



RECHERCHES EN ECONOMIE ET SOCIOLOGIE RURALES

Sécheresse et Guerre Civile en Afrique Sub-Saharienne

D'après le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), les changements climatiques vont engendrer un accroissement du nombre d'évènements climatiques atypiques à travers le monde, tels les sécheresses et les inondations. Ces anomalies climatiques pourraient avoir des conséquences désastreuses pour les pays ayant des problèmes d'accès à l'eau potable ou dont l'économie dépend de l'agriculture locale. Des études récentes affirment même que la sécheresse est une des causes des guerres civiles. Le cas le plus emblématique est le Darfour. Il fait consensus sur le fait que la sécheresse a été l'un des facteurs de la guerre civile, même si le conflit avait aussi une composante ethnique. Dans notre étude, on montre que le lien entre précipitations, températures et guerre civile obtenu dans la littérature peut être dû à des chocs planétaires non liés à des variations climatiques. Le problème provient du fait qu'il n'est pas possible de distinguer les effets des variations climatiques annuelles des autres phénomènes planétaires tels que des changements politiques de grande échelle comme la fin de la guerre froide ou des variations macroéconomiques globales comme la crise financière. Lorsqu'on tient compte de ce type de facteurs, les variations de précipitation et de température ont un effet beaucoup plus faible et non significatif sur le risque de guerre civile. L'utilisation de l'indice de Palmer, une mesure locale de la sécheresse qui décrit l'impact du manque d'eau sur les conflits sociaux d'une façon plus satisfaisante que les mesures de précipitation et de température, permet de montrer que l'effet de la sécheresse sur le risque de guerre civile est faible mais positif.

Quelques statistiques sur la sécheresse en Afrique sub-saharienne

L'Afrique sub-saharienne se compose de 48 pays (en incluant les îles) et comprenait 875 millions d'habitants en 2011. C'est l'une des régions du monde les plus affectées par le changement climatique car les activités agricoles représentent entre 60 % et 100 % du revenu des ménages africains les plus pauvres, qui n'ont souvent pas accès à de l'eau potable.

Entre 1945 et 2005, la grande majorité des pays d'Afrique sub-saharienne (76 %) ont connu au moins une année de sécheresse extrême et 23 % au moins une année d'humidité extrême. Globalement, le climat sub-saharien est devenu de plus en plus sec sur la période 1945-2005 (Burke et al. 2009).

Dai et al. (2004) ont calculé l'indice de Palmer pour ces pays (PDSI, ou indice de sévérité des sécheresses, voir encadré 1) à partir des données de températures, de précipitations et de réserve utile (capacité disponible) en eau du

sol. La variation des valeurs du PDSI entre et au sein de ces pays est telle que 54 % de la variation de l'indice s'explique uniquement par l'année, 44 % par le pays concerné, et 67 % par l'année et le pays considérés. Les valeurs du PDSI à l'année t sont significativement corrélées avec les valeurs en $t-1$ au sein des pays, ce qui est conforme au fait que le PDSI est un indice cumulatif. En effet, la valeur théorique du PDSI pour le mois courant est la valeur du PDSI pour le mois précédent à laquelle on ajoute une valeur incrémentale. Toutefois, le PDSI n'est pas significativement corrélé avec sa valeur à l'année $t-2$.

Des séries chronologiques sur ces données montrent que le PDSI et les niveaux de précipitation varient généralement dans des directions opposées et que le PDSI et la température varient généralement dans le même sens. Les variations de température et de précipitations expliquent ensemble 60 % de la variation du PDSI et de 70 % à 90 % de la variation à l'intérieur de chaque pays. Ceci est conforme à la formule théorique du PDSI, qui est basée sur les précipitations, les températures et la quantité d'eau contenue dans le sol.

Encadré 1: La mesure de sécheresse

La mesure de la sécheresse que nous avons utilisée est l'indice de sécheresse de Palmer (appelé PDSI pour Palmer Drought Severity Index) qui est fondé théoriquement et qui a été développé en hydrologie et météorologie par Palmer (1965). La valeur de l'indice est fonction de la durée et de l'ampleur du déficit d'humidité. Le PDSI intègre les conditions météorologiques et combine des valeurs contemporaines et retardées de température et de précipitation dans un modèle non linéaire comprenant des seuils (car il prend en compte l'existence de deux couches de sol, une couche surfacique et une couche profonde). Premièrement, l'indice capture+ des interactions importantes qui n'étaient pas considérées dans les études précédentes. Par exemple, une faible pluviométrie aggrave plus la sécheresse lors des mois chauds, car l'évapotranspiration est importante. En effet, les températures élevées peuvent empêcher une pluie abondante de recharger le sous-sol. Deuxièmement, l'indice dépend à la fois de la capacité limitée d'accumulation du sous-sol et des caractéristiques locales du sol. En conséquence, s'il y a des précipitations abondantes alors que la capacité d'accumulation du sol est atteinte, l'eau de pluie ne sera pas stockée dans le sol et va ruisseler. Troisièmement, le PDSI prend en compte l'hétérogénéité des conditions locales et les différences dans l'historique du climat local. En effet, les valeurs du PDSI dépendent de la texture du sol à l'endroit considéré et du niveau de remplissage des couches du sous-sol à l'instant considéré.

Le PDSI mesure le niveau d'humidité par rapport à la normale climatologique. Il est basé sur un modèle d'offre et demande de l'humidité du sol et est calculé sur les données locales de précipitations et de température, ainsi que sur la teneur en eau disponible du sol. Le niveau d'humidité disponible dans le sol au début de la période est utilisé comme mesure des conditions météorologiques passées. La notion d'anormalité est importante ici : on parle d'un manque d'humidité lorsque la demande en eau dépasse l'apport d'humidité à un moment donné, et d'un manque d'humidité anormal lorsque l'excès de demande est important par rapport à la moyenne. Dans ce modèle, tous les termes de base de l'équation de bilan hydrique peuvent être calculés, y compris l'évapotranspiration, la recharge des sols, le ruissellement et la perte d'humidité de la couche de surface.

Selon la classification de Palmer, les valeurs du PDSI peuvent être divisées en 11 classes : sécheresse extrême, forte sécheresse, sécheresse modérée, sécheresse légère, sécheresse naissante, climat normal, humidité naissante, légère humidité, humidité modérée, forte humidité, et humidité extrême. Les données disponibles de PDSI (Dai et al. 2004) couvrent le monde entier, de 1870 à 2005, sont géolocalisées et disponibles à une résolution de 2,5 par 2,5 degrés (environ 250 km à l'équateur). Les cartes (a) à (e) contiennent l'information sur les moyennes des valeurs du PDSI pour des périodes de temps successives entre 1945 et 2005 ; les zones rouges sont les régions les plus sèches et les zones jaunes sont les régions les plus humides de l'Afrique sub-saharienne.

Réexamen de l'effet des variables météorologiques sur la guerre civile

Le lien positif entre les variables météorologiques et le risque de guerre civile a souvent été remis en cause dans la littérature, avec des arguments divers. La plupart des critiques portent sur la sensibilité des résultats à la façon dont le climat est modélisé, ainsi qu'à des variations mineures dans les données, aux choix de codage (comme le nombre minimum de morts liées à des combats pour considérer qu'un pays a connu ou non une guerre civile pour l'année considérée, voir encadré 2), ou à la non prise en compte de la corrélation spatiale des données.

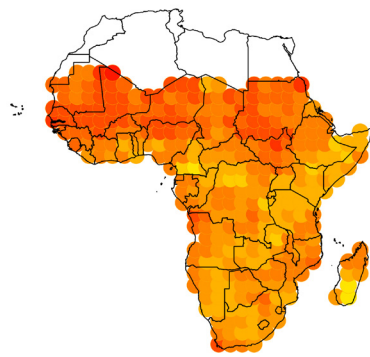
On peut ajouter à ces critiques le fait que les travaux principaux de la littérature (par exemple, Burke et al. 2009, Miguel et al. 2004 et plusieurs résultats rapportés dans Hsiang et al. 2013) ne permettent pas de conclure à une relation causale entre le climat et le risque de guerre civile. En observant les séries temporelles, on s'aperçoit que la proportion de pays en guerre civile évolue dans le sens inverse du niveau moyen de précipitations (la corrélation est de -0,51, significative au seuil de 1 %) et dans le même sens que la température moyenne (la corrélation est de 0,33, significative au seuil de 5 %). Mais ces variations simultanées ne permettent pas de distinguer l'effet des variations climatiques mondiales annuelles de l'effet de la variation annuelle d'autres variables importantes tels que les changements politiques de grande échelle comme la fin de la guerre froide ou les variations macroéconomiques globales comme les crises financières. Le lien entre climat et risque de guerre civile obtenu dans ces études peut être fallacieux. En d'autres termes, on peut conclure qu'il existe un lien entre les variables climatiques et la guerre civile au niveau local alors qu'il est dû essentiellement à des phénomènes relevant de l'échelle mondiale et même à des phénomènes qui sont indépendants des facteurs climatiques.

Encadré 2 : Les données sur les guerres civiles

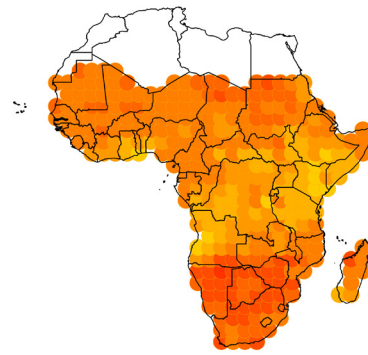
Nous utilisons les données sur les conflits armés du « Uppsala Conflict Data Program » (UCDP) du Peace Research Institute Oslo (PRIO). Nous utilisons l'indicateur habituel d'occurrence de guerre civile. Pour une année donnée, un pays est considéré en guerre civile si le nombre de décès liés à des combats armés cette année-là est supérieur à 1000. Nous utilisons aussi, de façon alternative, l'indice de déclenchement de guerre civile ainsi qu'une mesure d'intensité des guerres civiles. L'indice de déclenchement ne prend en compte que la première année de guerre. L'intensité des guerres civiles utilise directement le nombre de décès liés à des combats armés.

Il est important de noter que la prise en compte des processus de décolonisation et d'émergence de nouveaux Etats constitue un défi empirique. La question de l'inclusion des guerres anticoloniales se pose dans toutes les analyses qui portent sur les guerres civiles. D'après les études menées en sciences politiques, la stratégie la plus prudente est d'exclure la période coloniale et de se concentrer sur les guerres civiles dans les Etats africains indépendants. Par conséquent, nous considérons chaque pays depuis son indépendance jusqu'à l'année la plus récente dans nos données, c'est-à-dire 2005. Par exemple, le Ghana a obtenu son indépendance en 1957, le Mozambique et l'Angola seulement en 1975, alors que la plupart des colonies françaises d'Afrique sub-saharienne ont été indépendantes en 1960.

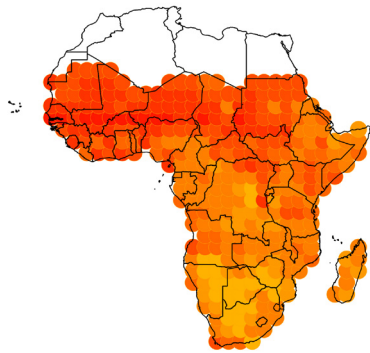
Il faut aussi noter que notre analyse porte sur l'effet de la sécheresse sur le risque de guerre civile à l'échelle pays-année. Autrement dit, pour un pays donné, la sécheresse est mesurée comme une moyenne des valeurs mensuelles (et localisées au sein du pays) du PDSI.



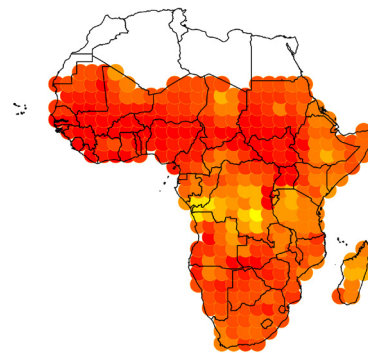
a. 1945-1960



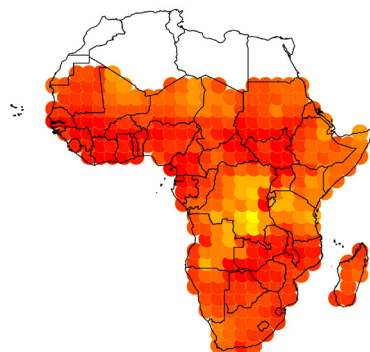
b. 1960-1970



c. 1970-1980



d. 1980-1990



e. 1990-2005

Nous avons donc repris les analyses faites dans la littérature, en purgeant l'analyse des variations annuelles des facteurs globaux. Sans cette correction, l'effet des précipitations est négatif, l'effet des températures est positif et les deux effets sont significatifs.

Lorsqu'on corrige l'analyse comme expliqué précédemment, on trouve que l'effet des précipitations sur le risque de guerre civile est non significatif et peut même se révéler positif. L'effet des températures est réduit de 2/3 et s'avère non significatif. Que ce soit pour les précipitations ou les températures, la différence entre les résultats obtenus s'explique par le fait que l'effet des précipitations ou des températures sur le risque de guerre civile est « nettoyé » des variations conjointes entre les conditions mondiales et le risque de guerre civile agrégé.

L'effet de la sécheresse sur la guerre civile

Un argument important en faveur de l'utilisation du PDSI par rapport aux mesures de précipitations et de températures est qu'il conserve des degrés de liberté par rapport à une spécification plus générale qui peut être compliquée, avec des mesures de précipitations et de températures, des valeurs retardées et des termes d'interaction. Lorsque nous

repreons la méthode utilisée dans la littérature, l'effet de la sécheresse sur le risque de guerre civile est significatif au seuil de 1 %. Selon ce résultat, un changement de climat d'un climat normal à une sécheresse modérée accroîtrait le risque de guerre civile de 1,7 % en moyenne par an, autrement dit un risque de guerre civile accru de 17 % sur dix ans, ceci pour chaque pays d'Afrique sub-saharienne. Cependant, nous avons fait valoir précédemment que ce lien peut être fallacieux. On a donc mené une analyse dans laquelle nous corrigeons le problème que nous avons soulevé. On « nettoie » l'effet de la sécheresse sur le risque de guerre civile de tous les changements annuels mondiaux tels que les variations de conjoncture économique mondiale, le progrès technique mondial, les variations dans les prix internationaux des ressources naturelles, ainsi que les changements politiques globaux tels que la fin de la guerre froide. Nos estimations montrent que l'effet de la sécheresse devient alors légèrement non significatif (il est significatif au seuil de 12 %). L'ampleur de l'effet du PDSI sur le risque de guerre civile diminue de 2/3 par rapport au résultat obtenu lorsqu'on applique la méthode utilisée dans la littérature. Même si l'effet obtenu n'est pas significatif au seuil de 10 %, celui-ci demeure positif. C'est une différence notable avec les résultats obtenus lorsqu'on utilise les

mesures de température ou de précipitation. En effet, l'effet des températures (et de ses valeurs retardées) sur le risque de guerre civile est positif mais pas du tout significatif. L'effet des précipitations (et de ses valeurs retardées) est légèrement non significatif, mais a un signe ambigu (certaines valeurs retardées ont un effet positif). On peut conclure que la sécheresse, telle qu'elle est prise en compte grâce au PDSI, a certes un effet positif sur le risque de guerre civile, mais pas aussi important que la littérature sur le sujet laissait à penser. Notre estimation de l'effet de la sécheresse sur le risque de guerre civile révèle qu'un changement de climat, d'un climat normal à une sécheresse modérée accroît le risque de guerre civile de 0,7 % en moyenne par an, autrement dit un risque de guerre civile accru de 7 % sur dix ans, pour chaque pays d'Afrique sub-saharienne. Un choc plus brutal, qui ferait passer le climat de normal à extrêmement sec accroîtrait le risque de guerre civile de 1,1 % en moyenne par an (soit un risque supplémentaire de 11 % sur dix ans). Un calcul simple permet aussi de dire que 9 % des guerres civiles contenues dans notre échantillon peuvent être associées à la sécheresse. En approfondissant un peu l'analyse, on constate que l'effet d'une augmentation de la sécheresse est plus important lorsque le niveau de sécheresse est déjà élevé, c'est-à-dire pour les valeurs du PDSI qui indiquent au moins une sécheresse légère dans la classification de Palmer.

De nombreux tests de sensibilité ont été menés. Le résultat est affecté par la suppression des observations les plus influentes (l'effet devient significatif), par l'utilisation de périodes différentes (l'effet est significatif pour des périodes comprises entre 1970 et 1999), ou par la modification du seuil de 1000 décès liés à des combats (l'effet n'est jamais significatif pour des seuils inférieurs mais il le devient pour des valeurs du seuil supérieures à 1000 décès).

Une comparaison des modèles utilisant le PDSI avec ceux utilisant les précipitations et les températures a été menée. Les résultats suggèrent que l'indice de Palmer décrit l'impact du manque d'eau sur les conflits sociaux d'une façon plus

efficace que les mesures de précipitation et de température (voir Couttenier et Soubeyran (2014) pour plus de détails).

Quelques pistes sur les mécanismes sous-jacents

Dans la littérature, l'argument principal pour expliquer le fait que la sécheresse peut accroître le risque de guerre civile est que la sécheresse, en diminuant les revenus issus de l'agriculture, réduit le coût d'opportunité de s'engager dans un conflit pour les populations rurales. Un argument alternatif est que la sécheresse peut aussi avoir un effet négatif sur les recettes publiques, ce qui affaiblit le pouvoir en place et génère des opportunités pour des groupes rebelles. Afin de proposer des pistes sur les mécanismes sous-jacents à l'effet de la sécheresse sur le risque de guerre civile, on analyse l'effet de la sécheresse (PDSI) sur d'autres variables économiques et politiques. La sécheresse a un effet positif sur les prix locaux des denrées alimentaires et un effet négatif sur les rendements de la production de céréales, ce qui est cohérent avec l'effet attendu du climat sur les rendements agricoles. La sécheresse a un effet négatif mais non significatif sur le revenu national agricole par tête, sur le PIB par habitant ainsi que sur la croissance du PIB. Ces résultats contrastent avec la littérature récente mais croissante, qui affirme que le climat affecte la performance économique. Globalement, ces résultats suggèrent qu'un mécanisme de coût d'opportunité pourrait expliquer un effet positif de la sécheresse sur la guerre civile, à travers l'effet négatif de la sécheresse sur les rendements agricoles. On analyse ensuite l'effet de la sécheresse sur des variables de finances publiques et on trouve que la sécheresse a un effet positif et significatif sur les dépenses de consommation des administrations publiques (en % du PIB), mais aucun effet significatif sur la part de la consommation publique (en % du PIB par habitant). Mis bout à bout, ces résultats suggèrent que la sécheresse a des effets à la fois sur les populations rurales mais aussi sur les finances publiques ; il est donc difficile de trancher en faveur d'un des deux mécanismes proposés dans la littérature.

Mathieu Couttenier Université de Lausanne, Faculté des Hautes Etudes Commerciales, Département d'Econométrie et d'Economie Politique, Lausanne, Suisse.

Mathieu.Couttenier@unil.ch

Annie Hofstetter INRA, UMR1135 LAMETA, F-34000 Montpellier, France.

Annie.Hofstetter@supagro.inra.fr

Raphaël Soubeyran (auteur de correspondance) INRA, UMR1135 LAMETA, F-34000 Montpellier, France.

Raphael.Soubeyran@supagro.inra.fr

Pour en savoir plus

Burke M.B., Miguel E., Satyanath S., Dykema J.A., Lobell D.B. (2009). Warming increases the risk of civil war in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(37), 20670-20674.

Couttenier M., Soubeyran R. (2014). Drought and civil war in sub-saharan Africa. *The Economic Journal*, 124, 201-244.

Dai A., Trenberth K. E., Qian T. (2004). A global data set of Palmer Drought Severity Index for 1870-2002: relationship with soil moisture and effects of surface warming, *Journal of Hydrometeorology*, vol. 5, 1117-1130.

Hsiang S. M., Burke M., Miguel E. (2013). Quantifying the influence of climate on human conflict. *Science* 341.

Miguel E., Satyanath S., Sergenti E. (2004). Economic shocks and civil conflict: an instrumental variables approach », *Journal of Political Economy*, 112(4), 725-53.

Palmer W. (1965). Meteorological drought. Research Paper 45, US Dept. of Commerce.