
Région et Développement

n° 51-2020

www.regionetdeveloppement.org

Changement climatique et migrations : un nouveau regard à travers les migrations nomades dans la Chine historique

Olivier DAMETTE*
Qing PEI**

Résumé - Nous analysons l'impact des variations climatiques sur les mouvements migratoires des nomades à travers une étude cliométrique sur deux mille ans d'histoire de la Chine Impériale. Nos résultats économétriques permettent d'identifier des sous-régimes temporels et climatiques à travers une analyse de séries temporelles non linéaire. Lorsque les pluies se sont avérées insuffisantes, les migrations des nomades du Nord au Sud de la Chine se sont intensifiées. Dans ces régimes, les températures, probablement trop élevées, ont accentué ce phénomène, ce qui n'avait pas été détecté dans la littérature. Si le rôle des précipitations a peut-être été quelque peu surévalué, le rôle des variations de températures, du moins l'interaction entre les variables climatiques, a peut-être été sous-estimé. Le changement climatique, en modifiant les rendements des terres des nomades « pastoralists » dans les régimes climatiques arides ou semi-arides, a été à l'origine de nombreux mouvements migratoires. Les populations nomades se sont adaptées au changement climatique en se dirigeant vers le Sud où les cultures agricoles étaient plus propices à se développer. Cependant, ces mouvements ont probablement été à l'origine de nombreux conflits interpersonnels initiés par les nomades et auxquels les « agriculturalists » du Sud ont répondu. Ces résultats alertent sur les liens entre le changement climatique, les migrations et les conflits qui peuvent s'accroître dans les pays en développement dans les années à venir.

Classification JEL

C22, F22, Q54

Mots-clés

Climat
Migrations de nomades
Chine historique
Modèle non linéaire de séries temporelles

* BETA, Université de Lorraine ; olivier.damette@univ-lorraine.fr

** The Education University of Hong-Kong, Department of Social Sciences, Hong-Kong ;
qingpei@eduhk.hk

INTRODUCTION

Depuis la synthèse de Dell et al. (2014) dans le *Journal of Economic Literature* et plus récemment l'article de Hisang et Kopp (2018) dans le *Journal of Economic Perspectives*, la communauté scientifique des économistes commence à alerter sur l'effet qu'exercerait le changement climatique et son accélération depuis le début des années 1980 (montée des températures, accroissement des épisodes de sécheresse et de fortes températures, etc.) sur les performances économiques à long terme. Que cela passe par les rendements agricoles, l'inflation du prix des matières premières, la décroissance de la productivité globale des facteurs ou plus généralement par une modification de la dynamique de croissance et des évolutions sociales (conflits interpersonnels, guerres etc.), le changement climatique aurait déjà été à l'origine de nombreuses crises globales de nos sociétés (voir Parker, 2013).

Au-delà de son impact sur les outputs économiques et sociaux précités, le facteur climatique serait un déterminant majeur des mouvements migratoires par les pressions et les transformations qu'ils exercent sur le cadre de vie. Récemment, Missirian et Schlenker (2017) prédisent que, *ceteris paribus*, le nombre de demandeurs d'asile à la fin du siècle devrait augmenter, en moyenne, de 28% (98000 par an) à 188% (660000) selon que les scénarios plus ou moins pessimistes (RCP 4.5 ou 8.5) soient retenus pour les 21 modèles climatiques de la NASA (Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections, NEX-GDDP) étudiés. L'intérêt des analyses exploratoires des effets du changement climatique sur les migrations à partir du simple prolongement des tendances que l'on obtiendrait à partir d'estimations de données contemporaines peut pourtant apparaître limité (Burzynski et al., 2019) alors que les prévisions des climatologues et plus largement de la communauté scientifique quant aux effets du changement climatique sont incertaines.

Aussi pourrait-il s'avérer intéressant de proposer une analyse cliométrique des dynamiques du passé, c'est-à-dire une analyse historique de très long terme, de manière à appréhender comment les évolutions climatiques ont pu modifier les différentes composantes de la vie économique et sociale (Damette et al., 2020) dans le passé et par ce biais expliquer l'évolution plus particulière des mouvements migratoires consécutifs à des chocs climatiques. Le canal du climat vers la production agricole était en effet particulièrement important dans les sociétés préindustrielles caractérisées par un faible niveau technologique et par là même un haut niveau de dépendance aux conditions climatiques.

Ici, nous focalisons notre travail sur le territoire de la Chine sur le très long terme, de -220 ans au début du 20^e siècle dans une optique que l'on pourrait qualifier de cliométrique puisqu'elle mêle analyse historique et quantification économétrique. Comprendre les relations entre variables climatiques et sociétales, qu'il s'agisse de corrélations ou de liens causaux, peut s'avérer riche en enseignements pour mieux appréhender les évolutions à venir et inférer les effets du changement climatique sur les migrations dans les années futures. L'intérêt plus général de ce travail est d'étudier les relations entre la nature, le climat, et la société à une échelle temporelle et géographique large.

Dans les sociétés préindustrielles, les variations climatiques sont susceptibles d'avoir été à l'origine de crises humaines globales (voir le remarquable ouvrage de Parker, 2013, sur le 17^e siècle notamment) et de variations importantes des niveaux de population comme l'ont mis en évidence de manière large pour l'Europe (Zhang et al., 2011, Pei et al., 2015 parmi d'autres) ou la Chine (Pei et al., 2016b). Les sociétés préindustrielles, agraires et pastorales, étaient plus facilement affectées par les variations climatiques du fait de l'absence ou de la faible présence de capacités et moyens d'adaptation, notamment technologiques. Hiérarchiquement, les sociétés pastorales étaient encore plus fragiles que les sociétés agricoles ou qui précèdent

tout juste la révolution industrielle. Leur analyse à la fois en termes de réaction aux chocs et d'adaptation peut donc s'avérer précieuse pour mieux prévoir les effets du changement climatique en cours, notamment sur les pays en développement dont les caractéristiques de ces pays peuvent être assez proches des économies préindustrielles.

Dans ce qui suit, nous revisitons les effets du changement climatique, entendu ici principalement par les sécheresses et les refroidissements subis par les populations au cours du temps, sur les migrations et indirectement sur les probabilités de conflits interpersonnels. Notre analyse, de nature cliométrique, vise à appliquer des outils adéquats de l'économétrie des séries temporelles pour mieux identifier les relations entre les variations du climat et les migrations au cours de la Chine impériale. Bien évidemment, cela nécessite de disposer de données et *proxies* solides et d'une méthodologie adaptée à ces séries historiques.

1. LITTÉRATURE ET HYPOTHÈSE DE TRAVAIL

Les premiers travaux à avoir associé le changement climatique aux migrations des populations nomades en Chine remontent à Fang (1990) et Fang et Liu (1992). Selon Pei et Zhang (2014) lesquels s'appuient notamment sur Fang et Liu (1992) et Bai et Kung (2011), les populations nomades provenaient essentiellement de Haute-Asie et des steppes d'Asie Centrale, de Mongolie et d'Europe de l'Est. Ces populations nomades étaient considérées dans le passé comme ayant des comportements de type barbare et occupaient initialement principalement le Nord de la Chine. Leurs mouvements et migrations vers le Sud notamment, s'accompagnaient de menaces et d'invasions que ce soit sous les Han ou d'autres minorités comme les Tangs ce qui généra de nombreux conflits entre nomades et populations sédentaires dans la Chine historique, on parle de conflits « nomads-agriculturalists » ou « pastoralists-agriculturalists ».

Pour Pei et al. (2014, 2016a, 2019), les terres du Nord où se concentrent à l'origine les nomades « pastoralists » sont des terres arides ou semi-arides. La fertilité des terres y est limitée et la productivité des terres est principalement dépendante du niveau de précipitations. Les terres permettant davantage la culture du blé ou du riz étaient situées dans la partie Sud de la Chine, la plus au Sud pour le riz. Pour acquérir des ressources alimentaires pour leur survie lors de chocs climatiques notamment qui réduisent les productions agricoles et les conditions de subsistance, les tribus nomades du Nord ont été tentées de se déplacer vers le Sud. L'hypothèse défendue ici est donc que la migration des nomades du Nord vers le Sud a constitué une réponse et une adaptation au changement climatique pour leur permettre leur survie (ce point de vue a été défendu de manière plus générale par Marsella et Ring, 2003). Au contraire, les populations agraires et les exploitations agricoles – on parle même d'empires agraires – étaient localisées sur les territoires du Sud. La fertilité des terres y est moins limitée et se prête davantage à l'agriculture. Par ailleurs, Pei et Zhang (2014) et Pei et al. (2017) soulignent que les populations agraires perpétuaient une culture de la stabilité et de conservation des terres ancestrales (ils citent notamment Lee, 1978) et n'avaient pas d'intérêt à migrer au Nord. Des mouvements migratoires, notamment par le biais de conquêtes militaires, de la part des sédentaires agricoles du Sud vers le Nord du pays étaient donc peu probables. Les statistiques opérées sur les archives d'évènements migratoires vont en ce sens puisque plus de 72% des mouvements migratoires sont des mouvements Nord/Sud.

Un changement climatique est donc davantage susceptible de modifier les comportements et les déplacements des populations vers d'autres territoires et en particulier vers le Sud de la Chine toutes choses égales par ailleurs en réduisant la bio-productivité des prairies et en accroissant la désertification de populations situées

dans des territoires les rendant particulièrement vulnérables au climat par des modifications de leur écosystème. Ce sont probablement les chocs climatiques qui sont à l'origine des déplacements des nomades et probablement d'une part importante des conflits entre des nomades et des fermiers du Nord suite au déplacement des populations nomades. Su et al. (2016) par exemple établissent un lien entre le changement climatique et les guerres qui éclatèrent entre nomades et groupes fermiers sous la dynastie Han de l'Ouest au régime dynastique des Tangs. Il faut préciser par ailleurs que si des conflits entre nomades et fermiers avaient également lieu au Nord, on parle d'invasion nomade vers le Sud et plutôt de conflits de défense des fermiers vers le Nord. Cela implique que la latitude géographique des conflits a été utilisée comme information pour étudier les changements géopolitiques de la Chine.

Les rares études précédentes ont cherché à identifier l'impact du changement climatique, *via* les températures et les précipitations sur les migrations des nomades et leur éventuel lien avec l'émergence de conflits inter-personnels, principalement au Sud de la Chine, sur une longue période historique de près de deux mille années (-220 avant J.-C. à 1910 pour Pei et Zhang, 2014) couvrant ainsi les principales périodes de la Chine impériale jusqu'à son achèvement en 1911. L'apport des travaux de Pei et Zhang (2014) et en corolaire de Pei et al. (2016, 2017) est d'avoir proposé pour la première fois un test économétrique et une analyse quantitative en se basant sur l'analyse de Fang et Liu (1992). Le point commun de ces analyses est de défendre l'idée que les relations complexes entre l'homme et la nature doivent être analysées à une large échelle temporelle et géographique et ce, en ayant recours à des analyses quantitatives mêlant corrélation, analyse de régression multiple ou encore causalité à la Granger, qu'ils qualifient parfois de « *broad-brush approach* ». Ce travail de type cliométrique, même s'il ne s'en réclame pas, se fonde sur des séries temporelles longues sur une échelle géographique large et sur la dynamique des comportements au cours du temps et défend l'idée que le travail à grande échelle permet d'éviter l'hétérogénéité des résultats qui résulteraient de la seule considération de différentes échelles géographiques dans l'analyse de l'interaction entre le climat et la société. Bien évidemment, des dynasties, des régimes politiques et des facteurs exogènes différents se sont succédé sur des périodes aussi longues.

Les résultats principaux de la littérature précédente (Pei et Zhang, 2014, essentiellement) montrent qu'il existe a priori une corrélation négative entre les mouvements migratoires des nomades et les facteurs climatiques (écarts de précipitations et de températures) et une corrélation positive entre ces mouvements migratoires induits par le changement climatique et le nombre de conflits entre populations d'éleveurs (« *pastoralists* » dans le terme originel utilisé) et les populations de fermiers (« *agriculturalists* »). Les analyses de régression et de causalité confirment pourtant que seules les précipitations, et donc ici les périodes de sécheresse essentiellement, ont été la cause des mouvements migratoires – à la fois vers le Nord et vers le Sud de la Chine – lesquels semblent avoir causé, au sens de Granger, l'évolution de conflits interpersonnels au cours du temps.

Cependant, certaines limites semblent émerger de ces travaux. Tout d'abord, les méthodologies économétriques utilisées ne semblent pas complètement robustes, en particulier la prise en compte d'une importante autocorrélation générée par les caractéristiques des données reconstituées et ce, même si des trends déterministes ont été parfois considérés par les auteurs des études précédentes, probablement pour prendre en compte les tendances de facteurs inobservés au cours des deux mille ans d'histoire observés. En outre, le cadre empirique est contraint à des relations linéaires, et à des analyses de causalité à la Granger sur de très larges échantillons, ce qui semble peu adapté sur des périodes de temps aussi longues où l'on

peut penser que des régimes climatiques et migratoires différents ont pu se succéder avec des liens plus ou moins ténus au cours du temps et par sous-périodes.

2. MÉTHODOLOGIE ET DONNÉES

Dans un premier temps, nous tentons de répliquer les régressions de la littérature précédente. Il s'agit de régressions linéaires en séries temporelles avec ajouts de tendances déterministes. Bien que les articles précédents n'explicitent pas toujours les motivations de ce choix de modélisation, leur ajout a probablement pour objet de prendre en compte les dynamiques communes de facteurs inobservables et de contrôler l'autocorrélation qui caractérise la dynamique de la série migratoire. Pour tester la robustesse et la stabilité des paramètres, nous recourons à une modélisation ARDL¹ (modèle auto-régressif à retards distribués) qui est une forme plus flexible que la précédente (voir Pesaran et al., 2001). L'avantage de la modélisation ARDL est d'être très flexible et de prendre en compte d'éventuels problèmes d'hétérogénéité dans l'ordre d'intégration des variables et de traiter explicitement l'autocorrélation sérielle par le biais de variables retardées et différenciées. Cette modélisation permet également de distinguer des effets de court terme des effets de long terme de manière à expliciter des relations de convergence à plus ou moins long terme vers des comportements d'équilibre.

$$y_t = g + \sum_{i=1}^p a_i y_{t-i} + \sum_{i=0}^q b'_i X_{t-i} + e_t$$

avec y le nombre d'événements migratoires, X une matrice incluant les variables climatiques (anomalies de précipitations et de températures) lesquelles peuvent être purement $I(0)$ ou $I(1)$, c'est-à-dire intégrées d'ordre zéro ou d'ordre un et epsilon un terme d'erreur iid. Autrement dit, la variable dépendante est régressée sur ses propres valeurs passées ainsi que sur les valeurs courantes et passées des variables exogènes.

Dans un second temps, nous décidons d'aller bien au-delà des travaux précédents en évaluant d'éventuelles relations non-linéaires entre les variables climatiques et les migrations des nomades. Le fait de considérer un échantillon homogène sur près de deux mille ans ne cache-t-il pas des régimes différents ? Surtout la linéarité supposée ne conduit-elle pas à surestimer l'impact du climat sur les mouvements migratoires ? Le modèle non linéaire utilisé ici est un modèle simple de changement de régime (voir par exemple Teräsvirta et al., 2010). Ce modèle est linéaire par morceaux et la variable s est généralement supposée être continue et stationnaire. Lorsque $r=1$, le modèle redevient linéaire sur l'échantillon total.

$$y_t = \sum_{j=1}^r (b'_j z_t + e_{jt}) I(c_{j-1} < s_t < c_j)$$

où s_t est une variable de changement de régime observable

c_0, c_1, \dots, c_r sont des paramètres de seuil

$b_j = (b_{0j}, b_{1j}, \dots, b_{mj})'$ est tel que

$b_i \neq b_j$ pour $i \neq j$ avec $m = p + k + 1$

$e_{jt} = S_j e_{jt}, S_j > 0, j = 1, \dots, r$

¹ Nous avons également estimé un modèle ARMA dont les résultats sont cohérents avec ceux présentés ici.

Les données que nous utilisons sont similaires à celles utilisées précédemment par Pei et al. (2018, Quaternary International), Pei, Lee and Zhang (2017, The Holocene) et Pei et Zhang (2014) et consistent en un jeu de séries temporelles de trois principales variables (flux migratoires, anomalies de précipitations, anomalies de températures) couvrant la période allant de -200 à 1919.

Notre jeu de données climatiques consiste en l'utilisation de deux variables : une variable d'anomalie des températures et une variable d'anomalie des précipitations. En effet, les reconstructions de données climatiques historiques ont l'avantage de couvrir l'entièreté de la Chine sur la période mais ne sont pas des enregistrements réels pour chaque année, dont la disponibilité apparaît quasiment impossible. Il s'agit en effet de séries d'anomalies de températures qui ont été calculées à partir des données produites par Yang et al. (2002) qui consistent en des températures reconstruites à partir de plusieurs origines et *proxies* : glaciers, sédimentation des lacs, cernes des arbres, documents historiques, etc. Comme l'expliquent notamment Pei et Zhang (2014), d'autres reconstructions de températures pour la Chine existent par ailleurs comme celles de Yi et al. (2012) et Tan et al. (2003) mais elles ne couvrent pas géographiquement l'entièreté du pays. Ces séries, déjà utilisées par ailleurs par Pei et Zhang (2014) et également par Lee et Zhang (2013) dans des revues internationales spécialisées et leur qualité est admise par la communauté scientifique internationale pour retracer les fluctuations climatiques au cours du temps.

Les données de précipitations utilisées sont celles produites par Pei et Zang (2014) et ont été reconstruites à partir d'une synthèse réalisée sur 21 siècles et soumises à des contrôles à partir d'autres sources, à fréquence très faible (un point par cent ans) par exemple pour attester de leur fiabilité. Des données documentaires ont été privilégiées aux données reconstruites à partir de *proxies* comme les cernes des arbres ou les spéléothèmes de grottes produites, notamment, par Mann et al. (2008) et Büntgen et al. (2011). Leur production de données s'appuie également sur des sources historiques complémentaires et notamment des enregistrements de sécheresse et d'inondations, des relevés sur la surface des lacs ou des tempêtes de sable dont on sait qu'ils sont fortement corrélés avec les niveaux de précipitation. Au final, ces séries permettent de capter de manière adéquate l'alternance de périodes de sécheresse et d'humidité sur la période étudiée.

Les données migratoires utilisées ont également été utilisées dans la littérature existante et notamment par Pei et Zhang (2014) et Pei, Lee et Zhang (2017). Ces données proviennent de tables chronologiques de Chinese Migration History qui est une source renommée sur l'histoire des migrations historiques en Chine (Ge et al., 1997). L'ouvrage en question se base sur des archives de mouvements migratoires de scientifiques et historiens (928 enregistrements de -2100 à 1950) et couvre à la fois les migrations nomades, pastorales et agricoles. Nous nous focalisons ici sur les séries d'évènements migratoires nomades du Nord vers le Sud de la Chine qui sont produites à une fréquence décanale.

3. RÉSULTATS DES ESTIMATIONS ET DISCUSSIONS

La rare littérature précédente en géographie a traité le problème de la corrélation sérielle en modélisant des trends déterministes (linéaire, quadratique et cubique) dans le jeu de variables explicatives. Lorsque nous appliquons cette méthodologie à notre base de données (tableau 1), nous retrouvons des résultats proches, qualitativement du moins, de ceux déjà mis en évidence par Pei et Zhang (2014). Les trends sont bien significatifs à 1% et sont capables de capter l'autocorrélation ainsi que la non-linéarité des mouvements migratoires au cours du temps. L'effet des anomalies de précipitations est significativement négatif au seuil de 1% : une augmen-

tation des anomalies négatives et donc des périodes de sécheresse a conduit les populations nomades à migrer vers d'autres territoires. En revanche, à l'instar de la littérature, les températures n'ont pas d'effet sur les déplacements de population puisque le coefficient associé n'est pas significatif à 10%. De manière plus problématique, nos tests d'autocorrélation (le test du multiplicateur de Lagrange de Breush Godfrey notamment) montrent qu'une autocorrélation des résidus demeure importante et que cette spécification n'est pas robuste.

Tableau 1. Estimation par les MCO d'un modèle linéaire avec ajout de tendances déterministes

Variable	Coefficient	Ecart-type	t-stat
Températures	-0.1705	0.1078	-1.58
Précipitations	-2.3217***	0.2171	-10.69
Tendance linéaire	-0.0091***	0.0027	-3.34
Tendance quadratique	0.00001***	2.56e-06	4.74
Tendance cubique	-4.27e-09***	7.19e-10	-5.93
Constante	6.3098***	0.8350	7.56
Observations	1911		
Coefficient de détermination	0.11		

Tableau 2. Estimation d'un modèle ARDL (2,0,1) linéaire

Variable	Coefficient	Ecart-type	t-stat
Migration (t-1)	-0.1282***	0.0012	-10.28
<i>Coefficients de long terme</i>			
Températures	0.2819	0.4279	0.66
Précipitations	-3.5023***	0.9347	-3.75
<i>Coefficients de court terme</i>			
Migrations	0.8738***	0.1097	79.63
Températures	-0.1865	0.1181	-1.58
Constante	0.0584***	0.0078	7.48
Observations	1907		
Coefficient de détermination	0.78		

Nous décidons d'aller un peu plus loin en testant d'autres formes de prise en compte de la dynamique temporelle et de l'autocorrélation en recourant à une modélisation ARDL. Notre objectif est de vérifier tout d'abord si les résultats de Pei et Zhang (2014) sont robustes à des changements de spécification et notamment d'autres formes de prise en compte de l'autocorrélation dont on devine qu'elle peut être importante. Les critères de sélection usuels nous permettant de discriminer nos modèles quant au nombre de retards à retenir ne sont ici pas complètement convergents mais les différentes spécifications testées (nous en avons testé un certain nombre dont nous pouvons fournir les codes et résultats) et estimées montrent que les résultats de l'estimation ARDL ne divergent pas qualitativement des résultats précédents comme le montre l'exemple d'un ARDL parcimonieux de type ARDL (2,0,1) (tableau 2)². C'est donc une nouvelle fois l'effet sécheresse qui semble le plus susceptible d'expliquer les migrations, ce qui confirme les travaux de Pei et Zhang sur l'importance des niveaux de précipitation, avant les températures, dans les flux de migration des nomades. Sur le plan économétrique, les résidus sont cette fois blanchis de l'autocorrélation (le test de Breush Godfrey a une nouvelle fois été utilisé).

² Compte tenu des résultats parfois contradictoires des critères de choix du nombre de décalages (critères d'information), nous avons procédé à des tests de robustesse (ARDL avec 12 lags) qui parviennent qualitativement aux mêmes conclusions.

Les résultats des estimations du modèle à seuil discret (tableau 3) apportent un éclairage nouveau à la relation entre climat et migrations des nomades dans la Chine impériale. Après avoir testé le nombre de seuils estimés pour notre modèle (tableau 4), lequel révèle trois seuils (donc 4 régimes distincts), nous avons estimé le modèle à seuil discret sur notre période d'étude en retenant la variable de précipitation comme variable de transition, c'est-à-dire celle pour laquelle la dynamique est susceptible de différencier des régimes où les variables explicatives ont des effets hétérogènes sur la variable dépendante.

Tableau 3. Estimation d'un modèle non linéaire à seuil discret

Régimes	Précipitations < -0.469 N=326 observations		Précipitations < 0.155721 N=948 observations	
Variables	Coefficient	t-stat	Coefficient	t-stat
Constante	-0.070401*	-1.788	0.034346***	2.756
Précipitations	-0.258385***	-4.703	-0.006468	-0.204
Températures	0.041096***	3.116	0.000684	0.095
Migration(-1)	1.856937***	84.795	1.931984***	104.329
Migration(-2)	-0.879420***	-38.761	-0.946794***	-48.879
Migration (-12)	0.011820***	4.000	0.009151***	3.301
Régimes	Précipitations < 0.410 N=337 observations		Précipitations > 0.410 N=300 observations	
Variables	Coefficient	t-stat	Coefficient	t-stat
Constante	0.049192**	1.942	0.054056	1.413
Précipitations	-0.014839	-0.220	-0.030787	-0.642
Températures	-0.019771	-1.621	0.009703	0.517
Migration(-1)	1.716194***	50.506	1.909292***	46.819
Migration(-2)	-0.749950***	-21.757	-0.919982***	-21.801
Migration (-12)	0.010909**	2.239	0.002238	0.415

Note : L'anomalie de précipitation (t-3) a été sélectionnée pour optimiser les résultats de l'estimation ; le seuil est estimé de manière séquentielle (Bai et Perron, 1998) et un paramètre de trimming de 0,15 a été adopté.

Lorsque les précipitations sont faibles et renforcent l'aridité des sols, notamment dans le Nord de la Chine où vivent à l'origine principalement les nomades, le nombre d'événements migratoires tend à augmenter. On constate que les précipitations n'impactent significativement les migrations que dans le premier régime (326 observations seulement pour un seuil estimé de précipitations négatif) et constituent alors le déterminant majeur des migrations³.

Tableau 4. Nombre de seuils estimés (Bai-Perron, 2003)

Seuils	Scaled Critical Threshold Test	F-statistic	F-statistic Value
0 vs. 1	4.429136*	26.57482	20.08
1 vs. 2	5.990436*	35.94262	22.11
2 vs. 3	4.759571*	28.55743	23.04
3 vs. 4	2.181079	13.08647	23.77

Note : les seuils ont été ici déterminés de manière séquentielle (S+1 versus S), la variable d'anomalie de précipitation a été retenue (t-3 est optimale) avec une spécification similaire à celle régressée dans le tableau 3.

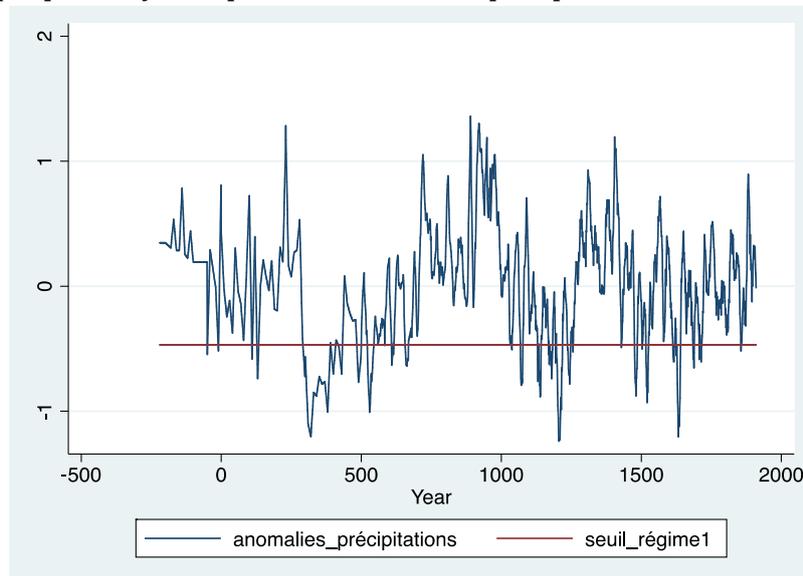
Lorsque le niveau des précipitations est relativement conforme à sa moyenne ou important (anomalies positives élevées à partir d'un seuil de 0,15 dans le deuxième régime), alors ce facteur climatique n'apparaît plus comme déterminant des migra-

³ Sur le plan économétrique et compte tenu des variables à notre disposition, on peut penser, même si des variables structurelles additionnelles seraient éclairantes, que leur information soit contenue en partie du moins dans les termes retardés.

tions. En outre, lorsque les précipitations sont faibles et que les régimes de sécheresse sont susceptibles d'émerger, les anomalies de températures, qui n'étaient pas significatives dans les études précédentes, influent cette fois positivement sur les événements migratoires. Cet effet pourrait s'expliquer par les périodes de chaleur concomitantes aux périodes de sécheresse qui dégradent les conditions de vie des populations nomades et poussent ces populations à l'exode.

Lorsque des méthodologies empiriques linéaires sont utilisées, il n'est pas possible d'identifier ce régime où les deux facteurs impactent conjointement les migrations. En revanche, le modèle à seuil discret adopté ici permet de mettre en évidence les régimes pour lesquels les facteurs climatiques pourraient être responsables des migrations et de ne pas en surestimer la portée comme facteur explicatif historique pour l'ensemble de la période, laquelle sur deux mille ans n'est bien évidemment pas uniforme.

Graphique 1 : Dynamique des anomalies de précipitations et seuils estimés



Note : la barre horizontale représente le seuil estimé du premier régime, toutes les valeurs contenues en dessous se trouvent donc dans le régime 1.

Le graphique 1 nous permet de mettre en perspective historiquement les valeurs des seuils correspondant aux différents régimes. Nous traçons un seuil T permettant d'identifier le premier régime, pour lequel les coefficients des variables climatiques sont significatifs, sur la série de précipitations historique (correspondant à notre variable de transition/seuil). Nous remarquons que les périodes 300 à 500, 1050 à 1300 et 1600 à 1700 à un degré moindre, correspondent aux périodes où le modèle se trouve dans le premier régime. C'est uniquement durant ces phases, couvrant environ 1/6ème de la période, que les facteurs climatiques conjugués impactent significativement les flux migratoires.

L'importance du facteur climatique (précipitations) a probablement été un peu surestimée dans les études précédentes qui concluaient à sa significativité pour la totalité de la période. Au contraire, le rôle des anomalies de températures, qu'il s'agisse de périodes de refroidissement ou plus probablement ici de périodes de réchauffement associées à des sécheresses, a été mésestimé. Au final, nous montrons

que le rôle conjoint des anomalies climatiques a été un déterminant important de mouvements migratoires sur plusieurs périodes.

Cette réponse des nomades en termes d'adaptation au changement climatique n'est cependant pas sans conséquence. En effet, comme l'ont récemment montré Pei et al. (2019), ces mouvements ont probablement été à l'origine de nombreux conflits interpersonnels initiés par les nomades et auxquels les « agriculturalists » du Sud ont répondu par des stratégies de défense. Les migrations de masse vers des territoires déjà occupés sont en effet susceptibles de générer des tensions, des violences et des guerres.

A l'instar de Pei et al. (2019), nous appliquons un test de causalité de Granger mais cette fois-ci uniquement sur le régime 1 identifié par notre modèle à seuil pour lequel le climat est significativement lié aux migrations des nomades. Nous avons retenu les périodes 300-500 et 1050-1300 comme détectées par notre modèle à seuil (voir graphique 1). Dans un premier temps, nous avons mis en œuvre un test de causalité entre les précipitations et les mouvements migratoires puis dans un second temps nous avons analysé l'éventuelle causalité entre mouvements migratoires et conflits⁴. Les critères d'information usuels (AIC, SIC) étant contradictoires quant au nombre de lags optimaux à retenir, nous les retenons tous les deux et présentons de manière exhaustive tous les résultats.

Tableau 5. Tests de causalité de Granger sur sous-périodes

Hypothèse testée/critères	Période 300-500		Période 1050-1300	
	AIC	SIC	AIC	SIC
<i>Précipitations ne causent pas Migrations</i>	1.66* (0.07)	2.41* (0.09)	0.89 (0.55)	10.48* (0.00)
<i>Migrations ne causent pas Précipitations</i>	0.58 (0.87)	0.32 (0.72)	0.80 (0.65)	2.17 (0.14)
<i>Migrations ne causent pas Conflits</i>	0.13 (0.99)	0.71 (0.49)	3.38* (0.00)	0.45 (0.64)
<i>Conflits ne causent pas Migrations</i>	2.26* (0.01)	2.27 (0.11)	1.38 (0.17)	0.90 (0.41)

Note : les valeurs sont représentées comme F-Stat (Probabilité) ; * lorsque H0 est rejetée à 10%.

Il résulte de nos tests (tableau 5) que les liens de causalité sur les sous-périodes identifiées par notre modèle non linéaire corroborent seulement en partie l'hypothèse suivante : Précipitations → Migrations → Conflits. Si le lien entre les précipitations et les migrations est relativement bien établi, quels que soient la sous-période et le critère d'informations retenus, le lien entre migrations et conflits entre « agriculturalists » et « pastoralists » est moins clair et n'apparaît que lors de la seconde sous-période étudiée.

CONCLUSION

Dans cet article, nous nous sommes intéressés à l'impact potentiel du climat sur les mouvements migratoires en traitant du cas singulier de deux mille ans d'histoire de la Chine Impériale, pour laquelle existent de nombreux documents historiques. Nous proposons une analyse quantitative en séries temporelles. Cette analyse cliométrique menée sur une large échelle géographique et de temps permet de porter un regard différent sur l'impact que peut avoir le changement climatique sur les migrations comme moyen d'adaptation de certaines populations. Nos résultats économétriques qui prennent en compte, pour la première fois, l'existence de sous-régimes temporels et climatiques, confirment que sur certaines sous-périodes où les pluies se sont avérées insuffisantes, les migrations des nomades du Nord au Sud de la Chine se sont accrues. Dans ces régimes, les températures, probablement trop élevées, ont

⁴ Les données de conflits sont particulièrement représentatives des batailles ayant eu lieu entre les nomades « pastoralists » et les « agriculturalists » sédentaires du Sud. Voir le descriptif et sources de données dans Pei et Zhang (2014).

accentué ce phénomène, ce qui n'avait pas été détecté dans les études précédentes. Si le rôle des précipitations a peut-être été quelque peu surévalué, le rôle des variations de températures ou du moins l'interaction entre les variables climatiques, a lui été sous-estimé.

Le changement climatique en modifiant les rendements des terres des nomades « pastoralists » dans des terres aux régimes climatiques arides ou semi-arides a été à l'origine de nombreux mouvements migratoires du Nord au Sud de la Chine. La réponse des mouvements migratoires comme adaptation au changement climatique a alors conduit les populations nomades à se diriger vers le Sud où les cultures agricoles sont plus propices à se développer. Cependant, ces mouvements ont probablement été à l'origine de nombreux conflits interpersonnels initiés par les nomades et auxquels les « agriculturalists » du Sud ont répondu. D'autres analyses complémentaires aux analyses de régression et aux tests de causalité à la Granger dont la sensibilité aux spécifications et choix des décalages est forte, doivent cependant être menées pour confirmer ce lien.

L'analyse historique de la Chine apporte en tout état de cause une preuve supplémentaire que le changement climatique génère des migrations et potentiellement des conflits. Elle apporte des enseignements contemporains aux mouvements migratoires actuels et à venir et aux conflits qu'ils peuvent générer, notamment dans les pays en développement. Les migrations dites climatiques dans les pays en développement (voir par exemple Damette et Gittard, 2017) et plus largement dans les régions concernées par les catastrophes climatiques (le cas récent de l'Australie n'est-il pas éclairant...) risquent de s'accroître dans les années à venir. L'accentuation des conflits liés à l'usage des ressources qui en résulterait pourrait alors être dramatique et nécessite que les politiques publiques cherchent à traiter le problème en amont dès maintenant.

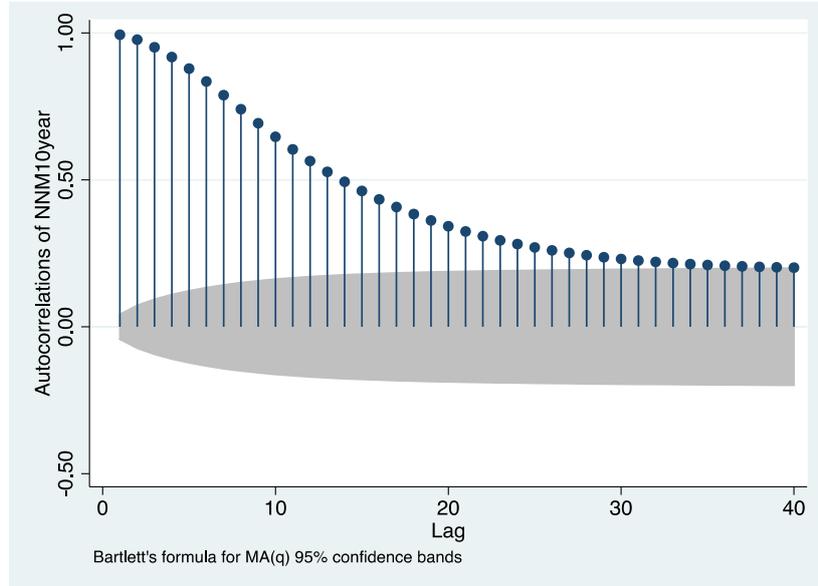
REFERENCES

- Bai J., Perron P.**, 1998, Estimating and testing linear models with multiple structural changes. *Econometrica*, 66, 47-78.
- Bai J., Perron P.**, 2003, Critical values for multiple structural change tests. *Econometrics Journal*, 6, 72-78.
- Bai Y., Kung J.K.**, 2011, Climate shock and sino-nomadic conflict. *Review of Economics and Statistics*, 93, 3, 970-981.
- Büntgen U., Tegel W., Nicolussi K., Mc Cormick M., Franck D., Trouet V., Kaplan J.O., Herzig F., Heussner K.-U., Wanner H., Luterbacher J., Esper J.**, 2011, 2500 years of European Climate variability and human susceptibility. *Science*, 331, 6017, 578-582.
- Burzynski M., Docquier F., Scheewel H.**, 2019, The Geography of Climate Migration. *mimeo*, UCL.
- Damette O., Gittard M.**, 2017, Changement climatique et migrations : les transferts de fonds des migrants comme amortisseurs ? *Mondes en Développement*, 179, 3, 85-102.
- Damette O., Diebolt C., Goutte S., Triacca U.**, 2020, Cliometrics of Climate Change: A Natural Experiment on the Little Ice Age, Working Papers of BETA 2020-20, Bureau d'Economie Théorique et Appliquée, UDS, Strasbourg.
- Dell, M., Jones B., Olken B.**, 2014, What Do We Learn from the Weather? The New Climate-Economy Literature. *Journal of Economic Literature*, 52, 3, 740-798.
- Fang J.Q.**, 1990, The impact of climatic change on Chinese migration in historical times: a reappraisal. Pages 96-105 in Liu Z., Zhang L., Shi P. editors. *Global change and environmental evolution in China*. Inter Mongolian Printing House of Science and Technology, Hohhot, China.
- Fang J.Q., Liu G.**, 1992, Relationship between climatic changes and the nomadic southward migrations in eastern Asia during historical times. *Climatic Change*, 22, 151-168.
- Ge J., Wu S., Cao S.**, 1997, The History of Migration in China. Fujian People's Publishing House, Fujian.

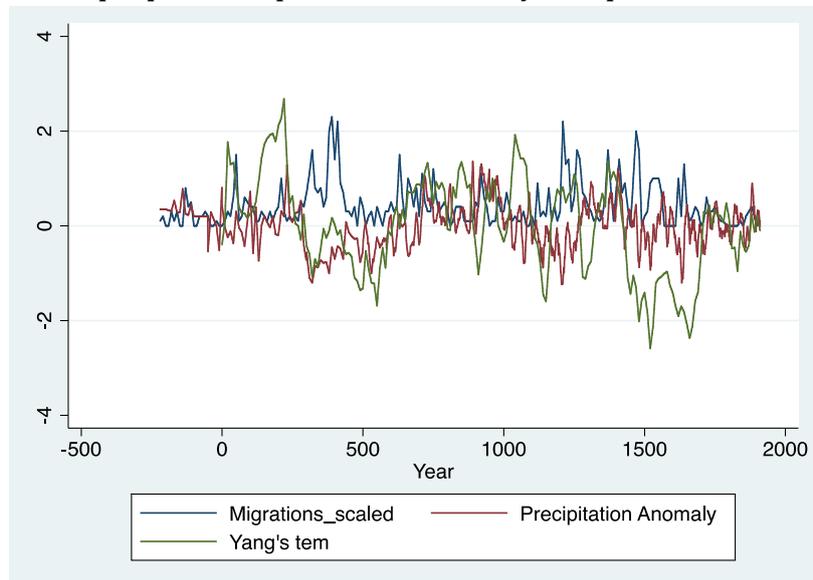
- Hisang S., Kopp R.E.**, 2018, An Economist's Guide to Climate Change Science. *Journal of Economic Perspectives*, 32, 4, 3-32.
- Lee J.**, 1978, Migration and expansion in Chinese history in McNeill W.H., Adams R.S. Editors, *Human migration: Patterns and Policies*. Indiana University Press, Bloomington, 20-47.
- Liu Q., Li G., Kong D., Huang B., Wang Y.**, 2018, Climate Disasters, wars and the collapse of the Ming Dynasty. *Environmental Earth Sciences*, 2.
- Mann M.E., Zhang Z., Hughes M.K., Bradley R.S., Miller S.K., Rutherford S., Ni F.**, 2008, Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 36, 1325-13257.
- Marsella A.J., Ring E.** (2003), Human migration and immigration: an overview. Pages 3-22 in L.L. Adler and Gielen U.P. editors. *Migration: immigration and emigration in international perspectives*. Praeger, Wetsport, Connecticut, USA.
- Melissian A., Schlenker W.** (2017), Asylum applications respond to temperature fluctuations. *Science*, 358, 1610-1614.
- Parker, G.** (2013), *Global crisis: war, climate change and catastrophe in the seventeenth century*. Yale University Press, New Haven.
- Pei, Q., Zhang, D.D., Li, G., Lee, H.F.**, 2015, Climate Change and the Macroeconomic Structure in Pre-industrial Europe: New Evidence from Wavelet Analysis. *PLoS ONE*, 10 (6), e0126480.
- Pei Q., Zhang D.D.**, 2014, Long term relationship between climate change and nomadic migration in historical China. *Ecology and Society*, 19, 68.
- Pei Q., Zhang D.D., Lee H.F.**, 2016a, Contextualizing human migration in different agro-ecological zones in ancient China. *Quaternary International*, 426, 65-74.
- Pei Q., Zhang D.D., Li G., Forêt P., Lee H.F.**, 2016b, Temperature and precipitation effects on agrarian economy in late imperial China. *Environmental Research Letters*, 11, 064008.
- Pei Q., Lee H.F., Zhang D.D.**, 2017, Long term association between climate change and agriculturalist's migration in historical China. *Holocene*. 28(2), 208-216.
- Pei Q. L., Lee H.F., Zhang D.D., Fei J.**, 2019, Climate change, state capacity and nomad-agriculturalist conflicts in Chinese History. *Quaternary International*, 508, 36-42.
- Pesaran M. H., Y. Shin, Smith R. J.**, 2001, Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289-326.
- Su Y., Fang X.Q., Yin J.**, 2014, Impact of climate change on fluctuations of grain harvests in China from the western Han dynasty to the five dynasties (206BC-960AD). *Science China Earth Sciences*, 57, 1701-1712.
- Su Y., Liu L., Fang X.Q., Ma Y.N.**, 2016, The relationship between climate change and wars waged between nomadic and farming groups from the Western Han Dynasty to the Tang Dynasty period. *Climate of the Past*, 12, 137-150.
- Terasvirta T., Tjostheim D., Granger, C. W. J.**, 2010, *Modelling Nonlinear Economic Time Series*, Oxford University Press.
- Zhang, D.D., Brecke, P., Lee, H.F., He, Y.Q., Zhang, J.**, 2007, Global climate change, war, and population decline in recent human history. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 19214-19219.
- Zhang, D.D., Lee, H.F., Wang, C., Li, B., Pei, Q., Zhang, J., An, Y.**, 2011, The causality analysis of climate change and large-scale human crisis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, 17296-17301.
- Yi L., Yu H., Ge J., Lai Z., Xu X., Qin L., Peng S.**, 2012, Reconstructions of annual summer precipitation and temperature in north-central China since 1470 AD based on drought/flood index and tree-ring records. *Climatic Change*, 110, 469-498.

ANNEXES

Graphique A1 : Corrélogramme de la variable d'évènements migratoires



Graphique A2 : Représentation de la dynamique des séries



Note : la série de migrations (*Migrations_scaled*) a été ici mise sous une échelle permettant d'être directement comparée visuellement aux séries de températures (*Yang's tem*) et de précipitations (*Precipitation Anomaly*).

Climate change and migrations : taking a fresh look through nomadic migrations in historical China analysis

Abstract – In this article, we analyze the impact of climate change on the nomadic migration flows through a cliometric study conducted on Historical China throughout two thousand years. Our econometric results enable us to outline different regimes – both climatic and historical – *via* a time series analysis taking into account nonlinearity. When the rainfalls have been scarce, nomadic migrations from North to South China have been aggravated. During these periods/regimes, the temperatures, probably at a too high level, have reinforced these migrations; this result has not been demonstrated in the previous literature. The role of precipitations has probably been overestimated in previous literature while the role of temperatures changes has been a bit underestimated, at less the interaction between both climatic variables has maybe been underestimated. The climate change, by modifying the agricultural yields from « pastoralists » in arid or semi-arid regions, has been at the origin of many migrations' flows. Nomadic populations adaptation to climate change generated many migrations from North to the South where agricultural crops were more likely to grow. However, these migrations flows lead to interpersonal conflicts initiated by « pastoralists » nomads and to which « agriculturalists » from the South responded. These results are wondering about the interrelationships between climate, migrations and conflicts in developing countries that are likely to increase in a near future.

Key-words

Climate
Nomadic migration
Historical China
Nonlinear time series model
