Modélisation de l'expansion des populations Bantu dans un espace déjà habité par les populations de chasseurs –collecteurs

Christophe Coupé, Jean-Marie Hombert, Florent Le Néchet, Hélène Mathian, Lena Sanders

▶ **To cite this version:**

Christophe Coupé, Jean-Marie Hombert, Florent Le Néchet, Hélène Mathian, Lena Sanders. Modélisation de l'expansion des populations Bantu dans un espace déjà habité par les populations de chasseurs –collecteurs. Peupler la terre. De la préhistoire à l'ère des métropoles, Presses universitaires François Rabelais, pp.143-172, 2017, 978-2-86906-494-2. hal-02025465

HAL Id: hal-02025465
https://hal.science/hal-02025465

Submitted on 14 Mar 2019

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.

Chapitre 5

Transition 2 : Modélisation de l'expansion des populations Bantu dans un espace déjà habité par des populations de chasseurs-collecteurs

Christophe Coupé, Dynamique Du Langage, UMR 5596 CNRS et Université Lyon2, 14, Avenue Berthelot 69363 Lyon Cedex 07.
Jean-Marie Hombert, Dynamique Du Langage, UMR 5596 CNRS et Université Lyon2, 14, Avenue Berthelot 69363 Lyon Cedex 07.
Florent Le Néchet, Université Paris-Est, Laboratoire Ville Mobilité Transport, UPEMLV : 5 boulevard Copernic, Cité Descartes F 77454 Marne-la-Vallée cedex 2 France
Hélène Mathian, Univ. Lyon, CNRS, UMR 5600 EVS, ENS- 15 parvis René Descartes, F-69342 Lyon cedex 7.
Lena Sanders, Géographie-cités, UMR 8504 CNRS

La seconde transition étudiée dans le cadre du programme TransMonDyn se situe sur le continent africain. Elle concerne l'expansion des populations de langues Bantu, qui a débutée il y a environ 5 600 ans. Cette expansion est en lien avec le développement de l'agriculture, et a vu la rencontre entre les Bantu et les communautés de chasseurs-collecteurs Pygmées qui vivaient dans la forêt équatoriale.
Notre objectif est de mieux cerner les dynamiques temporelle et spatiale de cette transition de peuplement, et nous souhaitons en particulier évaluer l'impact qu'ont eu les premières relations entre Bantu et Pygmées sur les voies migratoires empruntées par les premiers à travers ou autour de la forêt dans son expansion géographique d'alors.
Nous décrivons d'abord les migrations Bantu et leur contexte géographique et environnemental. Nous donnons ensuite des éléments quant aux chasseurs-collecteurs Pygmées et nous nous interrogeons sur les premiers contacts entre ces populations et leurs possibles conséquences. Ceci nous permet de spécifier la transition de façon plus précise. Nous présentons ensuite une modélisation qui reprend et étend celle de la sortie hors d'Afrique d'*Homo sapiens* il y a près de 70 000 ans (*cf.* chapitre 4). Les différents composants du modèle sont détaillés, avant d'exposer une analyse des résultats de simulation et quelques interprétations à la lumière des connaissances archéologiques et linguistiques.

L'expansion des populations Bantu

Les migrations Bantu et leur contexte géographique et environnemental

L'Afrique équatoriale et australe est aujourd'hui le lieu de coexistence de différentes communautés humaines. La plus importante d'entre elles est la population Bantu, qui couvre toute la partie du continent s'étendant au sud d'une ligne imaginaire joignant le sud du Cameroun au nord du Kenya, à l'exception de la pointe sud-ouest du continent où vivent les populations Khoisan. Cette population est très diverse en termes de structures sociales et politiques, mais est unie par la pratique de quelques 450 langues dites Bantu, dont l'origine commune est aujourd'hui bien acceptée[1]. Outre leur affiliation linguistique, les populations Bantu pratiquent également communément l'agriculture de différentes céréales comme l'igname ou le millet, qu'ils complètent par la chasse, la pêche et la cueillette. Elles pratiquent aussi historiquement la métallurgie pour la production de différents outils.

[1] Hombert Jean-Marie, Hyman Larry (Eds.), *Bantu Historical Linguistics: Theoretical and Empirical Perspectives*, Stanford, CSLI Publications, 1999.

La distribution actuelle des populations Bantu est le résultat d'un vaste mouvement migratoire entamé il y a environ 5 000 ans[2]. Le foyer initial en est situé dans les « grasslands » du Cameroun, une région de savane aujourd'hui densément peuplée et située dans l'ouest du pays. Ceci est estimé entre autres sur la base de sites archéologiques, d'analyses génétiques, ou encore de reconstructions linguistiques qui suggèrent des voies de déplacement à différentes profondeurs historiques[3]. Les conceptions autour de ce processus de peuplement ont évolué avec les années. L'idée d'une puissante vague de migrants, se dispersant grâce à l'agriculture puis la métallurgie et oblitérant les populations autochtones sur leur passage, a fait place à une lecture bien plus complexe et fragmentée, avec des avancées mais aussi des reculs, et de nombreux sous-processus d'expansion pourvus de leurs propres dynamiques[4]. Les dates des premières migrations en dehors du berceau Bantu ont également été repoussées dans le temps, et été dissociés de la maîtrise de l'agriculture et du métal.

Un des scénarios les plus récents propose une première migration qui aurait pris place il y a plus de 4000 ans, en direction du sud le long de la côte atlantique, mais qui n'aurait guère dépassé la région de Yaoundé. Ces premières populations bantouphones n'auraient pas disposé de l'agriculture et de la métallurgie. Ce n'est qu'il y a environ 2 500 ans que des migrations bien plus conséquentes auraient pris place, avec des populations cette fois aptes à cultiver la terre et produire des outils en fer. Le scénario classique est celui de deux grandes voies de diffusion, en lien avec la distinction de deux importantes branches de l'arbre des langues Bantu[5]. La première voie se situe plus à l'ouest, en direction du sud. La seconde passe à l'est de la forêt après un contournement de cette dernière par le nord. Il est de plus en plus clair aujourd'hui que ces deux voies migratoires n'ont pas été indépendantes l'une de l'autre, et se sont rapprochées l'une de l'autre au sud de la forêt, voire auparavant[6] [7]. L'expansion débutée il y a 2 500 ans serait mieux décrite par un large front de colonisation aux composantes interconnectées les unes aux autres, plutôt que par une série de fission de petits groupes sans contact[8].

Parmi les mécanismes propres à expliquer les causes des migrations et les routes empruntées, les contraintes environnementales occupent un des tout premiers rangs. Des reconstructions paléo-climatiques, reposant par exemple sur l'analyse de dépôts sédimentaires contenant des pollens au fond des lacs, nous donnent avec précision l'évolution de situations très locales. Même s'il est difficile d'extrapoler à partir de celles-ci, les données les plus récentes suggèrent un début de crise climatique il y a environ 4 000 ans, et une réduction en conséquence de l'aire occupée par la forêt équatoriale au profit de savanes. Un changement

---

[2] Li Sen, Schlebusch Carina, Jakobsson Mattias, « Genetic Variation Reveals Large-Scale Population Expansion and Migration during the Expansion of Bantu-Speaking Peoples », *Proceedings of the Royal Society of London B (Biological sciences)*, 281, 2014, p. 20141448.

[3] Grollemund Rebecca, Branford Simon, Bostoen Koen, Meade Andrew, Venditti Chris, Pagel Mark, « Bantu Expansion Shows Habitat Alters the Route and Pace of Human Dispersals », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 112(43), 2015, p. 13296–13301.

[4] Vansina Jan, « New Linguistic Evidence and "the Bantu Expansion" », *The Journal of African History*, 36(2), 1995, p. 173–195.

[5] Ehret, Christopher, « Bantu Expansions: Re-Envisioning a Central Problem of Early African History », *The International Journal of African Historical Studies*, 34(1), 2001, p. 5–41.

[6] Plaza Stéphanie, Salas Antonio, Calafell Francesc, Corte-Real Francisco, Bertranpetit Jaume, Carracedo Ángel, Comas David, « Insights into the Western Bantu Dispersal: mtDNA Lineage Analysis in Angola », *Human Genetics*, 115(5), 2004, p. 439–447.

[7] Alves Isabel, Coelho Margarida, Gignoux Christopher, Damasceno Albertino, Prista Antonio, Rocha Jorge, « Genetic homogeneity across Bantu-speaking groups from Mozambique and Angola challenges early split scenarios between East and West Bantu populations », *Human Biology*, 83(1), 2011, p. 13–38.

[8] Bostoen Koen, Clist Bernard, Doumenge Charles, Grollemund Rebecca, Hombert Jean-Marie, Muluwa Joseph Koni, Maley Jean, « Middle to Late Holocene Paleoclimatic Change and the Early Bantu Expansion in the Rain Forests of Western Central Africa », *Current Anthropology*, 56(3), 2015, p. 354-384.

plus net se serait produit ensuite il y a 2 500 ans, avec une amplification de la saisonnalité, et le développement d'environnements mixtes entre forêt des pluies mature et forêt d'espèces dites pionnières[9]. Ces deux profondeurs historiques correspondent justement aux phénomènes migratoires évoqués précédemment.

Les changements il y a 2 500 ans auraient créé les conditions favorables pour le développement de l'agriculture[10]. Des reconstructions linguistiques attestent de la culture du millet perlé à de telles profondeurs historiques, or cette plante ne peut pousser que lorsqu'une saison sèche est en place[11]. Lors des migrations, l'abattage d'arbres de la forêt pionnière, plus aisée à défricher que la forêt mature, aurait permis de créer des espaces de culture. Cette dernière se serait accompagnée de stratégies d'exploitation de différentes plantes sauvages[12].

L'observation de la géographie actuelle et de l'emplacement de la forêt équatoriale suggère que celle-ci s'est dressée sur la route des premiers agriculteurs Bantu. La forêt ne se prête pas aux cultures, et il est possible que les agriculteurs d'autrefois, comme ceux d'aujourd'hui, craignaient de pénétrer dans des lieux considérés comme inhospitaliers et dangereux. Les premiers agriculteurs ont ainsi pu adopter des stratégies d'évitement de la forêt, soit par l'ouest soit par le nord. Le changement climatique a toutefois ouvert des voies de passages à travers la forêt[13], qui ont pu être mise à profit, comme le suggèrent des études linguistiques sur les dénominations d'espèces végétales pionnières[14]. Il y a 4 000 ans, l'apparition de savane le long des côtes atlantiques[15] a pu faciliter de premières migrations. Une large césure, baptisée « intervalle de la rivière Sangha », s'est ensuite ouverte au sein de la forêt il y a un peu moins de 3 000 ans, séparant un massif à l'ouest et un autre à l'ouest[16]. Les agriculteurs Bantu auraient pu emprunter ce passage, comme cela est visible au centre de la figure 1.

(Fig. 1)

[9] Ngomanda Alfred, Neumann Katharina, Schweizer Astrid, Maley Jean, « Seasonality change and the third millennium BP rainforest crisis in southern Cameroon (Central Africa) », *Quaternary Research*, 71(3), 2009, p. 307–318.

[10] Des articles suggèrent la possibilité d'une accentuation, voire d'une induction, du changement climatique par des pratiques de déforestation.

[11] Bostoen Koen, « Pearl Millet in Early Bantu Speech Communities in Central Africa: A Reconsideration of the Lexical Evidence », *Afrika und Übersee*, 89, 2006, p. 183–213.

[12] Neumann Katharina, Bostoen Koen, Höhn Alexa, Kahlheber Stefanie, Ngomanda Alfred, Tchiengué Barthelémy, « First farmers in the Central African rainforest: A view from southern Cameroon », *Quaternary International*, 249, 2012, p. 53–62.

[13]Schwartz Dominique, « Assèchement Climatique Vers 3000 B.P. et Expansion Bantu En Afrique Centrale Atlantique : Quelques Réflexions », *Bulletin de la Société géologique de France*, 3, 1992, p. 353–361.

[14] Bostoen Koen, Grollemund Rebecca, Muluwa Joseph Koni, « Climate-Induced Vegetation Dynamics and the Bantu Expansion: Evidence from Bantu Names for Pioneer Trees (*Elaeis Guineensis*, *Canarium Schweinfurthii*, and *Musanga Cecropioides*) », *Comptes Rendus - Geoscience*, 345(7-8), 2013, p. 336–349.

[15] Ngomanda Alfred, Chepstow-Lusty Alex, Makaya Mvoubou, Favier Charles, Schevin Patrick, Maley Jean, Fontugne Michel, Oslisly Richard, Jolly Dominique, « Western equatorial African forest-savanna mosaics: a legacy of late Holocene climatic change? », *Climate of the Past Discussions*, 5(1), 2009, p. 341–367.

[16] Maley Jean, « La destruction catastrophique des forêts d'Afrique centrale survenue il y a environ 2500 ans exerce encore une influence majeure sur la répartition actuelle des formations végétales », *Systematics and Geography of Plants*, 71, 2001, p. 777-796.

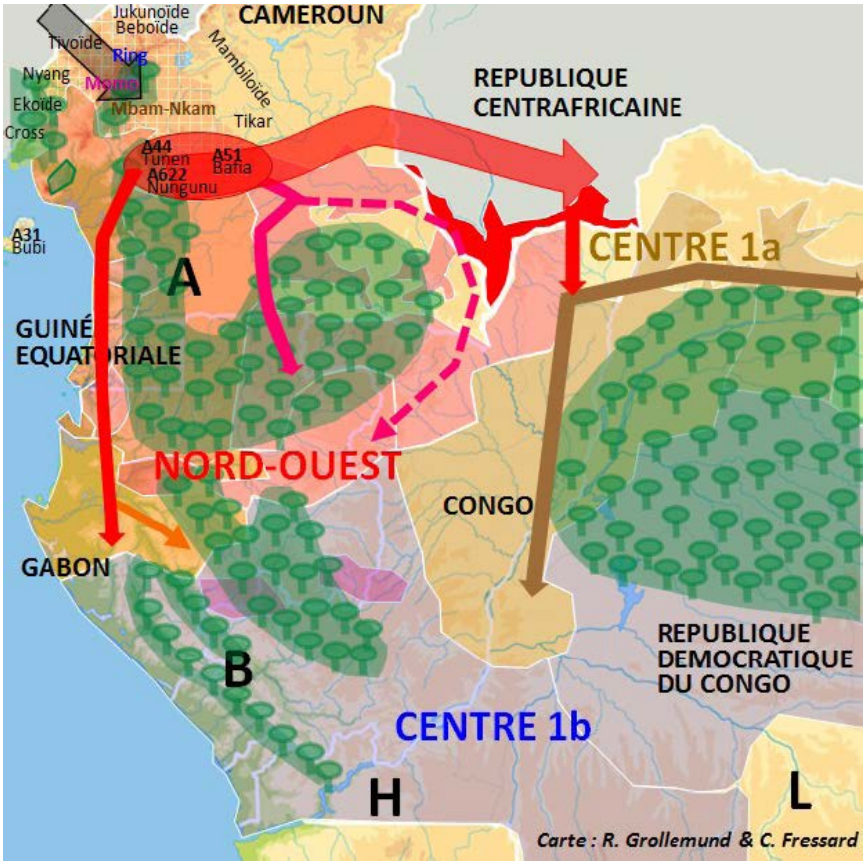


Figure 1 : Différentes voies migratoires possibles pour le franchissement de la forêt[17]. Les arbres en vert représentent l'étendue de la forêt lors des premières étapes de la migration Bantu. Les flèches représentent différentes voies migratoires possiblement empruntées par les agriculteurs

Si de nombreuses communautés d'agriculteurs se sont probablement déplacées en contournant les aires forestières, la question se pose si d'autres n'ont pas franchi ces dernières plus directement. Elles auraient pu en particulier pour cela progresser sur ou le long de différents cours d'eau. Une telle hypothèse s'accompagne de conséquences en termes de rythme des migrations et de filiation des différentes populations Bantu[18].
Les communautés en mouvement ont pu compter sur leurs ressources pour s'étendre à travers le continent. Mais elles ont pu également être affectées par leur rencontre avec les populations de chasseurs-collecteurs qui occupaient l'Afrique équatoriale et australe avant elle. Les Pygmées de la forêt des pluies ont en particulier pu les aider à mieux profiter du milieu forestier et de ses ressources. Clarifier ceci nécessite de décrire les conditions de vie de ces chasseurs-collecteurs, et leurs relations avec les agriculteurs Bantu.

Les Bantu et leurs voisins : les populations Pygmées

Dans plusieurs régions d'Afrique équatoriale, les Bantu cohabitent et interagissent avec des populations de chasseurs-collecteurs couramment appelées Pygmées. Pour certains anthropologues, ce terme réfère de façon générale à des groupes d'individus dont la taille des hommes adultes est inférieure en moyenne à 1m50 et que l'on trouve dans différentes régions

[17] Grollemund Rebecca, « Nouvelles Approches En Classification : Application Aux Langues Bantu Du Nord-Ouest », Thèse de doctorat de l'Université Lumière Lyon 2, 2012.
[18] Russell Thembi, Silva Fabio, Steele James, « Modelling the Spread of Farming in the Bantu-Speaking Regions of Africa: An Archaeology-Based Phylogeography », *PLoS ONE*, 9(1), 2014.

du globe. Même en se centrant sur l'Afrique équatoriale, l'emploi du terme masque une grande diversité de populations et de modes de vie, que ce soit en termes de conditions socio-économiques, de langue ou de relations avec les populations d'agriculteurs. Nous nous appuyons dans cette section et dans la suivante sur des données anthropologiques, présentées par Gowdy[19], Ichikawa[20], Hitchcock[21], ou encore Bahuchet[22]. Différentes études de génétique des populations, de Quintana-Murci *et al.*[23], Patin *et al.*[24], Perry *et al.*[25] ou Verdu *et al.*[26], viennent compléter ces études et ouvrent d'utiles perspectives diachroniques.

Plus d'une vingtaine de groupes peuvent être distingués, et peuvent selon Bahuchet être classés en trois ensembles principaux : i) les Aka, Baka, Asua, Sua et Efe (les trois derniers groupes se regroupant sous l'appellation Mbuti), ii) les Kola et les Bongo et iii) les Twa. Le premier ensemble correspond à des populations encore semi-nomades, se déplaçant d'un camp temporaire à un autre sur des aires importantes et dont les traditions religieuses, politiques, linguistiques ou encore musicales demeurent bien distinctes de celles des agriculteurs avoisinants. Ceci suggère que les associations avec ces derniers sont soient récentes, soit plus anciennes mais marquées par une forte instabilité. De façon contrastée, les deux autres ensembles ont connu des évolutions culturelles importantes, qui les rapprochent de leurs voisins et indiquent des relations stables et déjà anciennes, associées à une plus grande sédentarité. Ce schéma semble confirmé par les études génétiques qui suggèrent des échanges de gènes plus marqués. Par ailleurs, il n'existe aucune trace linguistique d'une ou plusieurs langues Pygmées ancestrales, antérieures au contact avec les populations d'agriculteurs. Ceci témoigne de la profonde influence qu'ont eue ces derniers.

La très grande majorité des Pygmées, dont le nombre total est difficile à estimer – au plus quelques centaines de milliers d'individus – vivent en partie de la chasse et de la collecte en forêt. Les pratiques de chasse, de collecte et d'alimentation varient en fonction des régions et des caractéristiques de la forêt. La chasse, qui peut être collective, est réalisée par certains groupes avec des filets, ce qui permet souvent assez de captures pour vendre une partie de la viande. Ce qu'elle procure est complétée par différents produits récoltés, qu'il s'agisse de tubercules, de champignons, de feuilles, d'insectes etc. La recherche de l'alimentation occupe

---

[19]Gowdy John., « Hunter-Gatherers and the Mythology of the Market », dans *The Cambridge Encyclopedia of Hunters and Gatherers*, éd. par R. B. Lee et R. Daly, Cambridge, Cambridge University Press, 2004, p. 391-398

[20]Ichikawa Mitsuo, « Mbuti », dans *The Cambridge Encyclopedia of Hunters and Gatherers*, éd. par R. B. Lee et R. Daly, Cambridge, Cambridge University Press, 2004, p.210-214.

[21]Hitchcock Robert K., « Introduction: Africa », dans *The Cambridge Encyclopedia of Hunters and Gatherers*, éd. par R. B. Lee et R. Daly, Cambridge, Cambridge University Press, 2004, p.175-184.

[22]Parmi les différents articles sur lesquels nous nous sommes appuyés, nous pouvons citer : Bahuchet Serge, « Les Pygmées D'aujourd'hui En Afrique Centrale », *Journal des africanistes*, 61(1), 1991, p. 5–35 ; Bahuchet Serge, « Changing Language, Remaining Pygmy », *Human Biology*, 84(1), 2012, p. 11–43 ; Bahuchet Serge, Guillaume Henri, « Aka-Farmer Relations in the Northwest Congo Basin », dans *Politics and History in Band Societies*, éd. Par E. Leacock et R. Lee, Cambridge, Cambridge University Press, 1982, p. 189-211

[23]Quintana-Murci Lluís *et al.*, « Maternal Traces of Deep Common Ancestry and Asymmetric Gene Flow between Pygmy Hunter-Gatherers and Bantu-Speaking Farmers », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 105(5), 2008, p. 1596–1601.

[24]Patin Etienne *et al.*, « Inferring the Demographic History of African Farmers and Pygmy Hunter-Gatherers Using a Multilocus Resequencing Data Set », *PLoS Genetics*, 5(4), 2009 ; Patin Etienne *et al.*, « The Impact of Agricultural Emergence on the Genetic History of African Rainforest Hunter-Gatherers and Agriculturalists », *Nature communications*, 5, 2014, p. 3163.

[25]Perry George H. *et al.*, « Adaptive, Convergent Origins of the Pygmy Phenotype in African Rainforest Hunter-Gatherers », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 111(35), 2014, p. E3596–E3603.

[26]Verdu Paul *et al.*, « Sociocultural Behavior, Sex-Biased Admixture, and Effective Population Sizes in Central African Pygmies and Non-Pygmies », *Molecular biology and evolution*, 30(4), 2013, p. 918-937 ; Verdu Paul *et al.*, « Origins and Genetic Diversity of Pygmy Hunter-Gatherers from Western Central Africa », *Current Biology*, 19(4), 2009, p. 312–318.

une grande partie du temps, et la nourriture peut être partagée (surtout lors de chasses collectives) ou non.
Une forte hétérogénéité culturelle est donc manifeste au sein des populations Pygmées d'Afrique équatoriale. Au-delà, quels sont les traits qu'elles partagent ? La petite taille déjà mentionnée est un premier élément, mais si des raisons plausibles de cette propriété morphologique ont été proposées – adaptation à la chaleur et à l'humidité, plus grande facilité à se déplacer dans un milieu forestier dense, nourriture limitée ou forte mortalité adulte[27]–, il n'est pas encore clair si le partage de trait résulte d'un ancien héritage, d'adaptations convergentes plus récentes, ou d'un mélange des deux.
Le principal trait culturel partagé par tous les Pygmées est leur rôle de spécialistes de la forêt, centre de leur vie intellectuelle et spirituelle, et le tissu de relations socioéconomiques qu'ils entretiennent avec les populations Bantu. Le capital dans le monde des chasseurs-collecteurs n'est pas une chose physique qui peut être contrôlée et manipulée, mais plutôt un savoir partagé et accessible à tous. Il n'existe pas en particulier de propriété du sol et des produits de la forêt, hormis pour des nids d'abeilles et des termitières marqués à cette fin.

Les relations entre agriculteurs Bantu et chasseurs-collecteurs Pygmées

Comme déjà souligné plus haut, les relations entre agriculteurs Bantu et chasseurs-collecteurs Pygmées sont particulièrement importantes. Il est possible de les aborder d'abord sur le plan des échanges matériels, puis de les envisager de façon plus globale, en insistant sur leur profonde asymétrie.
Même pour les groupes de chasseurs-collecteurs les plus mobiles, un village est toujours situé à une des extrémités du territoire et est un lieu d'échange important. Les relations entretenues avec les familles, voire des individus de ce village, sont exclusives et s'étendent le plus souvent sur plusieurs générations. Le lien est donc particulièrement stable et étroit, même si tous les Pygmées ne sont pas en lien avec des Bantu et inversement.
D'une part, les Pygmées ne produisent ni poterie ni artéfacts en fer. Ils se procurent donc marmites, couteaux, pointes de sagaies etc. chez les agriculteurs auxquels ils sont liés, auxquels il faut aussi ajouter du tabac et de l'alcool. En outre, si la chasse et la collecte sont des activités de subsistance importantes, un pourcentage très significatif de leur alimentation consiste en des produits agricoles (manioc, banane plantain, cassave etc.), fournis eux aussi par les agriculteurs. Un point important est en effet qu'aucun groupe de chasseurs-collecteurs Pygmées ne vit de façon autonome dans la forêt en ne se nourrissant que des ressources « sauvages » de cette dernière. En échange des produits des agriculteurs, les Pygmées fournissent différentes ressources issues de la forêt, et en particulier de la viande. Cette viande joue un rôle important car ses quantités permettent aux agriculteurs de se réunir en grands groupes lors d'événements sociaux importants, et de maintenir leurs structures sociales.
Cette relation économique peut être vue comme symbiotique, et Bahuchet pense que sa complémentarité, extrêmement bénéfique pour les deux groupes, suggère qu'elle est en place depuis une époque très ancienne. Elle repose d'une certaine façon sur les attitudes très différenciées qu'ont Bantu et Pygmées de la forêt : alors que les premiers n'aiment pas s'y rendre et la jugent comme un milieu hostile, les seconds y sont à l'aise et ont un mode de vie qui lui est adaptée.
Toutefois, si les échanges matériels peuvent laisser penser que Bantu et Pygmées traitent sur un pied d'égalité, leur relation est en fait marquée par une profonde asymétrie et des représentations très en défaveur des Pygmées. La relation traditionnelle d'échanges matériels tout d'abord, de type patron-client, repose sur l'idée que l'agriculteur joue le rôle de tuteur

[27] Diamond Jared M., « Anthropology. Why Are Pygmies Small? », *Nature*, 354(6349), 1991, p. 111–112.

pour le Pygmée. En contrepartie des produits et de l'aide en nature fournis par ce dernier, le premier prend soin de lui en lui offrant ce dont il a besoin. Si l'on ne peut pas parler d'esclavage, il est raisonnable de parler de dépendance, car les Pygmées sont totalement tributaires des Bantu pour obtenir des produits agricoles, et encore plus des outils en fer. Ce besoin est tel qu'il aurait progressivement déséquilibré l'échange en faveur des Bantu, et permis d'asseoir une idéologie de supériorité des uns sur les autres. La discrimination sociale et raciale actuelle se manifeste par un sentiment de supériorité et une dévalorisation. Les Pygmées sont considérés comme des sauvages et naturellement destinés à être dominés. Toutefois, ces représentations présentent une certaine complexité. Les Pygmées sont méprisés, mais également admirés et craints pour leurs facultés et leur proximité avec le monde de la forêt et des esprits. Les Bantu reconnaissent par exemple les talents et la bravoure des chasseurs Pygmées. Ils considèrent aussi certains d'entre eux comme de puissants guérisseurs, auxquels ils n'hésitent pas à faire appel. De façon plus profonde, leur mythologie reflète la place singulière et importante qu'occupent pour eux les Pygmées : ces derniers n'y sont pas considérés comme des hommes, ni comme des animaux, mais comme des êtres intermédiaires qui auraient permis à l'homme de passer de la nature à la culture, via le don du feu, de la domestication des plantes ou du travail du fer. Ils auraient également guidé les agriculteurs à travers la forêt, les auraient initiés à celle-ci et leur aurait fourni des produits issus d'elle, leur permettant au final d'exercer un certain contrôle sur cet environnement difficile. Les Pygmées jouent ainsi un rôle structurant dans le système de pensée des Bantu, ce qui explique que des rituels lient de façon très forte des membres des deux communautés, et que les Bantu considèrent qu'ils doivent protéger des êtres qui les ont guidés hors de l'état de nature tout en y demeurant eux-mêmes ou en y étant rejetés.

Les représentations de la place des agriculteurs et de celle des chasseurs-collecteurs se reflètent dans les règles d'intermariage qui prévalent. Les mariages entre hommes Pygmées et femmes Bantu sont prohibés, et si les mariages entre hommes Bantu et femmes Pygmées sont possibles, ils s'expliquent souvent par la dot moins élevée pour ces dernières ou par le désir de construire une alliance avec un chasseur ou guérisseur Pygmée réputé.

Les relations actuelles entre les Pygmées et les Bantu reflètent-elles les conditions de leur rencontre ? Différents arguments permettent d'envisager en détail la réponse à cette question.

Il importe de souligner en préambule que la relation entre les Pygmées et leurs « patrons » Bantu n'a pas été statique au cours des derniers siècles. Si l'on pense qu'elle a été relativement stable et économiquement équilibrée pendant plusieurs siècles en amont de la période coloniale, elle a par la suite été profondément impactée par une série de transformations socioéconomiques qui ont progressivement modifié la relation traditionnelle. Ces changements ont conduit les agriculteurs Bantu à asservir leurs « clients » Pygmées, en particulier en tant que main d'œuvre agricole, pour mieux faire face aux demandes exogènes et à l'économie de marché. Ceci a modifié les schémas de mobilité des chasseurs-collecteurs, accru la part des productions agricoles dans leur alimentation, encouragé l'individualisme, les problèmes sociaux et de santé, ou encore l'alcoolisme.

En amont de ces changements récents, il ne fait guère de doute que la rencontre entre les deux communautés s'est produite lors de l'expansion des populations Bantu à partir de leur foyer d'expansion. Différentes études en génétique, sur de l'ADN autosomal ou mitochondrial, suggèrent une séparation ancienne entre la population ancestrale des chasseurs-collecteurs Pygmées et une population ancestrale d'Afrique centrale, entre il y a 50 000 et 90 000 ans selon les études. La première aurait ensuite évolué en Afrique équatoriale, avec une séparation entre les Pygmées de l'ouest de la forêt équatoriale et ceux de l'est il y a environ 20 à 30 000 ans. Ceci peut être rapproché de la proposition de Bahuchet, qui suggère qu'un macro-groupe Pygmée vivant dans la forêt se serait scindé en trois groupes entre 30 000 et 18 000 ans avant aujourd'hui, en réponse à la scission de la forêt en autant de parties. Cette isolation se serait

maintenue entre les trois groupes même après la réunification des trois massifs forestiers en un seul il y a 15 000 ans et d'autres évolutions locales auraient pris place, reflétées dans la grande différenciation génétique des populations actuelles (liée aussi à la petite taille des groupes). Cette conception de l'histoire des chasseurs-collecteurs d'Afrique équatoriale peut être qualifiée de « divergence pré-Bantu ». Elle s'oppose à l'hypothèse de « divergence récente » aujourd'hui majoritairement rejetée, selon laquelle les Pygmées de l'ouest seraient le résultat d'une hybridation entre les ancêtres des Pygmées de l'est et des fermiers Bantu il y a 2 ou 3 000 ans.

La situation des Pygmées lors de l'arrivée des Bantu pose question. D'un côté, une ancienne lecture anthropologique de leur mode de vie conduit à les voir comme un peuple « sans histoire », vivant en isolation dans la forêt et de manière inchangée depuis des temps très anciens. Toutefois, des arguments contredisent fortement l'idée d'une forte isolation. Tout d'abord, l'étude de l'ADN mitochondrial de différentes populations d'agriculteurs Bantu et de chasseurs-collecteurs Pygmées suggère une isolation des populations ancestrales de ces deux groupes après leur séparation, elle met aussi en évidence un flux asymétrique et de longue durée de gènes maternels des ancêtres des Pygmées aux ancêtres des agriculteurs, qui a débuté il y a moins de 40 000 ans et qui a persisté jusqu'à il y a quelques milliers d'années. Ensuite, le débat déjà évoqué quant à la possibilité de survivre en isolation dans la forêt des pluies suggère que les ancêtres des chasseurs-collecteurs actuels vivaient peut-être différemment de leurs descendants, que ce soit plus en bordure de forêt avec une exploitation de celle-ci mais aussi du milieu savanicole, voire selon un mode de subsistance encore plus déconnecté de la forêt. Cette présence hors de la forêt pourrait expliquer les contacts sur le long terme mis en évidence par la génétique des lignées maternelles.

Une étude récente indique que le mélange génique entre agriculteurs et chasseurs-collecteurs ne s'est réellement produit de façon significative qu'au cours des mille dernières années, soit au moins 1 000 ans après les premiers contacts entre les deux populations. Ces auteurs proposent donc que les premiers contacts n'aient pas conduit à des échanges génétiques immédiats, mais que ces derniers n'aient pris place que plus tardivement, possiblement après la mise en place d'une différenciation entre les deux populations, en lien avec leur adaptation respective à des milieux de vie différents. Une telle hypothèse peut ainsi laisser penser que les Pygmées ne seraient devenus des « professionnels de la forêt » que récemment et comme conséquence de l'arrivée des agriculteurs Bantu. Cette hypothèse est rejetée par Bahuchet, en accord avec son scénario évolutif des populations Pygmées présenté plus haut, sur la base de comparaisons linguistiques et en particulier d'un très faible pourcentage de mots de base reliés à la vie d'agriculteur dans les langues Pygmées actuelles.

La nature des premiers contacts entre Bantu et Pygmées est difficile à cerner, et dépend du mode de vie qui était alors celui des ancêtres des chasseurs-collecteurs actuels. La perte par ces derniers de leurs langues originelles au profit de langues Bantu suggère que les contacts ont assez tôt été importants. La diversification génétique et culturelle des populations de Pygmées de l'ouest pourrait également être un signal de contraintes posées par les situations de contact, même si les mécanismes restent incertains.

Dans le prolongement des légendes et des mythes déjà évoqués, Bahuchet propose une situation bien différente de l'actuel au temps des premiers contacts. L'étude du vocabulaire partagé entre les langues Pygmées et les langues des agriculteurs voisins accréditent l'idée que les agriculteurs ont appris des Pygmées un savoir sur la forêt, ainsi que des capacités techniques en lien avec elle. Ces éléments suggèrent une forme de dominance des chasseurs-collecteurs d'alors sur les agriculteurs. L'anthropologie nous suggère aussi de prêter attention aux conceptions différentes du droit du sol qui sont celles des Bantu et des Pygmées. Là où la propriété individuelle n'existe pratiquement pas pour les Pygmées, elle est effective pour les Bantu et attribuée au premier individu arrivé sur les lieux. Dès lors, il est possible que les

premiers Bantu à entrer en contact avec les Pygmées leur aient attribué la possession des terres et aient dû leur demander le droit de les exploiter.
De nombreuses incertitudes demeurent : les échanges géniques se sont-ils modifiés peu après les premières rencontres entre chasseurs-collecteurs et agriculteurs, ou seulement après un certain temps de cohabitation, et dans ce dernier cas pourquoi ? Ceci peut-il correspondre à un scénario en deux phases, avec une première période de vie commune et d'emprunt par les Pygmées de la langue des Bantu voisins, puis une seconde phase consécutive à des migrations et la formation de nouvelles alliances, cette fois sans emprunt de la langue? La première phase était-elle « à l'avantage des Pygmées », contrairement à la suivante ? Les populations ancestrales des chasseurs-collecteurs d'aujourd'hui vivaient-elles déjà en lien étroit avec la forêt lors de l'arrivée des agriculteurs ? Si tel n'était pas le cas, la spécialisation au milieu forestier s'est-il fait de façon contrainte sous la pression des Bantu, ou plutôt de façon libre avec la mise en place progressive d'une relation symbiotique ?
Pour le modèle présenté dans la seconde partie de ce texte, nous avons ainsi dû opérer un certain nombre de choix, tout en sachant que d'autres scénarios auraient mérité d'être également étudiés sous l'angle de la modélisation. Nous avons ainsi opté pour des Pygmées évoluant déjà en milieu forestier, et pour une relation d'emblée bénéfique aux agriculteurs et plus neutre pour les Pygmées.
Répondre aux questions précédentes est important pour comprendre l'influence qu'ont pu avoir les Pygmées sur le rythme et la structure des migrations Bantu. On peut imaginer que des relations développées avec les ancêtres des Pygmées aient pu faciliter initialement le franchissement de certaines zones de forêt. Mais les migrations ont aussi pu être ralenties par les relations de dépendance créées alors avec des Pygmées plus enclins à une mobilité sur un territoire restreint qu'à la mobilité « expansive » des agriculteurs poussés par le besoin de nouvelles terres. C'est pour tester ces différentes possibilités qu'un modèle informatique prend son sens.

Spécification de la transition

Deux régimes approximativement stationnaires peuvent être définis avant et après la transition : le premier est celui caractérisé par la présence des premiers Bantu uniquement au Cameroun, parallèlement à l'existence d'autres populations et en particulier de communautés Pygmées dans d'autres régions du continent africain. Le second régime est celui de la situation actuelle ou plutôt de la situation pré-coloniale, avec une expansion maximale des populations Bantu et leur contact avec différentes communautés Pygmées dans la région équatoriale.
La question de la causalité de la transition est complexe : si l'agriculture est envisagée comme le moteur principal de la transition « Bantu », les causes même de son développement sont sujettes à débat. Des causes environnementales, démographiques (accroissement des populations), socioculturelles (évolution des rapports sociaux au sein des groupes humains, regroupement d'individus pour des raisons religieuses) ont été mises en avant. En outre, elles s'appliquent potentiellement de façons différentes selon les aires géographiques considérées. L'agriculture est en effet apparue à plusieurs reprises et de façon indépendante à la surface de la planète à partir de 11 000 ans avant aujourd'hui[28]. Dans ce cadre, l'apparition de l'agriculture en Afrique centrale il y a 4 ou 5 000 ans est un événement récent, et il est caractérisé par des conditions environnementales et socioculturelles différentes.
Si les causes mêmes du développement de l'agriculture sont difficiles à cerner, ses conséquences sont plus claires, et peuvent être déclinées selon plusieurs axes.

[28]Diamond Jared, Bellwood Peter, « Farmers and Their Languages: The First Expansions », *Science*, 300(5619), 2003, p. 597–603.

Le rapport à l'environnement est bien sûr tout d'abord profondément modifié, puisque les individus tirant leur subsistance de l'agriculture transforment leur relation aux espèces végétales et au sol. Si une certaine temporalité est déjà présente dans le mode de vie des chasseurs-collecteurs – déplacements rythmés par les saisons, exploitation de l'environnement à proximité –, les agriculteurs voient se renforcer une dépendance aux changements saisonniers et non-saisonniers du climat. Cette dépendance et la sédentarisation au moins partielle qui l'accompagne est compensée par les gains conséquents retirés en termes de subsistance. Les fluctuations à court-terme dans la production des ressources agricoles (sécheresses, inondations) peuvent être compensées en partie par le stockage des récoltes, le recours à des sources d'approvisionnement variées, et la mise en place de réseaux d'échange à longue distance[29].

En ce qui concerne ensuite les modes d'occupation de l'espace et les interactions spatiales, le passage à l'agriculture est communément associé à une sédentarisation. Celle-ci est toutefois à relativiser : tout d'abord car il existe des systèmes de culture itinérants et ensuite parce que la transition entre chasse/collecte et agriculture a pu se produire de façon graduelle bien plus qu'abruptement.

A un niveau macroscopique, le besoin d'irrigation – plus ou moins important selon les cultures – s'est traduit par une implantation forte dans les vallées des grands fleuves, que ce soit en Afrique subsaharienne ou dans d'autres régions du monde. Les régions agricoles ont aussi connu un accroissement important des densités de population. La distinction entre communautés nomades et communautés en partie sédentarisées a pu se traduire par une distribution complémentaire des lieux habités – en particulier forêt pour les uns et zones défrichées pour les autres. Entre ces zones de peuplement différenciées mais également en leur sein, des réseaux de circulation de nourriture ou de biens liés ou non à l'agriculture, ont pu se développer.

Les modes d'habiter changent également avec l'agriculture : en lien avec la sédentarisation, des habitations conçues pour des temporalités plus longues se développent. Les formes des habitations évoluent progressivement et des bâtiments communautaires, aux fonctions variables, voient également le jour après la transition.

Les évolutions précédentes s'accompagnent enfin de profondes transformations sociales, techniques et culturelles. Le développement d'outils et de techniques agricoles, du stockage pour les récoltes ou encore la domestication des animaux sont des aspects visibles, qui sont sous-tendus par des modifications et spécialisations des rôles des membres du groupe vis-à-vis de la production de nourriture (agriculture/chasse). Avec l'accroissement de la production alimentaire et la possibilité de stocker la nourriture, de nouvelles activités font leur apparition : échange et protection des surplus, irrigation, fabrication de conteneurs etc.

Avec l'accroissement de la densité de population de façon générale dans les aires cultivées, et la concentration humaine en des lieux précis, de nouvelles modalités de pouvoir, d'échanges économiques ou d'échanges symboliques peuvent se mettre en place. Les relations sociales en sont transformées, à la fois entre et au sein des groupes, qui peuvent s'inscrire dans des structures sociales plus complexes et hiérarchisées. Des représentations religieuses et métaphysiques peuvent plus facilement se développer.

Ces différentes évolutions, qui séparent le régime pré-transition du régime post-transition, permettent de mieux comprendre la dynamique migratoire et culturelle des populations Bantu, comme elles pourraient le faire pour d'autres grandes migrations liées à l'agriculture – celle des Indo-Européens par exemple. Elles ne nous éclairent toutefois pas sur les routes de migration empruntées par les Bantu, qui dépendent autant des potentialités de leurs communautés que de leur environnement. Afin de caractériser plus précisément la transition

[29] Nettle Daniel, « Language Diversity in West Africa : An Ecological Approach », *Journal of Anthropological Archaeology*, 15, 1996, p. 403–438.

de peuplement Bantu, nous pouvons donc tenter de l'inscrire dans son contexte (paléo) écologique et social. Comme pour la première transition de peuplement « Out of Africa » (chapitre 4), le plus important n'est dès lors pas d'identifier les facteurs causaux et moteurs de la transition, mais plutôt d'explorer les déterminants de la forme spatio-temporelle qu'ont prises les migrations au cours de plus de 2000 ans d'histoire.

Le modèle HU.M.E.-2 : Modéliser les migrations dans un contexte d'interactions entre groupes

L'objectif de la modélisation est de contribuer au débat sur les chemins empruntés par les Bantu dans leur expansion vers le sud [30], en explorant de manière très stylisée les conséquences possibles de différents types d'interactions entre Bantu et Pygmées sur la forme et le rythme de cette expansion. Contrairement à une approche par des modèles statistiques, il ne s'agit pas d'analyser des données empiriques qui auraient été récoltées, mais de produire, par simulation, des données artificielles correspondant à différentes hypothèses et situations initiales[31]. En simulant des histoires alternatives et en comparant les trajectoires d'évolutions obtenues suivant différentes formes d'interactions entre groupes d'agriculteurs et de chasseurs-collecteurs, nous espérons produire des hypothèses sur les processus en jeu lors de l'expansion Bantu.

Modéliser les interactions entre agents dans un contexte de compétition pour les ressources : un rapide survol de la littérature

Deux mécanismes essentiels interviennent sur les migrations, le manque de ressources et les interactions entre groupes. La littérature relative aux dynamiques de peuplement associées à des contraintes de ressources a été abordée dans les chapitres 3 et 4[32] [33]. D'autres travaux mettent l'accent sur les formes d'interaction entre agents. Deux types de mobilité sont en général pratiqués par les chasseurs-collecteurs : - les déplacements à l'intérieur de l'aire d'approvisionnement ; - les changements de camp de base (déplacements dits « résidentiels ») lorsque les ressources de leur aire d'approvisionnement sont épuisées. Face à un manque de ressources, les agents peuvent ainsi choisir entre deux stratégies : agrandir leur aire d'approvisionnement en s'éloignant plus loin de leur camp de base lors de leur recherche[34] de ressources ou bien changer de camp de base. S'intéressant à la disparition des Néandertals au profit des groupes d'*Homo sapiens* certains auteurs [35] ont formalisé un modèle avec un système multi-agents pour tester l'hypothèse que le refroidissement climatique a conduit les groupes de chasseurs-collecteurs à agrandir leur aire d'approvisionnement en ressources naturelles, avec en conséquence une augmentation des interactions potentielles entre groupes

[30] Li S., « Genetic Variation …», *op. cit.*
[31] Lake, Mark W., « Trends in Archaeological Simulation », *Journal of Archaeological Method and Theory*, 21(2), 2014, p. 258–287.
[32] Hazelwood Lee, Steele James, « Spatial Dynamics of Human Dispersals Constraints on Modelling and Archaeological Validation », *Journal of Archaeological Science*, 31(8), 2004, p. 669–679.
[33] Parisi Domenico, Antinucci Francesco, Natale Francesco, Cecconi Federico, « Simulating the expansion of farming and the differentiation of European languages », dans *Origin and Evolution of Languages Approaches, Models, Paradigms*, éd. par B. Laks, S. Cleuziou, J.-P. Demoule et P. Encrevé, London, Equinox Publishing, 2008, p.192-214.
[34] Une telle recherche peut s'étendre sur plusieurs jours avec des nuits passées sur des sites un peu à l'écart du campement principal.
[35] Barton Michael C., Riel-Salvatore Julien, «Agents of change: modeling biocultural evolution in Upper Pleistocene western Eurasia», *Advances in Complex Systems*, 15(1-2), 2012.

de Néandertals et groupes d'*Homo sapiens*, interactions qui ont conduit à l'assimilation des premiers par les seconds.
Le modèle HU.M.E.-2 a été construit en deux étapes, d'abord en adaptant le modèle HU.M.E. pour répondre à la problématique de l'expansion Bantu, puis en formalisant spécifiquement les interactions entre groupes aux comportements différents.

Premières étapes de la construction du modèle HU.M.E.-2 par adaptation du modèle de colonisation HU.M.E.

Nous résumons ici très brièvement le fonctionnement du modèle HU.M.E. qui est présenté dans le chapitre 4. Conçu pour simuler la colonisation d'un espace essentiellement[36] vierge, le modèle comprend des « agents-groupes » qui se déplacent sur un territoire. Celui-ci est formalisé par une grille composée de cellules hétérogènes du point de vue des ressources. Les agents-groupes arrivent par vagues en début de simulation. Leur nombre varie ensuite, un agent-groupe pouvant se scinder en deux (naissance d'un nouvel agent-groupe) ou disparaître s'il n'a plus assez « d'énergie ». L'énergie est une propriété des agents-groupes. Sa valeur augmente avec le temps resté sur une cellule (tant que celle-ci offre assez de ressources) et diminue avec les déplacements réalisés. Les agents-groupes exploitent les ressources en fonction de leur niveau technique et leurs rendements sont d'autant plus importants que ce niveau est élevé. Les ressources diminuent lorsqu'elles sont consommées et se régénèrent selon certaines temporalités. L'élément déclencheur d'une migration est l'insuffisance des ressources. Lorsque celles-ci viennent à manquer, l'agent-groupe se déplace suivant une marche aléatoire vers une des cellules voisines. Le modèle est stochastique et chaque comportement des agents-groupes (acquisition d'un niveau technique plus élevé, déplacement) est associé à une probabilité.

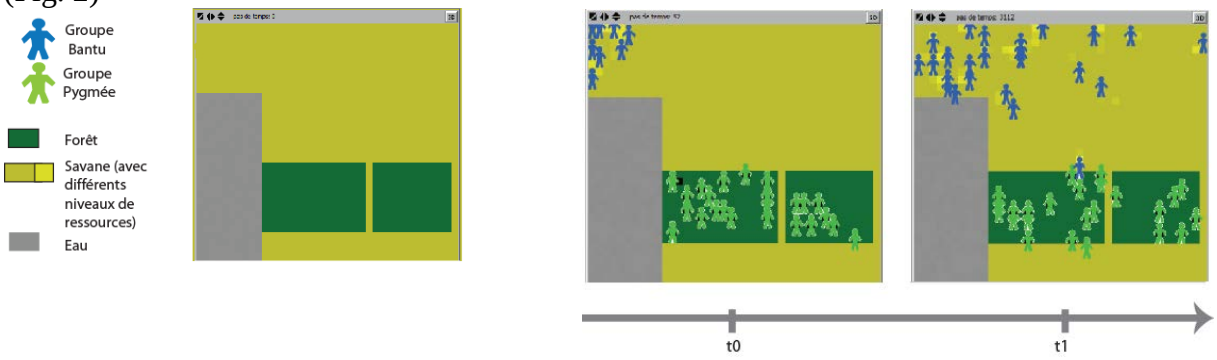
Dans le modèle HUME les agents-groupes sont ontologiquement indifférenciés. Ils sont décrits par les mêmes variables et agissent suivant les mêmes processus. La première adaptation de ce modèle consiste donc à formaliser les différences entre deux types d'agents-groupes, en prenant spécifiquement pour modèle les groupes Bantu et Pygmées. Les Bantu sont des agriculteurs qui exploitent plus intensivement leurs ressources locales et qui présentent une dynamique de forte croissance démographique. Celle-ci mène à des migrations rapides vers le sud du continent africain. A l'inverse, les groupes Pygmées sont des chasseurs-collecteurs qui exercent une pression plus faible sur les ressources et ont une population totale stable au cours de la période. Leur mobilité est de ce fait moindre. La structure d'ensemble relative aux agents et aux cellules du modèle HUME a été conservée, de même que les propriétés et processus afférents aux agents-groupes (*cf.* figure 2 du chapitre 4). Les capacités d'actions des agents du modèle HU.M.E.-2 sont ainsi globalement les mêmes que pour le modèle HU.M.E. Quatre adaptations ont cependant été apportées à ce dernier afin de tenir compte du contexte de l'expansion Bantu et des différences entre les deux types d'agents-groupes :

- La première adaptation porte sur la grille de simulation (un continent virtuel) dans laquelle ont été introduits explicitement deux environnements de nature différente, la savane et la forêt (figure 2.a), ainsi que la notion de « biomasse » pour quantifier l'état des ressources dans

[36]Sapiens, dans la plupart des endroits où il s'est rendu (à part l'Australie et les Amériques), a rencontré d'autres êtres humains, et les espaces n'étaient donc pas vierges de toute présence dans les faits, même si les densités de population étaient très faibles. Le modèle HU.M.E. simplifie la réalité en supposant inhabités les espaces à coloniser.

chaque cellule. Chaque milieu correspond à une certaine quantité initiale de biomasse, plus importante en forêt qu'en savane. Cette distinction entre types de milieu permet de rendre compte de la relation différente qu'ont groupes Bantu et Pygmées à l'environnement, différence qui joue un rôle moteur dans l'évolution du système de peuplement Bantu. Les agents-groupes Bantu pénètrent dans la grille par vagues successives en début de simulation alors que les agents-groupes Pygmées sont répartis de manière aléatoire dans la forêt dès la situation initiale (figure 2.b). A t0 il n'existe que deux valeurs de biomasse : une valeur faible pour la savane (b_s) et une valeur forte pour la forêt (b_f). Au fur et à mesure que les ressources sont consommées et se régénèrent, les cellules se différencient et on observe l'émergence d'un continuum de valeurs.

(Fig. 2)



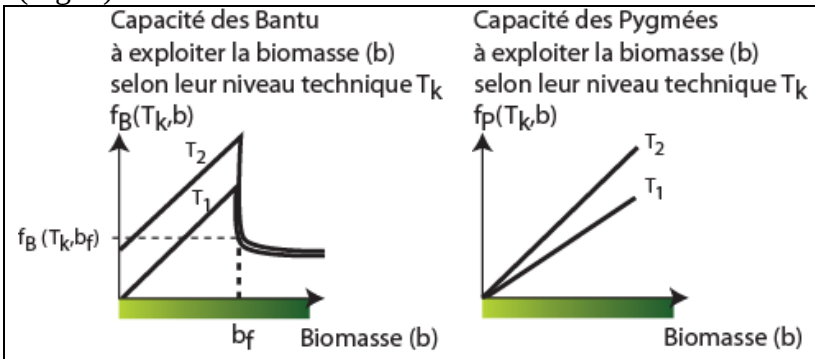
(a) (b)

Figure 2 : Grille de simulation du modèle HU.M.E.-2
2.a : introduction de deux types de milieux, savane et forêt (la grille correspond ainsi à celle du modèle HU.M.E. avec une forêt équatoriale en plus) ;
2.b: situation initiale avec des agents-groupes Pygmées en forêt et des flux de migrants Bantu pénétrant dans la grille par le coin nord-ouest.

- La deuxième adaptation repose sur l'introduction de valeurs de paramètres différentes suivant les types d'agents-groupes : - les agents-groupes Bantu ont un fort potentiel d'innovation par rapport aux agents-groupes Pygmées ; - les valeurs des paramètres relatifs à l'énergie sont neutralisées pour les agents-groupes Pygmées. L'hypothèse est que les groupes Pygmées ne recourent pas à la capitalisation d'énergie lorsqu'ils restent sur une même cellule car ceci ne correspond pas à leurs pratiques socioculturelles ; - enfin, la valeur du paramètre démographique (*i.e.* la probabilité selon laquelle un groupe peut à chaque itération se scinder et créer un nouveau groupe) est quasi-nulle pour les agents-groupes Pygmées alors qu'elle traduit une tendance à la croissance pour les groupes Bantu.

- Une troisième adaptation rend compte des capacités différentes des agents-groupes Bantu et Pygmées dans l'exploitation des ressources. Alors que l'utilité d'une cellule pour un groupe donné, c'est-à-dire la quantité de ressource qui peut être extraite en un pas de temps par le groupe, augmente de manière linéaire avec la quantité de biomasse, les environnements les plus favorables pour les agents-groupes Bantu, agriculteurs sont des environnements intermédiaires du point de vue de la biomasse (riches, mais en savane, *i.e.* hors de la forêt où il est difficile de cultiver). Ceci se traduit par une fonction d'utilité discontinue (figure 3a), le point de discontinuité correspondant au seuil de biomasse auquel commence la forêt (noté b_f dans la figure 3). Au-delà de ce seuil, la capacité des agents-groupes Bantu à exploiter la biomasse, $f_B(b_1)$, chute de manière radicale. Plus cette valeur est faible, plus fort est l'effet répulsif de la forêt sur l'agent-groupe Bantu.

(Fig. 3)



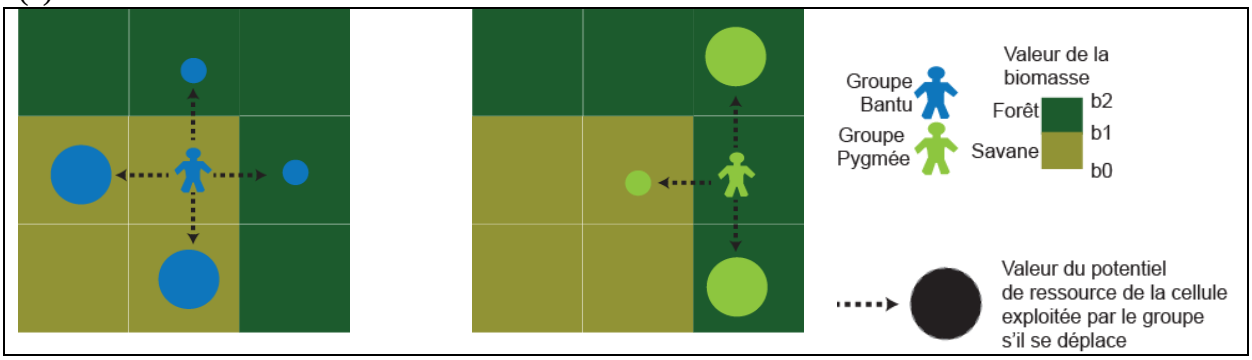
$f_C(T_k,b)$ fonction exprimant la capacité à exploiter la biomasse
où :

C : culture du groupe (B ou P)

Tk :niveau technologique du groupe

b= niveau de la biomasse de la cellule

(a)



(b)

Figure 3 : Différences de comportement entre agents-groupes Bantu et Pygmées
(a) Capacité différenciée des agents-groupes Bantu et Pygmées à exploiter la biomasse ;
(b) Evaluation du potentiel de ressources de la zone de destination pour chaque type d'agent-groupe.

- La quatrième adaptation consiste en une anticipation des agents-groupes sur la direction de leurs déplacements : ils ont la capacité de connaître les ressources et l'occupation humaine des cellules voisines. Cette connaissance conditionne leurs déplacements car les agents-groupes cherchent à optimiser leur futur potentiel d'exploitation en fonction de leurs préférences (différentes chez les Bantu et les Pygmées). Cette capacité d'anticipation est une hypothèse réaliste pour l'époque et l'échelle spatiale considérées si on accepte l'idée vraisemblable que les destinations potentielles étaient explorées par des éclaireurs. A chaque pas de temps t, l'agent-groupe évalue les ressources de la cellule sur laquelle il se trouve et si celles-ci sont insuffisantes, il explore le potentiel de ressources des quatre cellules voisines. Le déplacement se fait vers la cellule qui correspond au potentiel le plus élevé (*cf*. figure 3b).

Avec ces premiers jalons, les agents-groupes Bantu apparaissent comme les héritiers des agents-groupes du modèle HU.M.E. précédent, alors que les agents-groupes Pygmées en représentent une version simplifiée. Le principal moteur des déplacements reste l'insuffisance des ressources mais il reste à formaliser la forme des interactions entre ces deux types d'agents aux capacités et préférences différentes.

Formalisation de l'interaction entre groupes aux comportements différents

Une interaction entre groupes se produit lors d'une co-localisation dans une même cellule. La forme de cette interaction varie selon qu'il s'agit de deux agents-groupes de même type (auquel cas la formalisation est la même que dans HU.M.E.) ou de deux agents-groupes de type différent. Dans ce dernier cas, les règles ont été formulées de manière à rendre compte d'une relation de « dépendance » réciproque, mais asymétrique, entre groupes Pygmées et Bantu : les premiers fournissent des ressources aux seconds, facilitant ainsi leur survie. L'objectif n'est pas de modéliser le processus qui a conduit à l'émergence de cette relation (qui a évolué au cours du temps), mais d'explorer quel rôle de telles interactions ont eu sur les rythmes de déplacement des Bantu : par exemple les échanges avec des agents-groupes Pygmées contribuent-ils à un passage plus rapide et/ou plus « sûr » des agents-groupes Bantu vers le sud ? Les conditions d'un tel résultat pourront être interprétées comme des facteurs facilitant la colonisation de nouveaux territoires.

Dans le modèle, cette relation de « dépendance » entre agents-groupes Bantu et Pygmées est formalisée par un « lien » qui apparaît ou disparaît selon certaines conditions. Le lien est créé lorsqu'un agent-groupe Bantu se trouve au voisinage (sur la même cellule ou sur une cellule voisine) d'un agent-groupe Pygmée. Supposons que l'agent-groupe Bantu représenté sur la figure 4.a dispose de trop peu de ressources dans la cellule sur laquelle il se trouve. Il doit donc se déplacer et évalue les ressources des cellules voisines. Les cellules à l'est et au sud lui offrent un même niveau de ressources, supérieur à celui de la cellule forestière au nord (par application de la fonction d'utilité décrite en figure 3). Un tirage aléatoire est effectué dans ce cas de figure, qui conduit, dans l'exemple représenté, à opter pour la cellule à l'est. L'existence d'un agent-groupe Pygmées dans la cellule voisine amène alors la création d'un lien connectant les deux groupes (figure 4.b). Ce lien n'a été anticipé par aucun des agents, il apparaît quand le contexte de proximité le permet. L'existence de ce lien intervient ensuite à deux niveaux :

- au niveau des ressources de l'agent-groupe Bantu : les ressources exploitées sur la cellule sur laquelle il se trouve sont augmentées des ressources exploitables par l'agent-groupe Pygmée avec lequel il est connecté (figure 4.b). La quantité de ressources transférées de l'agent-groupe Pygmée[37] à l'agent-groupe Bantu est déterminé par un paramètre (Ω). Toutes choses égales, cette cellule sera donc plus « rentable » pour l'agent-groupe Bantu et la conséquence est qu'il pourra y rester plus longtemps.

- au niveau des déplacements futurs des agents-groupes : le lien joue comme un « élastique » et lorsque l'un des deux agents-groupes se déplace, le lien se met en « tension » et exerce une force qui va influer sur le choix de la cellule de destination (figure 4.c). Chaque agent-groupe cherche en effet, lorsqu'il se déplace, à minimiser la distance au groupe avec lequel il est « connecté ». L'existence du lien joue ainsi sur la direction du déplacement lorsque l'agent doit se déplacer et ce pour les Pygmées comme pour les Bantu. Au-delà d'une certaine distance (portée maximale), le lien se rompt (figure 4d). Cette règle traduit le caractère « réciproque » de la relation dans la mesure où chaque agent-groupe est attiré par l'agent-groupe auquel il est connecté. Elle permet de nuancer le simple effet de domination induit par la règle précédente. Les travaux empiriques montrent en effet que les Pygmées sont

[37] Pour l'agent-groupe Pygmée, tout se passe comme s'il devait exploiter la forêt pour un groupe plus important, sans que cela ait de conséquences sur la ressource existante. Une telle règle est justifiée par la nature de la ressource transférée (chasse et cueillette), moins consommatrice de biomasse que l'exploitation agricole de l'agent-groupe Bantu.

intéressés par la proximité des Bantu qui peuvent leur fournir par exemple des outils facilitant l'exploitation des ressources en forêt[38].

Pour formaliser l'effet de ce lien sur le choix d'une cellule de destination par l'agent-groupe ayant à se déplacer, une fonction d'utilité combinant deux facteurs est utilisée : 1- l'attrait des ressources potentielles existant sur la future cellule et 2- la minimisation de la distance à l'agent-groupe avec lequel il est connecté. La fonction suivante, dite de Cobb-Douglas[39], a été utilisée pour formaliser les rôles combinés de ces deux facteurs:

$$U_{C,T}(D) = f_C(T, b_D) \times g(L)^{1-a}$$

Où
- $U_{C,T}(D)$ est l'utilité de la cellule de destination D pour un groupe de culture C (Bantu ou Pygmée) et de niveau technique T
- b_D est la quantité de biomasse se trouvant sur la cellule de destination D
- $f_C(T,b_D)$ est la capacité à exploiter une quantité de biomasse b_D pour un groupe de culture C et de niveau technique T (*cf.* figure 2).
- g(L) est la fonction exprimant l'effet du lien (de longueur L, calculée par la métrique euclidienne) avec un agent-groupe de culture différente lorsque celui-ci existe. La fonction g(L)= 1/(L+1) a été utilisée.
- *a* est le paramètre qui détermine le poids relatif de chacun des deux facteurs f et g lors du choix de la cellule de destination. Considérons le cas de l'agent-groupe Bantu de la figure 4c. Si *a* = 1, seule la capacité potentielle à exploiter la biomasse intervient dans le choix de la nouvelle destination, qui sera alors soit la cellule « sud », soit la cellule « ouest ». A l'inverse, si *a* = 0, seule intervient la minimisation de la distance avec l'agent-groupe Pygmée et le déplacement se fera vers le nord ou l'est. Dans les cas intermédiaires, les deux éléments interviendront dans le calcul de la meilleure cellule de destination. C'est donc la combinaison de la valeur plus ou moins élevée de *a* et de la différence des ressources exploitables dans les destinations possibles pour l'agent-groupe Bantu, qui déterminera son choix. Cette situation est illustrée par le passage de la figure 4c à 4d : si le poids donné aux ressources est prédominant, l'agent-groupe Bantu se déplacera vers le sud (cas du scénario 2), dans le cas inverse il choisira de se déplacer vers l'est (scénario 1).

Ainsi, l'agent-groupe Bantu « connecté » pourra rester plus longtemps sur une cellule grâce à la contribution de l'agent-Pygmée et ce lien aura donc pour effet de réduire la vitesse de sa trajectoire. Par ailleurs l'existence du lien va influencer la direction de cette trajectoire lors d'un déplacement.

Simuler le franchissement de la forêt équatoriale par les populations Bantu

Une fois construit, le modèle permet d'explorer le rôle des différents paramètres sur la manière dont se fait l'expansion Bantu vers le sud et notamment le franchissement de

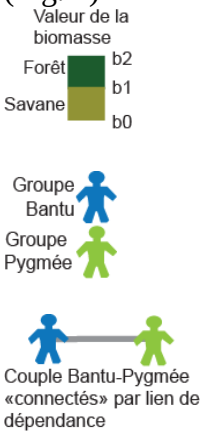
[38] Dans les faits, à l'époque actuelle, les Bantu ont besoin des Pygmées, principalement pour la viande de chasse et pour le travail dans les champs. Par ailleurs, les Pygmées sont dépendants des Bantu pour vivre dans la forêt : outils en fer, nourriture issue de l'agriculture sans laquelle vivre en forêt serait difficile voire impossible. Le choix a été fait ici d'un côté d'introduire de manière générale et implicite l'effet symétrique de la relation (chacun étant attiré par l'autre) et de l'autre d'expliciter le lien de domination par un transfert matériel de ressources. Nous reviendrons sur ce choix dans la discussion.

[39] La fonction de Cobb-Douglas est utilisée en économie pour exprimer de manière multiplicative les effets de différents facteurs, chacun étant affecté d'un coefficient.

l'obstacle que constitue la forêt. Il s'agit ainsi d'étudier dans le monde du modèle les principales questions thématiques développées plus haut :
- Quelles ont été les fréquences, formes et rythmes du franchissement de la forêt par les groupes Bantu ?
- Quel rôle ont joué les groupes Pygmées au cours de cette transition ?

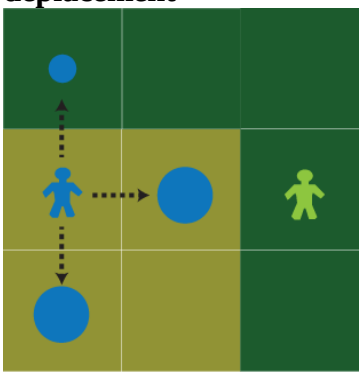
Une première étape a consisté à élaborer des indicateurs permettant de caractériser les sorties des simulations. Un plan d'expérience a ensuite été construit pour analyser les résultats du modèle pour différentes configurations de paramètres. Une analyse de sensibilité informelle[40] a été réalisée en faisant varier les paramètres clés. Trente réplications ont été réalisées par jeu de paramètres et les résultats des simulations sont représentés à l'aide de graphiques et de cartes pour caractériser la situation à l'itération t=4000, qui offre une bonne base pour une comparaison des résultats des différentes simulations. Nous présentons ici les premiers résultats obtenus.

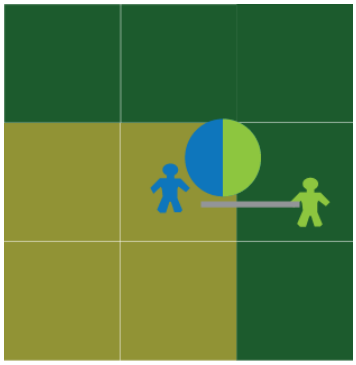
(Fig. 4)



Evaluation des ressources par l'agent-groupe Bantu, avant déplacement

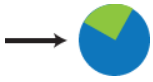
Ressources effectives après déplacement





b

- Ressources potentielles plus importantes au « sud » et à « l'est » de la position de l'agent-groupe Bantu en t1.



- Ressources effectives, après déplacement dans la cellule « est » en tenant compte de l'exploitation du lien de dépendance

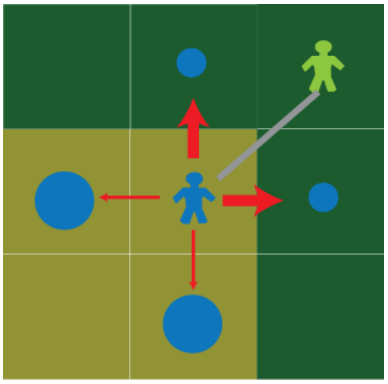
(a)

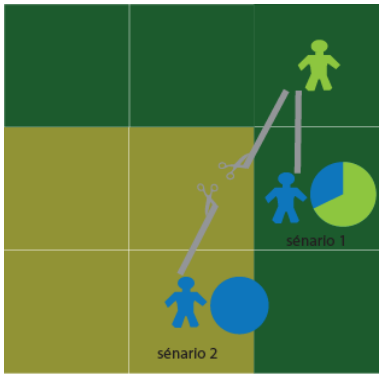
Evaluation de ressources par le groupe Bantu après déplacement du groupe Pygmée

(b)

Ressources effectives après déplacement (2 scenari)

[40] A l'instar de Heckbert (2013), nous utilisons ce terme pour qualifier une analyse qui n'a pas exploré de manière systématique tout l'espace des paramètres, mais dans laquelle cette exploration est guidée par les résultats des simulations précédentes, sous une forme interactive.





Intensité de la contribution du lien au calcul d'utilité.
Le groupe Pygmée s'est déplacé. L'agent-groupe Bantu évalue les 4 cellules voisines en fonction des ressources présentes et de la minimisation de la « tension » du lien. Selon le paramètre *a*, l'une ou l'autre des situations sera préférée.

(c)

2 scenari :
- Si le choix du groupe Bantu est le déplacement vers le sud, le lien casse et les ressources disponiblesse calculent sans transfert
- Si le choix du groupe Bantu le mène à se déplacer vers l'est, le groupe Bantu continue de bénéficier de l'apport du groupe Pygmée.

(d)

Figure 4 : Formalisation d'un « lien » réciproque mais asymétrique entre agents-groupes Bantu et Pygmées : point de vue des agents-groupes Bantu (la colonne de gauche illustre les situations avant déplacement de l'agent-groupe Bantu et celle de droite la situation après le déplacement).

Construction d'indicateurs pour caractériser le passage de la forêt par les agents-groupes Bantu

Afin de caractériser les trajectoires des agents-groupes Bantu, trois zones géographiques ont été distinguées dans la grille de simulation (figure 5.1) : la zone 1 occupée par la savane au nord, la zone 2 correspondant à la forêt, avec deux corridors de savane situés au centre et à l'est de la grille, et la zone 3 occupée par la savane au sud de la forêt. Pour caractériser globalement les résultats des simulations, il s'agit de construire des indicateurs qui décrivent la manière dont se fait le passage de la forêt lors de l'expansion Bantu vers le sud. Quatre indicateurs ont été élaborés :
- Deux indicateurs concernent la « tentative » et la « réussite » du franchissement de la forêt. Notons que nous utilisons ici le terme de « tentative de traversée de la forêt » alors même que les agents-groupes Bantu n'ont pas d'objectif « global », mais uniquement un objectif local (déplacement vers la cellule voisine qui leur permet d'optimiser l'exploitation des ressources). La « réussite » du franchissement de la forêt et l'expansion du peuplement au sud de celle-ci sont donc des propriétés émergentes du système de peuplement. Pour calculer le nombre de tentatives de franchissement de la forêt, chaque entrée dans la zone 2 par un agent-groupe Bantu est interprétée comme le début d'une tentative de franchissement. Trois destins sont alors possibles ; - l'agent-groupe Bantu manque de ressources et disparaît (figure 5.2) ; - l'agent-groupe Bantu revient en zone 1 (figure 5.2) ; - l'agent-groupe Bantu « achève » le franchissement et arrive en zone 3 (figure 5.3). Dans les deux premiers cas, le franchissement est interprété comme un échec, dans le troisième comme une réussite. Les deux indicateurs

correspondent respectivement à un comptage (nombre de tentatives de franchissement) et à un calcul de pourcentage (part des franchissements réussis).
- La durée moyenne de franchissement de l'obstacle est calculée à partir du nombre total d'itérations passées en zone 2 par l'ensemble de tous les groupes ayant réussi à passer de la zone 1 à la zone 3 (figure 5.3). Ce nombre d'itérations est interprété comme la durée du franchissement de la forêt.
- Un dernier indicateur décrit la forme de franchissement de la forêt, *i.e.* quels sont les itinéraires privilégiés. Il calcule le pourcentage de temps passé respectivement dans chacun des deux milieux forêt et corridors de savane, par l'ensemble de tous les groupes ayant réussi le franchissement de l'obstacle (figure 5.3).

(Fig. 5)

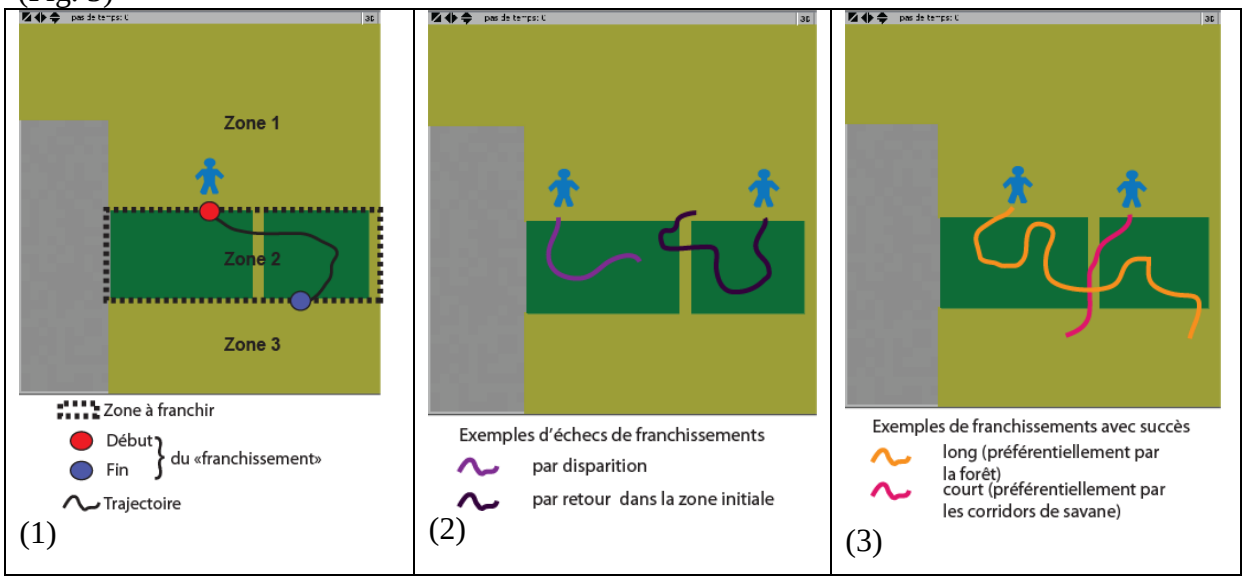


Figure 5 : Calcul des indicateurs de franchissement d'un obstacle.

Les expérimentations qui ont été menées sont associées aux processus suivants :
- l'effet répulsif de la forêt, à travers le paramètre déterminant la capacité à exploiter la biomasse correspondant à la forêt (valeur $f_B(b_f)$ sur la figure 3).
- le rôle joué par les interactions avec les agents-groupes Pygmées sur les trajectoires des agents-groupes Bantu.

Effet répulsif de la forêt sur l'expansion des agents-groupes Bantu

Le paramètre testé ici correspond à la capacité des agents-groupes Bantu à exploiter la biomasse en milieu forestier. Cette capacité $f_B(b_f)$ décroit brutalement à partir du seuil « b_f » (figure 3). Trois valeurs différentes de b_f ont été testées : chacune correspond à un niveau de perte de capacité à exploiter des ressources pour un agent-groupe Bantu se trouvant en forêt relativement à ce qu'il pourrait exploiter en milieu de savane (les valeurs testées correspondent respectivement à 78%, 97% et 99,5% de perte). Les résultats des simulations montrent que les agents-groupes Bantu tentent moins souvent de franchir l'obstacle lorsque l'incapacité à exploiter la biomasse de forêt augmente. Le nombre de tentatives de franchissement de la forêt est cinq fois plus important pour la valeur la plus forte de ce paramètre que pour la plus faible. Le pourcentage de réussite du franchissement est en revanche stable et proche de 10%. Ainsi, une fois qu'il a pénétré dans la zone 2 (*cf.* figure 5.1), l'agent-groupe a une chance sur dix de « réussir ». Enfin, le mode de franchissement diffère, de manière attendue, suivant les valeurs du paramètre, les corridors de savane étant

d'autant plus fréquemment utilisés par les agents-groupes Bantu que leur incapacité à exploiter la biomasse de la forêt est élevée (figure 6). L'expansion Bantu se fait donc à des vitesses et suivant des itinéraires différents mais dans tous les cas elle se fait, quel que soit le niveau de répulsion de la forêt.

(Fig. 6)

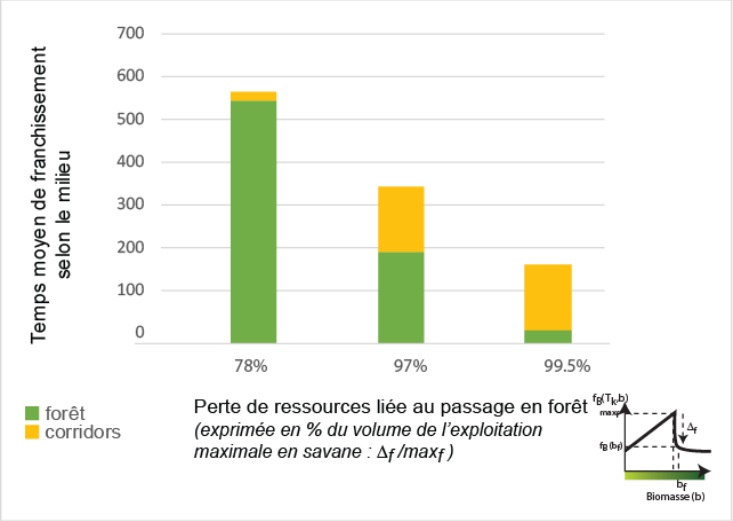


Figure 6 : Variété des temps de franchissement en fonction de la capacité d'exploiter la biomasse de la forêt pour les agents-groupes ayant franchi la forêt.

Effets des interactions avec les agents-groupes Pygmées sur l'expansion Bantu

Le lien entre un groupe-Bantu et un groupe-Pygmée intervient à travers deux paramètres :
- le paramètre « a » (défini plus haut) qui intervient lors du choix de la destination de l'agent-groupe Bantu. Ce paramètre varie entre 0, où seule intervient la minimisation de la distance à l'agent-groupe avec lequel existe un lien, et 1 où seule la valorisation des ressources est prise en compte ;
- le paramètre Ω qui mesure la contribution de l'agent-groupe Pygmée à la subsistance de l'agent-groupe Bantu en termes de ressources : plus ce paramètre est élevé, plus la quantité de biomasse fournie par l'agent-groupe Pygmée à l'agent-groupe Bantu avec lequel il est « en lien » est importante. Ce paramètre varie entre 0, où aucun transfert n'est opéré, et 1, où l'agent-groupe Pygmée fournit une quantité équivalente à celle qu'il exploite pour lui-même.

L'effet de chacun de ces deux paramètres a été testé séparément.
Les résultats de la simulation montrent que plus le paramètre « a » est faible, plus les tentatives de franchissements sont nombreuses (division par 6 entre a=20 et a=100) (figure 7). En parallèle, les durées des traversées sont plus longues et la part relative du temps passé en forêt plutôt que dans les corridors de savane est plus importante. Ce résultat suggère que pour ces situations où l'effet du lien est prédominant, les formes de franchissement sont proches d'une « marche aléatoire conditionnelle» à travers la forêt, agents-groupes Bantu et Pygmées avançant par paires. Par ailleurs, on a pu observer que le pourcentage de réussite est indépendant de la valeur de ce paramètre, mais que le nombre total de passages sera finalement supérieur étant donné que le nombre de tentatives augmente.

(Fig. 7)

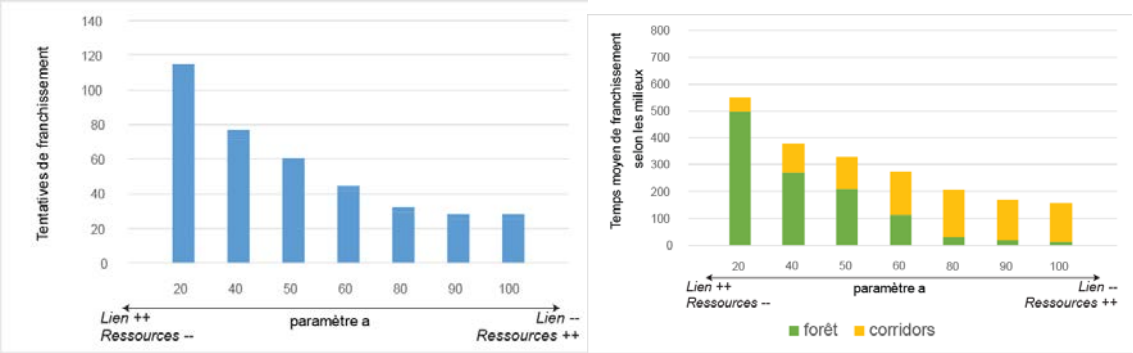


Figure 7 : Sensibilité des résultats des simulations au paramètre « a »
« a » exprime le poids relatif attribué aux ressources et à la distance de l'agent-groupe Pygmée avec lequel l'agent-groupe Bantu est « en lien » lors de son choix de destination.

Trois valeurs du paramètre Ω relatif au transfert de ressources entre un agent-groupe Pygmée et un agent-groupe Bantu ont ensuite été testées. Le nombre de tentatives de franchissement apparaît stable pour les différentes valeurs. Cet effet peut paraître contraire à l'intuition dans la mesure où une aide des Pygmées pourrait a priori attirer les agents-groupes Bantu en forêt. Ce « don » de ressources vers un agent-groupe Bantu situé en lisière de forêt contribue cependant à ce que ce dernier ait moins besoin de se déplacer. Il semble donc que ces deux effets se compensent.
En revanche, la durée moyenne de franchissement de la forêt varie suivant les valeurs de Ω. Elle augmente avec l'importance du support apporté par l'agent-groupe Pygmée à l'agent-groupe Bantu. L'augmentation de la durée des séjours en zone 2 qui en découle illustre un effet « frein » induit par l'interaction avec les agents-groupes Pygmées. Le transfert de ressources permet à l'agent-groupe Bantu de survivre plus facilement dans ce milieu et il est de ce fait moins souvent incité à se déplacer. En termes d'itinéraires, le temps passé en forêt relativement à celui passé dans les corridors de savane diminue quand Ω augmente. Ce dernier résultat est contrintuitif : on aurait pu imaginer, en effet, que les agents-groupes Bantu restent en forêt plus longtemps, puisque les ressources données par les agents-groupes Pygmées leur permettent d'y survivre. Il semble cependant qu'un effet d'interaction se combine avec la préférence pour le milieu de savane pour privilégier des trajectoires à l'interface forêt / savane, dans les corridors au centre et à l'est de la forêt. Les agents-groupes Bantu restent en lisière de la forêt, dans leur milieu privilégié, et y restent davantage de temps grâce à l'apport des groupes Pygmées.

Discussion

Les résultats des simulations montrent que les interactions avec les agents-groupes Pygmées ont tendance à favoriser les tentatives de franchissement de la forêt et à globalement ralentir la vitesse de ce franchissement. L'introduction de règles spécifiques d'interaction entre agents-groupes Bantu et Pygmées, avec un « effet d'attraction réciproque », fait ainsi émerger le franchissement de l'obstacle par l'intérieur de la forêt, ce qui est compatible avec l'hypothèse « early-split » évoquée plus haut. Notons cependant qu'aucune intentionnalité n'est introduite dans le modèle. Les règles du modèle concernent des déplacements de proche en proche : le manque de ressources sur une cellule entraîne un déplacement sur une cellule voisine. Il n'y a pas intention de traverser la forêt pour occuper les territoires de savanes plus au sud. Il n'y a en fait pas connaissance de l'existence même de ces espaces. Le franchissement de la forêt par un ensemble de groupes et l'expansion méridionale sont des propriétés émergentes du modèle. Ce résultat montre que le franchissement de la forêt est possible sans qu'il y ait eu de projet de traverser cet environnement considéré comme un obstacle. Dans le monde du

modèle, la présence des agents-groupes Pygmées dans la forêt a deux conséquences : - rendre plus probable la pénétration dans ce milieu ; - augmenter le temps qui y est passé avant d'aboutir aux savanes du sud.
La différence entre le modèle HU.M.E., très générique, et le modèle HU.M.E.-2 et associé à une étude de cas précise, reflète la différence de généralité des transitions 1 et 2. La première est associée à la sortie d'Afrique et à la conquête du monde par *Homo sapiens* sans que ne soient précisées ni les échelles temporelle et spatiale, ni les lieux géographiques concernés. La seconde concerne l'expansion d'un peuplement précis (celui des Bantu), dans un cadre géographique donné et surtout dans un contexte d'interactions particulier (entre populations Bantu et Pygmées). L'enjeu consistait cependant à formaliser une interaction qui soit suffisamment générique pour traverser une période de 3 000 ans, alors qu'au cours de l'histoire « réelle », les relations entre Bantu et Pygmées ont évolué, sans que les modalités de ces changements soient clairement connues par les spécialistes. Il s'agissait de trouver le dénominateur commun aux différentes formes d'interaction entre Bantu et Pygmées sur 3 000 ans. La métaphore de l'élastique pour qualifier et formaliser le lien répond à cet enjeu. Elle permet de rendre compte d'une dépendance dans les déplacements sans qu'il soit nécessaire de spécifier une forme de domination ou d'assujettissement précise entre les groupes modélisés. De ce fait, ce modèle pourrait être généralisé à tous les objets qui co-évoluent dans l'espace.

Bibliographie

Alves Isabel, Coelho Margarida, Gignoux Christopher, Damasceno Albertino, Prista Antonio, Rocha Jorge, « Genetic homogeneity across Bantu-speaking groups from Mozambique and Angola challenges early split scenarios between East and West Bantu populations », *Human Biology*, 83(1), 2011, p. 13–38.

Bahuchet Serge, « Les Pygmées D'aujourd'hui En Afrique Centrale », *Journal des africanistes*, 61(1), 1991, p. 5–35.

Bahuchet Serge, « Changements Culturels et Changements Linguistiques Dans La Forêt d'Afrique Centrale », *Revue d'ethnolinguistique (Cahiers du LACITO)*, 7, 1995, p. 43–69.

Bahuchet Serge, « Changing Language, Remaining Pygmy », *Human Biology*, 84(1), 2012, p. 11–43.

Bahuchet Serge, Guillaume Henri, « Aka-Farmer Relations in the Northwest Congo Basin », dans *Politics and History in Band Societies*, éd. par E. Leacock et R. Lee, Cambridge, Cambridge University Press, 1982, p. 189-211.

Barton Michael C., Riel-Salvatore Julien, « Agents of change: modeling biocultural evolution in Upper Pleistocene western Eurasia », *Advances in Complex Systems*, 15(1-2), 2012.

Bostoen Koen, « Pearl Millet in Early Bantu Speech Communities in Central Africa: A Reconsideration of the Lexical Evidence », *Afrika und Übersee*, 89, 2006, p. 183–213.

Bostoen Koen, Clist Bernard, Doumenge Charles, Grollemund Rebecca, Hombert Jean-Marie, Muluwa Joseph Koni, Maley Jean, « Middle to Late Holocene Paleoclimatic Change and the Early Bantu Expansion in the Rain Forests of Western Central Africa », *Current Anthropology*, 56(3), 2015, p. 354-384.

Bostoen Koen, Grollemund Rebecca, Muluwa Joseph Koni, « Climate-Induced Vegetation Dynamics and the Bantu Expansion: Evidence from Bantu Names for Pioneer Trees (*Elaeis Guineensis*, *Canarium Schweinfurthii*, and *Musanga Cecropioides*) », *Comptes Rendus - Geoscience*, 345(7-8), 2013, p. 336–349.

Diamond Jared, Bellwood Peter, « Farmers and Their Languages: The First Expansions », *Science*, 300(5619), 2003, p. 597–603.

Diamond Jared M., « Anthropology. Why Are Pygmies Small? », *Nature*, 354(6349), 1991, p. 111–112.

Ehret, Christopher, « Bantu Expansions: Re-Envisioning a Central Problem of Early African History », *The International Journal of African Historical Studies*, 34(1), 2001, p. 5–41.

Gowdy John., « Hunter-Gatherers and the Mythology of the Market », dans *The Cambridge Encyclopedia of Hunters and Gatherers*, éd. Par R. B. Lee et R. Daly, Cambridge, Cambridge University Press, 2004, p.391-398.

Grollemund Rebecca, « Nouvelles Approches En Classification : Application Aux Langues Bantu Du Nord-Ouest », Thèse de doctorat de l'Université Lumière Lyon 2, 2012.

Grollemund Rebecca, Branford Simon, Bostoen Koen, Meade Andrew, Venditti Chris, Pagel Mark, « Bantu Expansion Shows Habitat Alters the Route and Pace of Human Dispersals », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 112(43), 2015, p. 13296–13301.

Hazelwood Lee, Steele James, « Spatial Dynamics of Human Dispersals Constraints on Modelling and Archaeological Validation », *Journal of Archaeological Science*, 31(8), 2004, p. 669–679.

Heckbert Scott, « MayaSim: An Agent-Based Model of the Ancient Maya Social-Ecological System », *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 16 (4), 2013.

Hitchcock Robert K., « Introduction: Africa », dans *The Cambridge Encyclopedia of Hunters and Gatherers*, éd. par R. B. Lee et R. Daly, Cambridge, Cambridge University Press, 2004, p.175-184.

Hombert Jean-Marie, Hyman Larry (Eds.), *Bantu Historical Linguistics: Theoretical and Empirical Perspectives*, Stanford, CSLI Publications, 1999.

Ichikawa Mitsuo, « Mbuti », dans *The Cambridge Encyclopedia of Hunters and Gatherers*, éd. par R. B. Lee et R. Daly, Cambridge, Cambridge University Press, 2004, p.210-214.

Lake, Mark W., « Trends in Archaeological Simulation »,*Journal of Archaeological Method and Theory*, 21(2), 2014, p. 258–287.

Li Sen, Schlebusch Carina, Jakobsson Mattias, « Genetic Variation Reveals Large-Scale Population Expansion and Migration during the Expansion of Bantu-Speaking Peoples », *Proceedings of the Royal Society of London B (Biological sciences)*, 281, 2014, p. 20141448.

Maley Jean, « La destruction catastrophique des forêts d'Afrique centrale survenue il y a environ 2500 ans exerce encore une influence majeure sur la répartition actuelle des formations végétales », *Systematics and Geography of Plants*, 71, 2001, p. 777-796.

Nettle Daniel, « Language Diversity in West Africa : An Ecological Approach », *Journal of Anthropological Archaeology*, 15, 1996, p. 403–438.

Neumann Katharina, Bostoen Koen, Höhn Alexa, Kahlheber Stefanie, Ngomanda Alfred, Tchiengué Barthelémy, « First farmers in the Central African rainforest: A view from southern Cameroon», *Quaternary International*, 249, 2012, p. 53–62.

Ngomanda Alfred, Chepstow-Lusty Alex, Makaya Mvoubou, Favier Charles,Schevin Patrick,Maley Jean, Fontugne Michel, Oslisly Richard, Jolly Dominique, « Western equatorial African forest-savanna mosaics: a legacy of late Holocene climatic change?», *Climate of the Past Discussions*, 5(1), 2009, p. 341–367.

Ngomanda Alfred, Neumann Katharina, Schweizer Astrid, Maley Jean, « Seasonality change and the third millennium BP rainforest crisis in southern Cameroon (Central Africa)», *Quaternary Research*, 71(3), 2009, p. 307–318.

Parisi Domenico, Antinucci Francesco, Natale Francesco, Cecconi Federico, « Simulating the expansion of farming and the differentiation of European languages », dans *Origin and Evolution of Languages Approaches, Models, Paradigms*, éd. par B. Laks, S. Cleuziou, J.-P. Demoule et P. Encrevé, London, Equinox Publishing, 2008, p. 192-214.

Patin Etienne, Laval Guillaume, Barreiro Luis B., Salas Antonio, Semino Ornella, Santachiara-Benerecetti Silvana, Kidd Kenneth K., Kidd Judith R., Van Der Veen Lolke, Hombert Jean-Marie, Gessain Antoine, Froment Alain, Bahuchet Serge, Heyer Evelyne, Quintana-Murci Lluís, « Inferring the Demographic History of African Farmers and Pygmy Hunter-Gatherers Using a Multilocus Resequencing Data Set », *PLoS Genetics*, 5(4), 2009.

Patin Etienne, Siddle Katherine J., Laval Guillaume, Quach Hélène, Harmant Christine, Becker Noémie, Froment Alain, Régnault Béatrice, Lemée Laure, Gravel Simon, Hombert Jean-Marie, Van der Veen Lolke, Dominy Nathaniel J., Perry George H., Barreiro Luis B., Verdu Paul, Heyer Evelyne, Quintana-Murci Lluís, « The Impact of Agricultural Emergence on the Genetic History of African Rainforest Hunter-Gatherers and Agriculturalists », *Nature communications*, 5, 2014, p. 3163.

Perry George H., Foll Matthieu, Grenier Jean-Christophe, Patin Etienne, Nédélec Yohann, Pacis Alain, Barakatt Maxime, Gravel Simon, Zhou Xiang, Nsobya Sam L., Excoffier Laurent, Quintana-Murci Lluís, Dominy Nathaniel J., Barreiro Luis B., « Adaptive, Convergent Origins of the Pygmy Phenotype in African Rainforest Hunter-Gatherers », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 111(35), 2014, p. E3596–E3603.

Plaza Stéphanie, Salas Antonio, Calafell Francesc, Corte-Real Francisco, Bertranpetit Jaume, Carracedo Ángel, Comas David, « Insights into the Western Bantu Dispersal: mtDNA Lineage Analysis in Angola », *Human Genetics*, 115(5), 2004, p. 439–447.

Premo Luke S., « The Shift to a Predominantly Logistical Mobility Strategy Can Inhibit Rather than Enhance Forager Interaction », *Human Ecology*, 40(4), 2012, p. 647–649.

Quintana-Murci Lluís, Quach Hélène, Harmant Christine, Luca Francesca, Massonnet Blandine, Patin Etienne, Sica Lucas, Mouguiama-Daouda Patrick, Comas David, Tzur Shay, Balanovsky Oleg, Kidd Kenneth K., Kidd Judith R., van der Veen Lolke, Hombert Jean-Marie, Gessain Antoine, Verdu Paul, Froment Alain, Bahuchet Serge, Heyer Evelyne, Dausset Jean, Salas Antonio, Behar Doron M., « Maternal Traces of Deep Common Ancestry and Asymmetric Gene Flow between Pygmy Hunter-Gatherers and Bantu-Speaking Farmers », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 105(5), 2008, p. 1596–1601.

Russell Thembi, Silva Fabio, Steele James, « Modelling the Spread of Farming in the Bantu-Speaking Regions of Africa: An Archaeology-Based Phylogeography », *PLoS ONE*, 9(1), 2014.

Schwartz Dominique, « Assèchement Climatique Vers 3000 B.P. et Expansion Bantu En Afrique Centrale Atlantique : Quelques Réflexions », *Bulletin de la Société géologique de France*, 3, 1992, p. 353–361.

Vansina Jan, « New Linguistic Evidence and "the Bantu Expansion" », *The Journal of African History*, 36(2), 1995, p. 173–195.

Verdu Paul, Austerlitz Frederic, Estoup Arnaud, Vitalis Renaud, Georges Myriam, Théry Sylvain, Froment Alain, Le Bomin Sylvie, Gessain Antoine, Hombert Jean-Marie, Van der Veen Lolke, Quintana-Murci Lluís, Bahuchet Serge, Heyer Evelyne, « Origins and Genetic Diversity of Pygmy Hunter-Gatherers from Western Central Africa »,*Current Biology*, 19(4), 2009, p. 312–318.

Verdu Paul, Becker Noémie S. A., Froment Alain, Georges Myriam, Grugni Viola, Quintana-Murci Lluís, Hombert Jean-Marie, Van der Veen Lolke, Le Bomin Sylvie, Bahuchet Serge, Heyer Evelyne, Austerlitz Frédéric, « Sociocultural Behavior, Sex-Biased Admixture, and Effective Population Sizes in Central African Pygmies and Non-Pygmies », *Molecular biology and evolution*, 30(4), 2013, p. 918-937.