à mettre en regard avec la forte croissance démographique de la région ces dernières décennies et l'extension des activités agricoles, marquées par des dynamiques spatio-temporelles que nous essayons de caractériser dans ce travail.

Figure 5. Dynamique du couvert ligneux entre 1997, 2002 et 2018



- *Progression ancienne* : progression du couvert végétal observée entre 1979 et 2002 et qui est ensuite restée stable durant la période suivante
- *Progression récente* : progression du couvert végétal observée entre 2002 et 2018 et stabilité au cours de la période précédente
- *Progression continue* : progression du couvert végétal au cours des deux périodes
- *Régression ancienne* : régression du couvert végétal entre 1979 et 2002 suivie d'une stabilité pendant la période récente
- *Régression récente* : régression du couvert végétal observée entre 2002 et 2018 et stabilité au cours de la période précédente
- *Régression continue* : régression du couvert végétal au cours des deux périodes
- *Forte variabilité du couvert ligneux* : surfaces marquées par une alternance entre progression ou régression

- *Stabilité des sols nus ou très peu végétalisés*
- *Stabilité du couvert ligneux*

2.3 Une forte croissance démographique

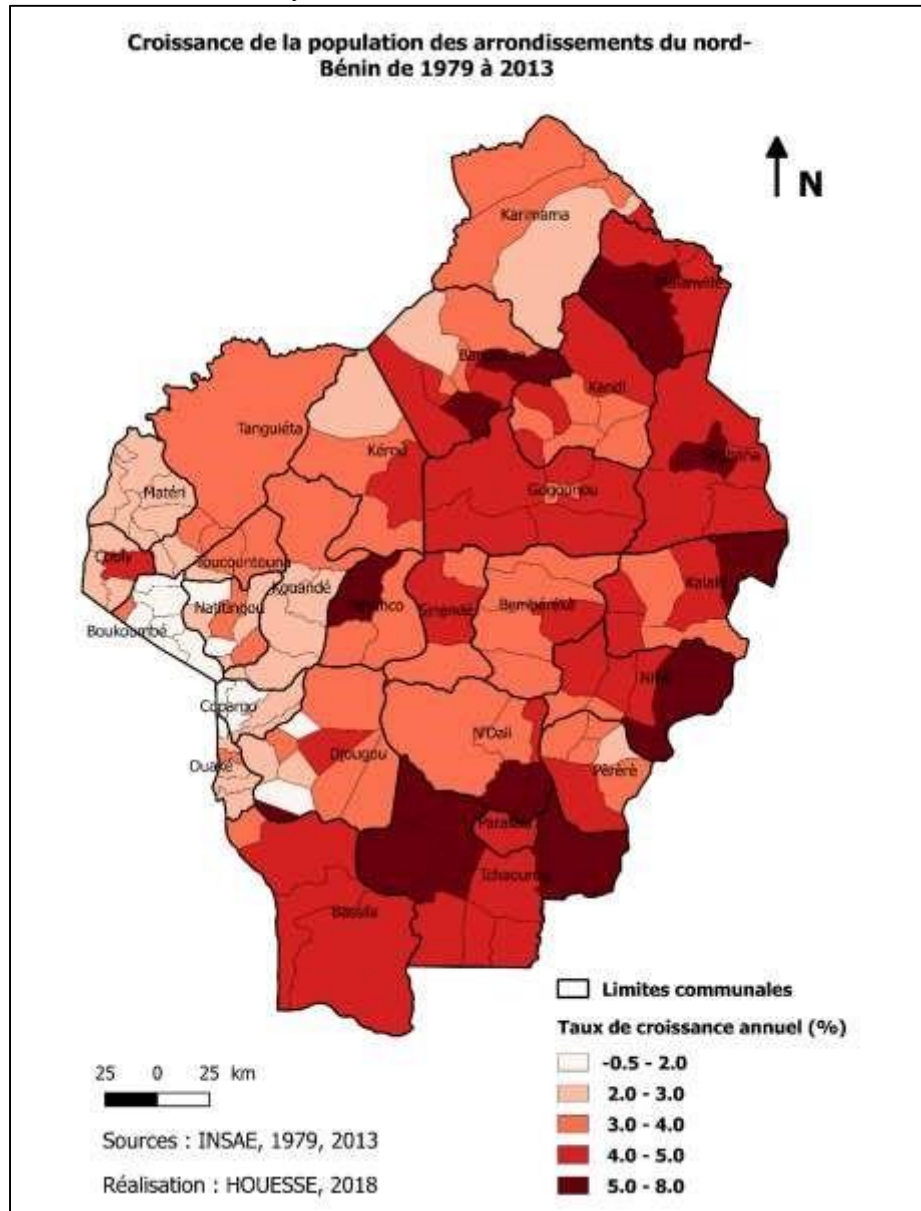
L'évolution de la répartition de la population est une clé de compréhension importante. Comme dans d'autres pays d'Afrique de l'Ouest, elle se caractérise par des foyers de peuplement de taille variée, souvent petits, et ayant longtemps été séparés par des espaces de faibles densités. Centrés sur une ville ou un bourg rural, ils sont entourés par des terroirs agricoles souvent occupés depuis plusieurs siècles tandis que sous l'effet de la croissance de la population se développent à la périphérie des fronts pionniers gagnant aux dépens des savanes et des forêts sèches.

Ces foyers de population (environ une vingtaine au nord du Bénin, soit en gros le nombre de communes actuelles) peuvent être appréhendés comme des systèmes socio-écologiques caractérisés par un certain nombre de leurs éléments: la population et sa structure, le niveau des équipements communautaires (scolaires, de santé, commerciaux), les fonctions de leurs chef lieux, les caractères du climat et de l'occupation des sols (forêts sèches, zones humides, parcs agroforestiers, champs nus) (Bidou *et al.*, 2018). Ce sont aussi des bassins agricoles et cette fonction peut être décrite par leur production vivrière, mais aussi de rente, puisque le coton constitue une part importante de l'activité dans certaines régions.

D'après le recensement de mai 2013, le Bénin comptait alors un peu plus de 10 millions d'habitants. La population a été multipliée par 5 depuis l'Indépendance, quand les enquêtes démographiques de 1961 estimaient la population à 2,16 millions d'habitants. Les quatre départements du nord du pays, Alibori, Borgou, Atakora et Donga, ont connu un accroissement particulièrement rapide depuis 1961, passant de 618 000 à 3,4 millions d'habitants ; cette croissance déjà spectaculaire s'accélère depuis un demi-siècle. Si on ne considère que ces départements, le taux de croissance naturel était mesuré à 1,9% en 1961 ; depuis, il n'a cessé de croître, comme le montre la figure 3, qui illustre par arrondissement, la croissance annuelle moyenne de la population entre 1979 et 2013.

Sur la figure 6, on voit que la croissance de la population est relativement plus forte dans l'est et dans les zones forestières du sud de la zone d'étude. La population du nord-ouest anciennement peuplée a connu une croissance lente et modérée tandis que dans la partie sud (Bassila et Tchaourou) ou encore dans le nord-est et le long de la frontière nigériane, la population s'accroît à un rythme souvent supérieur à 4 % par an, ce qui est plus élevé que la moyenne nationale (3,25 % par an). Si à l'échelle régionale le maintien des taux de fécondité élevés et la baisse de la mortalité expliquent l'augmentation rapide de la population du nord-Bénin, d'autres raisons permettent également de mieux comprendre l'inégale croissance au sein de la zone d'étude. En effet le nord du Bénin, de par sa position géographique et sa disponibilité en terres cultivables, constitue depuis plusieurs décennies, un espace de destination des migrants agricoles. C'est ainsi que les paysans des régions densément peuplées du sud du Bénin et du nord-ouest (de l'Atakora) dont les terres sont dégradées participent depuis les années 1970 au processus de colonisation agricole dans les espaces forestiers situés entre Djougou, Bassila, Tchaourou et N'Dali (dans la partie sud de la zone d'étude). Certaines de ces migrations sont aussi le fait des politiques d'installation de petits paysans promues par l'Etat et les églises chrétiennes dans les années 1960-1970 (Doevenspeck, 2004).

Figure 6 : Croissance annuelle moyenne des arrondissements du nord-Bénin de 1979 à 2013



2.4 Facteurs politiques, institutionnels et sociaux

La transition démocratique et la libéralisation de l'économie du début des années 1990 constitue une perturbation qui a modifié le comportement du système, tant par la monétarisation de l'économie, la croissance des villes, l'accélération des flux migratoires ou le changement de gestion des aires protégées.

L'accroissement de la pauvreté au cours de ces dernières années dans les départements du nord et d'une façon générale au Bénin est corroboré par des enquêtes spécifiques comme l'enquête Emicov sur les conditions de vie des ménages (INSAE, 2016). Estimant la pauvreté monétaire, elle constate un repli particulièrement sensible des dépenses par tête des ménages, qui correspond à une baisse du niveau de vie entre 2011 et 2015. L'incidence de la pauvreté monétaire était de 42% dans l'Atakora et la Donga, 40% encore dans l'Alibori, partout en forte hausse par rapport à 2011. Dans la mesure où le

PIB national a augmenté durant cette période, l'augmentation de la pauvreté correspond à un accroissement des inégalités.

Les enquêtes menées dans le cadre de l'AGVSA (Analyse Globale de la vulnérabilité et de la sécurité alimentaire) montrent aussi que l'insécurité et la vulnérabilité alimentaire sont plus marquées dans le nord du pays. La part des communes ayant au moins 20% des ménages en insécurité alimentaire modérée ou sévère (score de l'AGVSA) dépasse 40% dans les départements étudiés (dont 6 communes sur 9 dans l'Atacora, avec le maximum à Boukoumbe où 43% des ménages sont en insécurité alimentaire sévère en 2013).

3. Identifier des types d'évolution

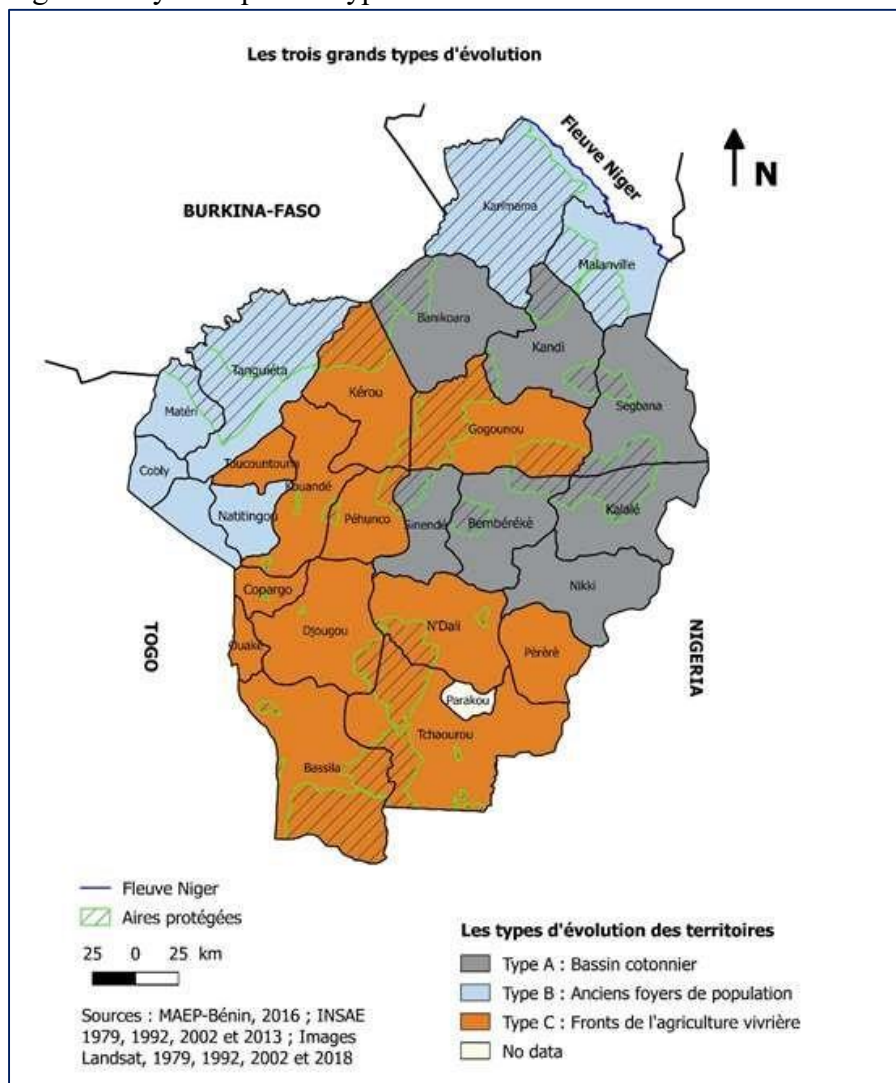
3.1 Une typologie à partir d'une analyse multivariée

Pour analyser la dynamique des socio-écosystèmes, qui sont par nature complexes, il est donc nécessaire d'articuler à l'échelle de la commune, des variables socio-démographiques, des variables de production agricole reflétant les systèmes agricoles et d'autres liées à l'évolution de l'écosystème. Pour cela, nous avons réalisé une analyse en composantes principales (ACP), qui nous permet de dégager des archétypes d'évolution.

Nous avons pris comme situation de référence l'année 1992. Du côté climatique, cette période correspond aussi à la sécheresse qui s'est étalée sur plusieurs années (cf fig.4). Du côté de la population, elle permet de prendre en compte la dynamique entre les deux recensements de 1979 et 1992 (taux de croissance intercensitaire) ainsi que les variables d'état en 1992 comme le sex-ratio ou la densité de population. Pour l'écosystème, nous avons pris le type principal de couverture végétale. Les systèmes agricoles sont approchés par la production agricole par tête de céréales (maïs, milsorgho), des tubercules (manioc-igname) et de coton.

L'ACP réalisée sur ces variables des 22 communes du nord du Bénin organise les variables selon un axe horizontal qui oppose les productions agricoles et un sex-ratio (ou rapport de masculinité) plutôt faibles sur le côté gauche à des productions agricoles et un sex-ratio élevés sur le côté droit (révélateur d'une émigration masculine) ; l'axe vertical est tiré vers le haut par la croissance démographique et la densité de population plus élevée (voir annexe 2). Trois types en ressortent : en cartographiant les communes selon ces types, on voit bien apparaître la logique spatiale de cette configuration : le type A correspond à la zone de culture de coton (bassin cotonnier), le type B à celui des anciens foyers de peuplement (nord –est, dans l'Atacora et nord de l'Alibori) et le type C illustre les fronts de l'agriculture vivrière. L'étape suivante de l'analyse a consisté à identifier les trajectoires d'évolution de ces types entre 1979 et 2018 (fig.7).

Figure 7. Dynamique des types de 1979 à 2018



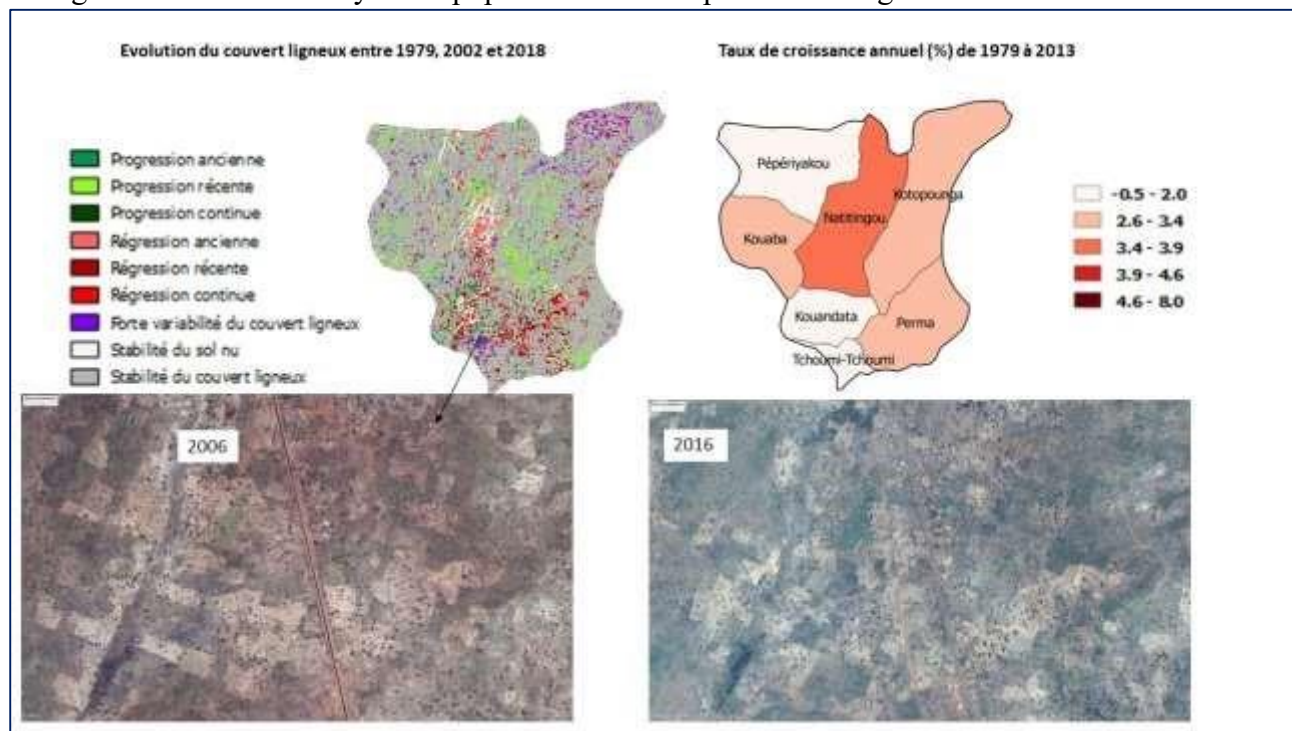
3.2 Les trajectoires d'évolution des types

* L'involution des foyers de peuplement (type B)

Ces anciens foyers de peuplement se trouvent dans 7 communes du nord-ouest du pays et de la vallée du Niger au nord. A l'indépendance du Bénin, on comptait déjà des densités de 50hab/km². Les conditions ago-écologiques ont rendu difficile une intensification de l'agriculture et la recherche de nouvelles terres agricoles a conduit à une émigration dès le milieu du XX^{ème} siècle. Sur la période étudiée, la production agricole stagne avec même une déprise et une stabilité du couvert ligneux. Les conditions sociales montrent un écart important avec la moyenne nationale : la malnutrition chronique infantile est élevée, tout comme la part de ménages en insécurité alimentaire.

L'étude de cas de la commune de Natitingou illustre cette situation (fig.8). Le taux de croissance démographique annuelle est plus faible que dans le reste du pays et l'occupation du sol montre essentiellement une stabilité voire une progression du couvert ligneux, avec des zones de dégradation circonscrites.

Figure 8. Les anciens foyers de population : l'exemple de Natitingou



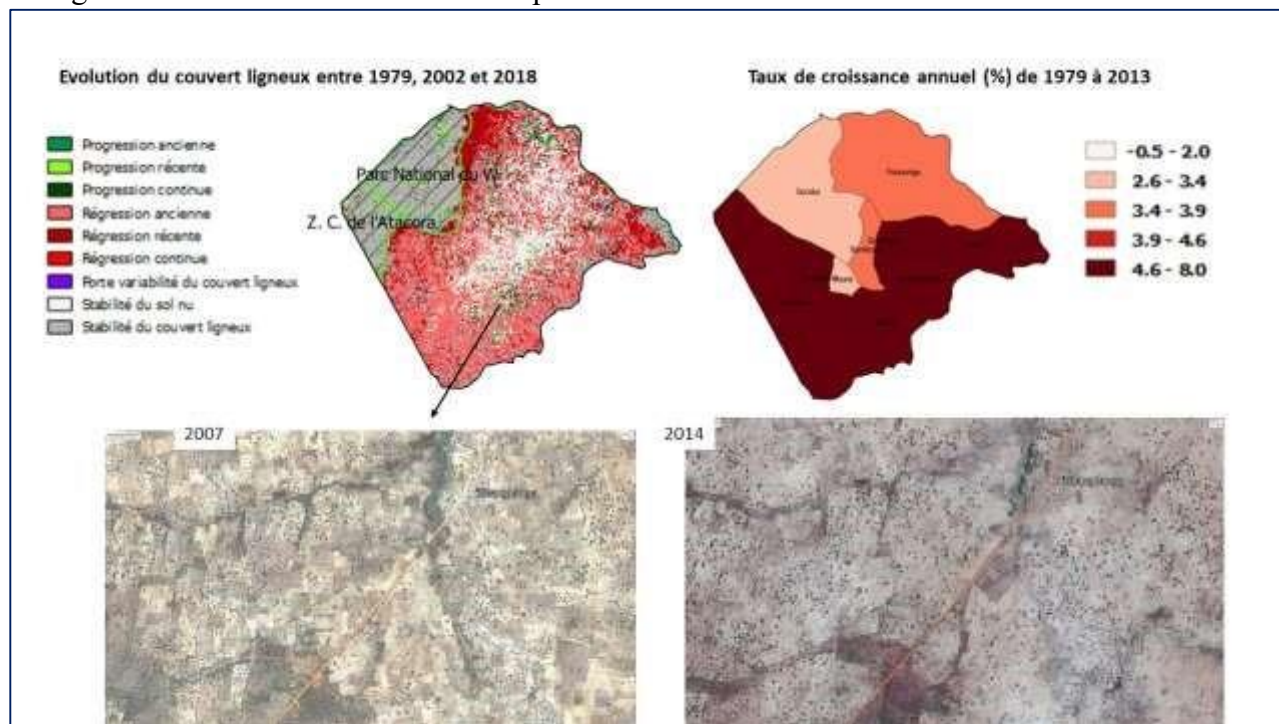
* Le bassin cotonnier : crise et rebond (type A)

Les 7 communes du bassin cotonnier (fig.7) sont celles où le taux de croissance de la population est particulièrement élevé, atteignant 4 à 4,5% par an et la dégradation du couvert végétal très importante sur la période donnée en raison des défrichements (fig.5 et 6). Comme dans d'autres pays d'Afrique de l'Ouest, le système est basé sur une alternance coton-céréales ; la différenciation sociale s'accroît avec le modèle d'intervention des sociétés cotonnières qui est, dès l'origine, basé sur une diffusion sélective dans des exploitations disposant de terres, d'une main d'œuvre nombreuse et si possible de bétail pour mettre en place la culture attelée. La production cotonnière a été en crise entre 2004 et 2010, en raison d'une baisse des prix sur le marché international et d'un quasi démantèlement de la filière, mais la reprise est nette depuis 2011. Bien que les cultures vivrières (céréales et tubercules) aient remplacé le coton durant la crise, leur production stagne depuis.

Les indicateurs sociaux (pauvreté, vulnérabilité alimentaire et malnutrition chronique infantile) sont préoccupants, illustrant une situation fréquente dans les zones cotonnières d'Afrique de l'Ouest.

Une illustration ce type en est donné ci-dessous avec l'exemple de la commune de Banikoara. Le nord-ouest de la commune est occupé par le parc national du W ; les bordures du parc ont subi d'intenses défrichements, comme dans d'autres zones de la commune (fig.9). Certaines zones de la commune connaissent des taux de croissance de la population compris entre 4,6 et 8%. D'après l'enquête AGVSA de 2013, 84% des ménages se situent dans les 2 quintiles les plus pauvres de l'indice de richesse.

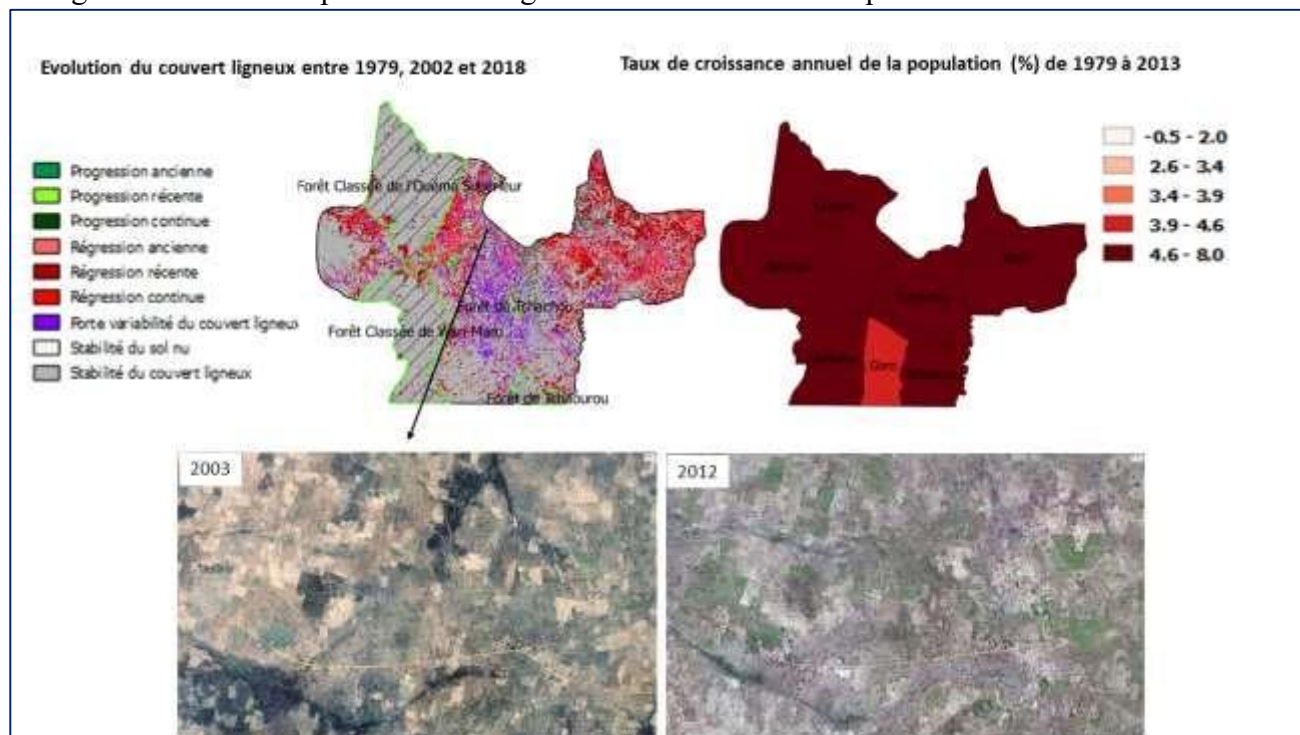
Figure 9. Le bassin cotonnier : l'exemple de Banikoara



* Les fronts de l'agriculture vivrière (type C)

Ce type est illustré par 12 communes. L'expansion du peuplement a démarré après 1992, les taux de croissance de la population sont en moyenne de 4,5%. Les défrichements pour l'agriculture sont rapides et un front vivrier semble se développer en arc à partir des communes du sud est de la zone, à la frontière du Nigéria. Les productions agricoles sont du vivrier marchand, destiné aux marchés locaux mais aussi au Nigéria voisin, dans le cadre d'échanges frontaliers dynamiques : igname, maïs et récemment du soja. Le coût écologique de ce front est élevé, y compris dans les forêts classées qui ne sont pas épargnées par la progression de l'agriculture, ce qui pose la question de la gouvernance de ces zones. On constate un mitage de la forêt sèche (comme la forêt d'Ouéné-Bénou) et de la savane dense à partir de hameaux et de petits centres.

Figure 10. Les fronts pionniers de l'agriculture vivrière : l'exemple de Tchaourou



Conclusion

En suivant les systèmes socio-écologiques du nord du Bénin sur un demi-siècle, il est possible d'identifier à partir d'analyses multivariés, des archétypes et leurs trajectoires, caractérisées par des fonctionnements particuliers. On est proche de la démarche des syndromes de vulnérabilité (PetschelHelt *et al.*, 1999) qui mettent en évidence des séquences causales typiques, à l'œuvre dans le système socio-écologique du niveau local au niveau global. La transition démocratique et la libéralisation de l'économie du début des années 1990 ont constitué également une perturbation qui a modifié le comportement du système, tant par la monétarisation de l'économie, la croissance des villes, l'accélération des flux migratoires ou le changement de gestion des aires protégées. On peut ainsi repérer des situations qui se retrouvent dans d'autres pays de la sous-région : syndrome des bassins cotonniers avec la crise cotonnière du milieu des années 2000 qui a fortement retenti sur les socio-écosystèmes, syndrome des foyers de forte émigration dans les bassins de peuplement ancien, ou syndrome des fronts pionniers qui se développent à des rythmes variés au cours de la période aux dépens de la forêt sèche et des savanes environnantes.

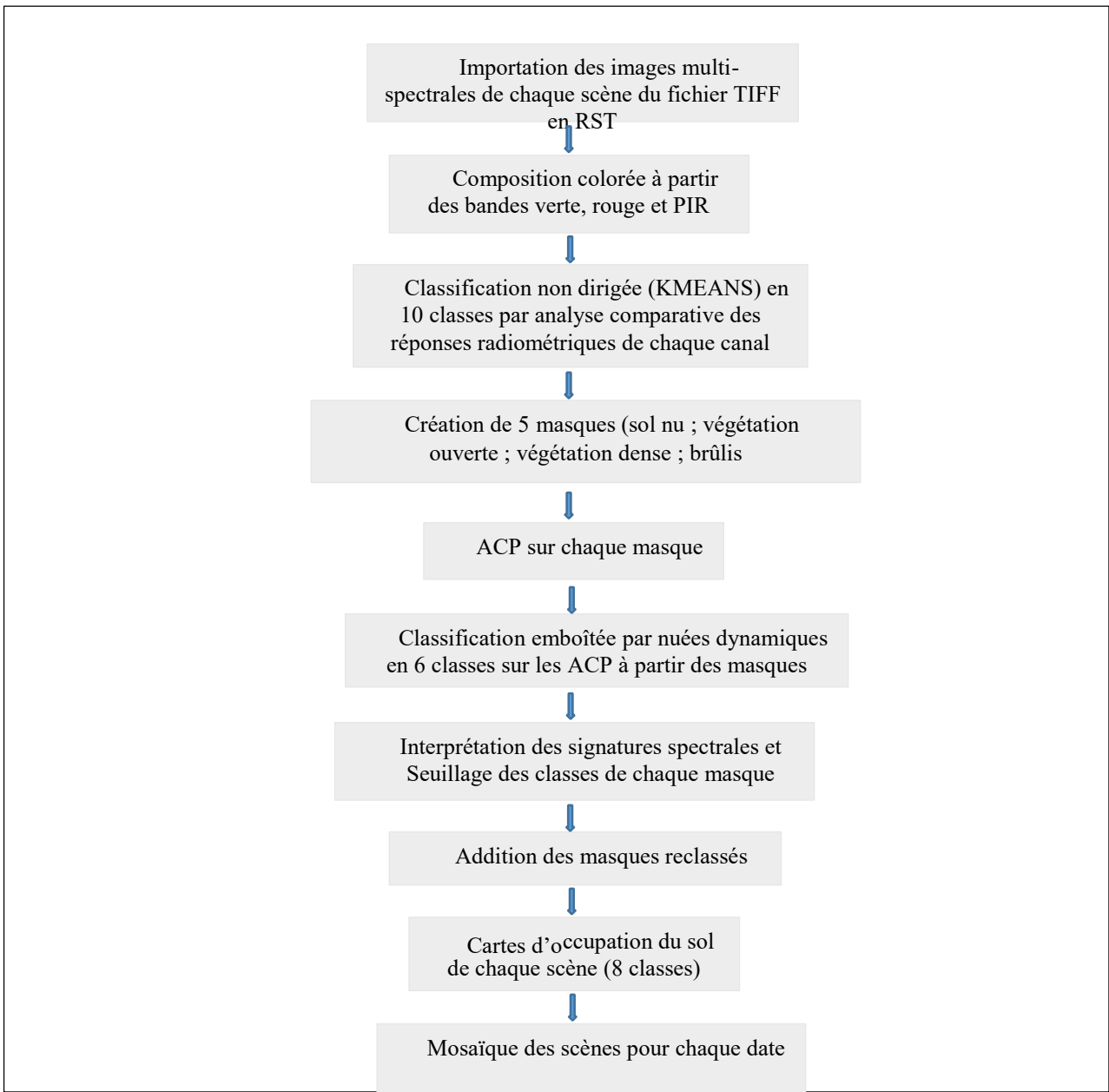
La croissance de la population, l'évolution de l'occupation du sol, la malnutrition sont certainement liées, mais de façon complexe et de nombreux travaux ont montré depuis une vingtaine d'années que l'évolution du couple environnement/société ne peut plus être envisagée à la seule mesure de la croissance démographique. Il existe de nombreux autres déterminants, et parmi ceux-ci les marchés mondiaux ou les politiques publiques qu'elles soient nationales ou engendrées par les organisations internationales. Pas plus qu'un autre espace, le nord du Bénin ne peut être étudié hors d'une perspective systémique.

Bibliographie

- BECERRA S., PELTIER A. (ed.) (2009) *Risques et environnement, recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés*, Paris, L'Harmattan, collection Sociologies et Environnement, 575 p.
- BIDOU J.E., DROY I. (2013) De la vulnérabilité individuelle aux syndromes de vulnérabilité : quelles mesures ? In : Gabas J.J. (ed.), Ribier V. (ed.), Vernières M. (ed.) *La mesure du développement : comment science et politique se conjuguent*. Revue Tiers Monde, (213), p. 123-142.
- BIDOU J-E, DROY I., HOUESSE R., MERING C. (2018) Dynamiques démographiques, vulnérabilité et évolution du couvert végétal au nord Bénin : des interactions complexes, *Espaces, Populations, Sociétés*, 2018/3-4.
- BINDER C. R., HINKEL J., BOTS P. , PAHL-WOSTL. (2013) Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems. *Ecology and Society* 18(4): 26.
- BOURGERON, P. S., HUMPHRIES, H. C., RIBOLI-SASCO, L. (2009) Regional analysis of socialecological systems. *Natures sciences sociétés*, 17(2), 185-193.
- CAMBIEN A. (2008) *Une introduction à l'approche systémique : appréhender la complexité*. [Rapport de recherche] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). 2008, 84 p.
- DOEVENSPECK M. (2004) Migrations rurales, accès au foncier et rapports interethniques au sud du Borgou, *Bénin.Africa Spectrum*, 39 3, pp. 359-380.
- FOLKE, C. (2016) Resilience (Republished). *Ecology and Society* 21(4):44.
- INSAE et PAM (2014) *Analyse Globale de la vulnérabilité et de la sécurité alimentaire 2013 (AGVSA)*.
- INSAE (2016) Enquête modulaire intégrée sur les conditions de vie des ménages -2ème ÉDITION (EMICoV-Suivi 2015) Note sur la pauvreté au Bénin en 2015, Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, Cotonou, Bénin.
- INSAE et ICF (2019) *Enquête Démographique et de Santé au Bénin, 2017-2018*. Cotonou, Bénin et Rockville, Maryland, USA : INSAE et ICF.
- LAGADEUC, Y., CHENORKIAN, R. (2009) Les systèmes socio-écologiques: vers une approche spatiale et temporelle. *Natures Sciences Sociétés*, 17(2), 194-196.
- LE MOIGNE J-L. (1977) *La Théorie du Système Général, Théorie de la Modélisation*, PUF (rééditions complétées en 1983, 1990, 1994, 2004 <http://archive.mcxapc.org/ouvrages.php?a=display&ID=48>).
- LIU et al. (2007) Complexity of Coupled Human and Natural Systems, *Science* 317, 1513
- LÜDEKE M. B. K., PETSCHHEL-HELD G., SCHNELLNHUBER, H. J. (2004) Syndromes of Global Change : The First panoramic view, *GAIA* vol. 13(1), p. 42-49.
- PETSCHHEL-HELT G., LÜDEKE M. B. K., REUSSWIG F. (1999) Actors, Structures and Environments: A Comparative and Transdisciplinary View on Regional Case Studies of Global Environment Change, in Lohnert B., Geist H. (dir.), *Coping with Changing Environments: Social Dimension of Endangered Ecosystems in the Developing World*, Singapore/Sydney, Ashgate, p. 255-293.
- PICOUET M., BOISSEAU S., BRUN B., ROMAGNY B., ROSSI G., SGHAÏER M., WEBER J. (2004) Le renouvellement des théories population-environnement. In : M. Picouet M., M. Sghaïer M., D. Genin D., A. Abaab, H. A., Guillaume, M.e H., Elloumi M.(Eds). *Environnement et sociétés rurales en mutation : approches alternatives (Latitudes 23)*, Paris,IRD, p. 17-43.

- SCOUVART M., LAMBIN M. (2006) Approche systémique des causes de la déforestation en Amazonie brésilienne : syndromes, synergies et rétroactions, *L'Espace géographique*, 2006/3 (Tome 35), p. 241-254
- WISNER B., BLAIKIE P., CANNON T., DAVIS I. (2004) *At risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters*, London, Routledge, 472 p.

Annexe 1 : Méthodologie de l'analyse cartographique de l'occupation du sol à partir des données satellitaires



Annexe 2 : Analyse en composantes principales des données socio-démographiques, écosystémiques et de production agricole en 1992 par commune

