

IMPACT DES CHOCS CLIMATIQUES SUR LA MORTALITE DES ENFANTS AU CAMEROUN, AU MALI ET AU SENEGAL

1. Kuépie **MATHIAS**, Démographe, Chercheur au CEPS/INSTEAD, Esch sur Alzette, Luxembourg. 2. Mohamadou **SALL**, Démographe, Maître de Conférences à l'IPDSR (UCAD), Dakar, Sénégal. 3. Saïdou Théophile **AMADOU**: Démographe, Chercheur à l'FORD, Yaoundé (Cameroun).

Résumé

L'objet de ce papier est d'analyser l'impact des chocs climatiques sur la mortalité des enfants dans trois pays africains (Sénégal, Mali et Cameroun). Pour ce faire, nous avons utilisé les données des enquêtes démographiques et de santé des trois pays concernés. Nous avons apparié les chocs de précipitations et de températures dans les diverses régions de ces pays au cours des 30 dernières années. Au niveau des méthodes d'analyse, nous utilisons le modèle de durée à risque proportionnel, qui permet de prendre en compte la dimension temporelle des relations en jeu. Les analyses montrent que si les chocs climatiques ont un impact sur la mortalité des enfants, cet impact est d'abord dépendant du type de climat (éburnéen, tropical humide, soudano- sahélien ou sahélien). Il est ensuite variable selon le type de mortalité considéré (mortalité infantile ou mortalité infanto-juvénile).

Mots clés: Chocs climatiques – Mortalité infantile – Cameroun – Mali- Sénégal

CHOCS CLIMATIQUES, MORTALITE DES ENFANTS, CAMEROUN, MALI, SENEGAL

Abstract

The purpose of this paper is to analyze the impact of climate shocks on child mortality in three African countries (Senegal, Mali and Cameroon). To this end, we use the data from Demographic and Health Surveys of the three countries that we match the impact of rainfall and temperatures that have occurred in various regions of the countries over the past 30 years. As analysis methods are concerned, we use the proportional hazard duration model, which allows to take into account the temporal dimension of relationships involved. The analyses show that if climate shocks have an impact on child mortality, this impact depends on the type of climate (Eburnean, tropical wet, Sudano-Sahelian and Sahelian). It then varies according to the type of mortality considered (infant mortality or infant and child mortality).

Keywords: Climatic shocks, child mortality, Cameroon, Mali, Senegal

1. Introduction

A moins de deux années de l'échéance fixée pour atteindre les OMD en général et l'OMD 4 en particulier qui visait à réduire de 2/3 la mortalité infanto-juvénile, les niveaux de mortalité affichés par les pays d'Afrique subsaharienne n'incitent guère à un optimisme quant à leur capacité de réalisation de ces ambitieux objectifs. Mieux, les efforts fournis par les Etats pour faire reculer la mortalité des enfants doivent intégrer de nouvelles contraintes générées par le changement climatique. Des études menées aux Etats unis ont montré que le changement climatique pourrait augmenter de 2 % le niveau de la mortalité d'ici la fin du siècle (BURGESS, DESCHENES, DONALDSON, GREENSTONE, 2011). Selon le Rapport Spécial 2012 du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), le changement climatique intitulé «Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation», le changement climatique conduirait à une modification de la fréquence, de l'intensité, de la distribution spatiale, de la durée et le chronogramme des climats et des phénomènes climatiques extrêmes. Ces phénomènes climatiques associés au changement climatiques sont devenus un enjeu pour la santé publique (XU et al, 2012) et la question est d'autant plus préoccupante que divers travaux montrent une plus grande sensibilité des enfants aux événements climatiques extrêmes.

La littérature fait apparaître trois mécanismes par lesquels, le climat influerait directement ou indirectement sur la santé (BAIRD, FRIEDMAN, SMITZ, 2011). Le premier serait un mécanisme direct qui découlerait des effets des phénomènes climatiques comme les ouragans et les inondations sur la santé des populations, ces effets pouvant causer des décès des traumatismes et des invalidités. Le second mécanisme serait tout aussi indirect et découlerait de l'influence du climat sur le développement des populations vectorielles et partant sur la morbidité et la mortalité associées à ces maladies vectorielles comme le paludisme, l'onchocercose ou la bilharziose. Le dernier mécanisme serait aussi indirect et concernerait les impacts du climat sur la production agricole et partant sur la disponibilité alimentaire et l'état de santé des populations.

L'objet de ce papier, c'est d'investir les impacts de ces événements sur la mortalité des enfants dans trois pays africains (Sénégal, Mali et Cameroun).

2. Méthodologie

Les données. Dans le cadre de cette étude, nous recourons aux enquêtes démographiques et de santé (EDS) auxquelles nous associons les données climatiques.

Les EDS font partie d'un programme financé par l'USAID et mis en œuvre dans de nombreux pays du monde, surtout dans les pays en développement, avec l'assistance technique d'un bureau d'études américain dénommé ICF Macro. Un des avantages de ces enquêtes est qu'elles sont réalisées de façon régulière (tous les 5 ans en moyenne) et standardisée à l'échelle des différents pays, ce qui permet de disposer d'une bonne série de données dans le temps et dans l'espace. Nous y revenons plus loin. L'objectif principal des données EDS est de mesurer les évolutions de la fécondité et de la mortalité infanto-juvénile dans les pays concernés. L'échantillon principal (pivot) est celles des femmes en âge reproductif (15-49 ans). Il leur est administré un questionnaire portant, entre autres, sur leur histoire génésique. Pour chaque enfant né vivant, on enregistre la date de naissance mais également la date de décès si l'enfant est décédé¹, ainsi que d'autres caractéristiques démographiques (rang de naissance, gemellité, sexe de l'enfant notamment). Ces informations sont fusionnées avec les caractéristiques sociodémographiques de la mère et le tout agrégé dans une base de données appelé "fichier de naissances". Dans cette étude nous utilisons les "fichiers de naissances" des enquêtes camerounaises de 1991, 1998 et de 2004. Pour le Mali, il s'agit des enquêtes réalisées en 1987, 1995, 2001 et 2006. Enfin, les données sénégalaises datent de 1993, 1997 et de 2005. Ces différentes enquêtes ont été empilées, permettant ainsi de disposer d'une série de naissances triée par année:

¹pour une description plus détaillée de enquêtes EDS, nous renvoyons le lecteur aux rapports qui sont disponible gratuitement sur le site measuredhs.com

Tableau 1: distribution des années de naissances enfants issus des enquêtes démographiques et de santé du Cameroun, Mali et Sénégal

Années	Cameroun	Mali	Sénégal	Ensemble
1949	0	1	0	1
1952	0	4	0	4
1953	2	8	0	10
1954	0	15	1	16
1955	3	15	0	18
1956	7	38	0	45
1957	10	37	4	51
1958	22	70	8	100
1959	18	74	8	100
1960	54	120	20	194
1961	46	120	28	194
1962	64	168	57	289
1963	89	193	83	365
1964	99	260	112	471
1965	136	342	164	642
1966	153	391	239	783
1967	179	505	292	976
1968	223	644	384	1251
1969	266	632	401	1299
1970	393	1011	597	2001
1971	353	857	585	1795
1972	534	1236	836	2606
1973	551	1348	813	2712
1974	659	1514	1092	3265
1975	783	1997	1169	3949
1976	896	2031	1443	437
1977	923	232	1632	4875
1978	1143	275	1887	578
1979	1112	2752	1959	5823
1980	1491	3928	2295	7714
1981	1302	3344	228	6926
1982	1768	3995	2679	8442
1983	1626	4165	2796	8587
1984	1982	4338	3004	9324
1985	2062	5047	3202	10311
1986	2129	5389	3597	11115
1987	2201	5074	3329	10604
1988	237	5497	3654	11521
1989	2326	5127	4024	11477
1990	2728	6602	4084	13414

1991	2122	6009	3876	12007
1992	2161	642	439	12971
1993	1905	6685	3031	11621
1994	222	664	3164	12024
1995	1975	7163	3159	12297
1996	2294	5281	35	11075
1997	2223	4953	2462	9638
1998	1856	5443	2018	9317
1999	1385	4994	2193	8572
2000	1759	6652	1953	10364
2001	1483	2972	1977	6432
2002	1756	2851	2179	6786
2003	1677	2971	2253	6901
2004	735	2725	2429	5889
2005	0	3071	816	3887
2006	0	1931	0	1931
Total	56254	15072	88158	295132

Le premier enfant le plus âgé est né en 1949 et le dernier en 2006. C'est aux environs des années 1970 que le nombre de naissances devient consistant dans chacun des trois pays et ce jusqu'en 2004. Aussi, nous avons retenu comme période d'analyse celle allant de 1970 à 2003. A partir de ce fichier naissance, nous avons créé un fichier "années-vécues" comportant, pour chaque enfant, autant de lignes que d'années vécues. Concrètement, pour chaque enfant né au cours de l'année T, on crée une série d'enregistrements correspondant aux années T+1, T+2.....T+d, où d correspond soit à l'âge au moment de l'enquête si l'enfant est encore en vie, soit à son âge au décès s'il est décédé. Ce fichier est ensuite fusionné avec celui du climat.

Les fichiers de climatiques proviennent de la base de données "global climate". Dans la forme de base, chaque enregistrement correspond à une surface de XXKm² du globe terrestre. Un important travail de traitement a été effectué sur ces données pour calculer les températures et les précipitations moyennes par région dans les trois pays (MENETRIER, 2012). Ces données couvrent une longue période de temps allant de 1901 à 2006. Nous les avons fusionné avec les données "années-vécues", avec comme identifiants, en plus de l'année traversé, le pays, la région. Cette dernière variable permet de prendre en compte les disparités climatiques qui existent au sein d'un même pays (cf. graphiques en annexes sur les chocs climatiques).

Méthodes d'analyse. La mesure du «choc climatique»

Pour mieux étudier les interrelations entre les chocs climatiques et la mortalité des enfants, nous proposons de regrouper les 33 régions des trois pays dans des classes climatiques homogènes. Les données disponibles pour dresser les profils climatiques des trois classes sont la pluviométrie et la température. Parmi ces deux paramètres, la pluviométrie est celui qui permet le mieux de caractériser le climat. De façon générale, au niveau des trois pays, en fonction du volume moyen des précipitations tombées entre 1970 et 2006, on peut avoir les trois profils climatiques suivants:

- Climat de type éburnéen: il va concerner les régions comprises entre les isohyètes 2000 et 4000 mm de pluies;
- Climat tropical humide: il caractérise les régions comprises entre les isohyètes 1000 et 2000 mm ;
- Climat soudano sahélien: il va concerner les régions comprises entre les isohyètes 1000 et 400;
- Climat sahélien et aride: il va concerner les régions situées en dessous de l'isohyète 400 mm

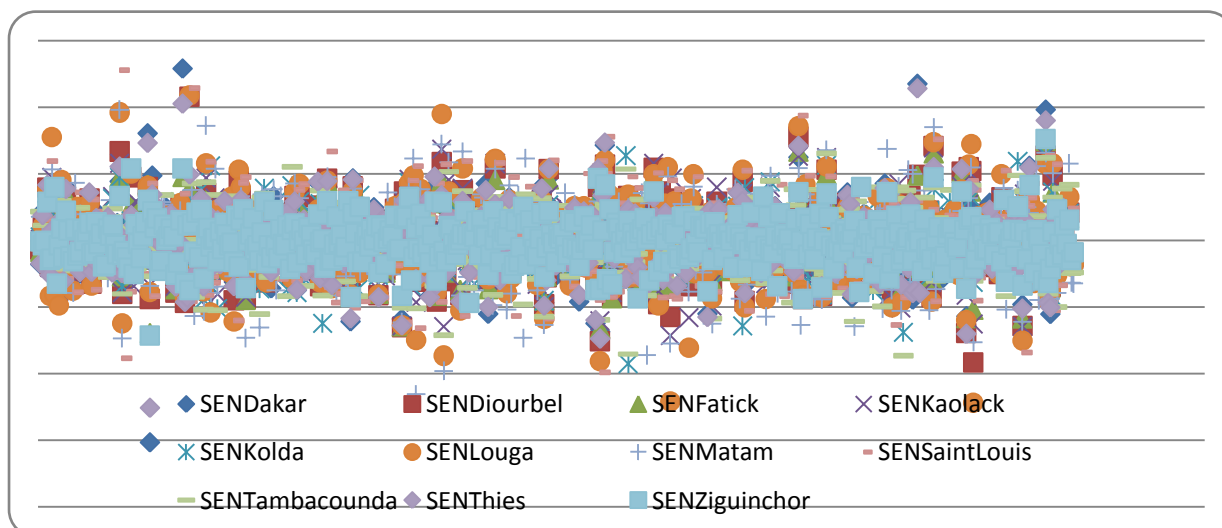
Pour mesurer l'impact du choc climatique sur la mortalité, il convient, de prime abord, d'identifier correctement le choc. Intuitivement, un choc c'est une variation, un écart imprévu par rapport au niveau attendu. Par exemple, si la température moyenne dans une localité est censée être en moyenne de 25 degré mais qu'au cours l'unité de temps considérée elle grimpe de 2 degrés, on est visiblement, en présence d'un choc climatique. Parce que le choc est par définition un événement exceptionnel, on s'attend à ce qu'après le ou les chocs, les températures redeviennent normales (cf. graphiques annexes).

De façon générale, les données climatiques comportent structurellement une forte variabilité intra-annuelle, correspondant aux «saisons» qui se répètent à l'identique d'année en année. Dans cette étude, il s'agit de mesurer l'impact des chocs climatiques, qui agit sur la mortalité infantile en plus des variations saisonnières dont l'effet a été largement mis en évidence par la littérature. Isoler l'impact des chocs climatiques suppose de prime abord, de décomposer les séries climatiques (températures et précipitations) en ses différentes composantes. Soit respectivement T_{am} et P_{am} , les séries des températures et des précipitations, où les indices a et

m représentent respectivement les mois et les années. Par définition, m varie de 1 à 12, et a de 1970 à 2003. Ces séries sont été décomposées en un trendou tendance, une composante saisonnière, et une composante aléatoire ou accidentelle. Afin de réaliser cette décomposition nous avons recouru à une routine de SPSS, qui utilise la méthode des moyennes mobiles dite X-11 développée par le «Bureau of Census» des USA.

Dans une décomposition classique, on est surtout intéressé par le trend et les variations saisonnières, la composante accidentelle étant considérée comme un simple bruit blanc dont il s’agit de se débarrasser². Mais, dans le cadre de cette étude, il s’agit de la principale variable explicative. Nous produisons, ci-dessous la représentation des séries chronologiques du Sénégal à titre illustratif; celui des autres pays se trouve en annexe.

Figure 1: Variations accidentelles de la série des températures mensuelles au Sénégal entre 1970 et 2005.



Il ressort de ce graphique que l’amplitude de variation de cette composante accidentelle est non négligeable. Par construction, elle comporte tout aussi bien de véritables variations accidentelles de températures que des fluctuations aléatoires dues au fait qu’il s’agit d’une estimation issue d’un modèle. Se pose alors la question de l’identification réelle du choc. Intuitivement, on peut dire qu’il y a un choc quand l’amplitude de variation au cours d’un mois donné dépasse un certain seuil. Il n’existe pas, à notre connaissance, de définition claire de ce seuil. Dans le cadre de cette étude, nous avons transformé discrétisé les composantes accidentelle en décile, de façon à pouvoir déterminer tout éventuel effet non linéaire. En effet, intuitivement, écart de température trop importante par rapport à la normale peut avoir le

²Ainsi, ces variations accidentelles ne font même pas partie des sorties principales sous stata

même effet, que cet écart soit positif ou négatif. Pour tenir compte de cette contrainte, on peut être tenté par le recours à des formes fonctionnelles non linéaires comme des polynômes d'ordre supérieur à un. Cette stratégie revient à poser des contraintes (hypothèses) sur les effets des chocs. Dans le cadre de cette étude, nous adoptons une approche plus flexible qui consiste à transformer les composantes accidentelle en décile, et à introduire ces déciles comme variables indicatrices dans les modèles.

Le tableau 2 donne les valeurs moyennes de déciles des variations accidentelles de température. Moins le climat est pluvieux, plus les amplitudes de variation des températures sont forte. Ainsi, si le choc moyen de température au niveau du premier décile (celui des chocs négatifs les plus important) est de -0,58 degré Celsius pour le climat de type éburnéen, il passe à -0,68 pour le type tropical humide, et atteint -1,09 pour le climat sahélien humide. Au niveau du dixième décile des chocs positifs les plus importants, on observe, quasiment au signe près, les mêmes évolutions.

Tableau 2: Valeurs moyennes (en degrés) des variations accidentelles des températures par décile et selon le type de climat

	Éburnéen	Tropical humide	Soudano Sahélien	Sahélien Aride	Ensembl e
decile 1	-0,58	-0,68	-0,94	-1,09	-0,86
decile 2	-0,31	-0,34	-0,48	-0,61	-0,45
decile 3	-0,19	-0,22	-0,30	-0,38	-0,28
decile 4	-0,11	-0,12	-0,17	-0,21	-0,16
decile 5	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,05
decile 6	0,05	0,04	0,07	0,07	0,06
decile 7	0,13	0,13	0,18	0,21	0,16
decile 8	0,20	0,23	0,31	0,37	0,29
decile 9	0,31	0,37	0,48	0,59	0,45
decile 10	0,54	0,64	0,91	1,10	0,83
Ensembl e	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Au niveau des précipitations, les chocs les plus importants (en terme absolus) sont observés dans le climat les plus pluvieux. Ainsi, le choc moyen est d'environ -65 ml d'eau par mois

pour le climat de type éburnéen, contre seulement -24,7 ml par mois pour le type sahélien aride. Comme pour les températures, il existe une symétrie entre les chocs négatifs et positifs. Une conséquence de cette symétrie est le fait que la moyenne des chocs de pluies, comme celle des chocs de températures, tend vers zéro. Mais, cela ne veut pas nécessairement dire qu'au niveau de la mortalité, les effets des chocs positifs négatifs se compenseraient. En effet, au niveau théorique, des écarts importants de températures ou de précipitations, qu'ils soient positifs ou négatifs auront tendance à tous deux conduire à la catastrophe.

Tableau 3: Valeurs moyennes (en ml/mois) des variations accidentelles des précipitations par décile et selon le type de climat

	Éburnéen	Tropical humide	Soudano Sahélien	Sahélien Aride	Ensemble
decile 1	-64,95	-54,88	-44,98	-24,70	-46,04
decile 2	-35,87	-25,89	-15,22	-5,65	-18,38
decile 3	-21,62	-14,32	-5,29	-1,54	-8,63
decile 4	-12,56	-6,96	-0,91	-0,36	-3,54
decile 5	-4,34	-0,98	0,18	0,02	-0,52
decile 6	3,14	2,41	0,94	0,32	1,45
decile 7	10,53	6,58	2,94	0,94	4,27
decile 8	20,12	12,97	6,27	2,34	8,67
decile 9	33,82	23,43	12,93	5,22	16,37
decile 10	71,02	57,77	43,24	23,47	46,40
Total	-0,07	0,00	0,00	-0,01	-0,01

Méthodes d'estimation. Une fois le choc climatique construit, on essaye de définir la nature de sa relation avec la mortalité infantile.

Soit T la variable aléatoire décrivant l'âge (en mois) au décès:

Soit $C(T)$, le choc auquel l'enfant est exposé à l'âge T

On peut écrire, en toute généralité, la probabilité conditionnelle pour un enfant de décéder en t , sachant qu'il a survécu depuis sa naissance jusqu'en $t-3$ comme dépendant du choc $C(t)$ de la façon suivante :

$$P(\text{décès en } t/t > T) = f [C(t), X(t), Z] \quad (\text{équation 1}),$$

Où :

- $X(t)$ représente l'ensemble des variables de contrôle pouvant varier avec l'âge de l'enfant et Z les variables de contrôle fixes. Dans la première catégorie, se trouve notamment le trimestre traversé par l'enfant, qui permet de tenir compte de la saisonnalité de la mortalité. La seconde variable variant dans le temps est la décennie traversée (70, 80, 90), dont le rôle est de mesurer l'évolution du trend la mortalité au fil du temps.
- Z représente les caractéristiques fixes ou considérés saisies comme telles : niveau d'instruction de la mère, niveau de vie du ménage, milieu de résidence et la localité où la mesure a été prise

Méthode d'estimation empirique. Dans le cadre de cette étude, nous utilisons un modèle de Cox⁴ avec variables indépendantes variant avec le temps :

$$P(\text{décès en } t/t > T) = h_0(t) \cdot \exp [\alpha C(t) + \beta X(t) + \lambda Z] \quad (\text{équation 2})$$

3. Résultats

Dans cette partie, nous présentons les résultats des estimations des chocs de températures et de précipitation sur la mortalité infanto-juvénile. Comme souligné plus haut pour chacun des chocs, les modèles sont estimés séparément par type de climat.

Impact des chocs de précipitation sur la mortalité des enfants

Climat de type éburnéen: Au niveau climat de type éburnéen, on note un effet curvilinéaire des chocs de précipitations sur la mortalité infanto-juvénile : aussi bien les épisodes d'excès

³ t -signifie avant t .

⁴ Il convient de rappeler que le modèle de Cox est un modèle semi-paramétrique. Aussi, ce n'est pas la vraisemblance formée directement à partir de (eq. 2) qui est estimée, mais une vraisemblance partielle ne contenant pas le risque de base $h_0(t)$. Pour une spécification précise de la vraisemblance partielle, voir Courgeau et Lelièvre [1989] et Cox [1984].

d'eau que ceux de forte pénurie entraînent une réduction du risque de la mortalité des enfants de moins de 5 ans. Il convient de bien souligner qu'on est dans un contexte où, en temps normal, la pluviométrie est élevée et les températures (entre 22 et 25 degrés), ce qui génère un écosystème particulier caractérisé d'un côté par une présence quasiment endémique de certaines maladies vectorielles comme le paludisme et, de l'autre, par une relative abondance des produits alimentaires. Il semble donc ici que les écarts pluviométriques extrêmes, aussi bien positifs que négatifs, modifient cet écosystème en rendant l'environnement moins favorable aux vecteurs et/ou agents pathogènes des maladies infectieuses, ce qui entraîne une baisse de la morbidité des enfants et par la suite de leur mortalité.

Quand on restreint les analyses aux enfants de moins d'un an, la tendance à la baisse de la mortalité sous l'effet des chocs de précipitation se renforce. Or on sait que les enfants de moins d'un an sont plus sensibles aux maladies que ceux de plus d'un an. Les résultats observés ici confortent nos arguments quant aux mécanismes entre chocs de précipitation et mortalité des enfants en climat éburnéen.

Climat de type tropical humide. Contrairement au climat de type éburnéen où on avait une symétrie presque parfaite de l'effet des déciles de chocs les moins pluvieux et ceux des chocs les plus pluvieux sur la mortalité des enfants, le climat tropical humide se caractérise par une configuration plus complexe. En effet, les coefficients de régression montrent un décalage du niveau des chocs négatifs de précipitation procurant un effet bénéfique sur la mortalité des enfants. Ainsi, c'est seulement à partir du troisième décile qu'on note l'effet bénéfique de la pénurie de pluies sur les chances de survie des enfants, et non plus dès le premier comme sous le climat éburnéen. Ce déplacement du point d'inflexion de la mortalité pourrait s'expliquer par le fait que, comparé au climat de type éburnéen, l'eau est, en temps normal, relativement moins abondante.

Climat de type Soudano-sahélien et sahélien aride. Dans les régions soumises aux climats soudano-sahéliens et sahéliens arides où en temps normal l'eau est plutôt une ressource très rare comparée aux deux types de climats précédents, les chocs de précipitations n'ont guère d'effet sur la survie des enfants de 0-5 ans.

Impact des chocs de températures sur la mortalité infantile.

Climats soudano-sahélien et sahélien. Si sous les climats soudano-sahélien et sahélien aride les chocs de précipitation n'ont quasiment pas d'effet sur la mortalité infanto-juvénile, tel ne

semble pas être le cas des chocs de température. En ce qui concerne le premier type (le climat Soudano-sahélien), les chocs de température ont un effet en "U" aussi bien sur la mortalité des enfants de 0-4 ans que sur celui des enfants de 0-1. Autrement dit, les températures extrêmes, qu'elles soient positives ou négatives, accroissent les risques de décéder des enfants.

Climat éburnéen et tropical humide. Contrairement aux climats sahéliens où les chocs de températures ont un effet statistiquement significatif sur la mortalité, dans ceux de type tropical humide et éburnéen, les modèles ne permettent pas de discerner un impact des chocs sur la mortalité infantile.

4. Discussions

De façon synthétique, il est apparu que l'impact des chocs climatiques sur la mortalité des enfants dépend du type de choc (précipitation ou température) et de la zone climatique considérée.

Ainsi, les chocs de pluviométrie n'impactent sur la mortalité des enfants que dans la zone éburnéenne ou subtropicale humide. Aussi, une pénurie extrême va certes gêner la prolifération des agents pathogènes, mais en même temps, ce choc peut, sur le plan hydrique, engendrer une raréfaction transitoire de l'eau, ce qui peut avoir un impact sur les récoltes (surtout dans un contexte où les plantes cultivés sont hydrophiles, comme par exemple les tubercules) et donc sur la santé des enfants à travers la nutrition. Dès que les chocs deviennent moins extrêmes (au niveau du troisième décile), l'effet d'inhibition des agents vectoriels domine celui d'inhibition des cultures. On peut donc penser que les résultats observés ici sont la résultante de ces deux mécanismes. Quand le choc extrême est positif, c'est-à-dire, quand il s'agit d'une pluviométrie excessive (9^{ème} et 10^{ème} déciles), l'effet est plutôt bénéfique sur la survie des enfants, comme dans le cas du climat de type éburnéen.

Dans les zones possédant des climats soudano sahélien ou sahélien, les chocs climatiques ne semblent pas affecter la mortalité des enfants. A priori, on se serait attendu à ce que, à cause de l'état de rareté relative de l'eau, un surplus inattendu d'eau augmente les chances de survie des enfants à travers l'adoucissement du climat d'une part, et, d'autre part, une meilleure productivité agricole. Nos estimations ne permettent pas de valider cette assertion. Cela ne veut pas nécessairement dire que les chocs climatiques n'aient pas d'impact sur la mortalité des enfants dans les climats sahélien, mais simplement que les données et méthodes que nous avons utilisées ne permettent pas de cerner de tels effets. Par contre, l'utilisation d'un autre

indicateur de changement climatique, comme les chocs de températures permet d'aboutir à des résultats plus concluants. En effet, si sous les climats soudano-sahélien et sahélien aride les chocs de précipitation n'ont quasiment pas d'effet sur la mortalité infanto-juvénile, ce n'est pas le cas des chocs de température. Ces résultats peuvent s'interpréter de la façon suivante: les écarts de température extrêmes peuvent être mis en relation avec des épisodes de sécheresse et de chutes de production agro pastorale, ce qui peut entraîner aussi bien des cas de malnutrition des enfants, surtout les enfants déjà sevrés. De même, la malnutrition peut affecter les femmes enceintes qui peuvent au monde des enfants avec une insuffisance pondérale qui comme le montre la littérature (DALLANA et ZUANNA, (2008 cités par DEROSAS, 2009 : 234) sont plus exposés au risque de décéder entre 0 et 1 an.

Par ailleurs, au Sahel, certaines chutes de température peuvent doublement affecter les enfants. D'abord, certaines périodes froides peuvent à travers les pluies dites de heug (pénétration des vagues d'air froid) compromettre les cultures et entraîner des disettes qui impactent sur la mortalité des enfants. Ensuite, d'autres vagues de froid peuvent si intenses au point que la population en général et les couches les plus sensibles (les enfants) qui ne sont préparées à la riposte en payent un lourd tribut comme le souligne les travaux de JOHANSSON et de MOSK (1987). Cela a été le cas des vagues de froid en janvier 2002 au Sénégal qui ont détruit quasiment toute la production agro pastorale au nord du Sénégal et entraîné un niveau de mortalité élevé. Ces résultats convergent avec ceux de travaux déjà conduits ailleurs. BONSER et WEST (1979) cités par CAMPBELL (1994:191) ont remarqué que dans les pays où la prévalence était élevée, les cas de mort subite augmentaient en hiver, et qu'à l'intérieur des pays, les zones de haute altitude où il fait plus froid, la mortalité subite du nourrisson augmentait.

XU et al. (2012) ont identifié quelques raisons qui expliqueraient que les enfants soient plus affectés par les températures extrêmes comparativement aux adultes. La première est relative au ratio entre la surface corporelle et la masse corporelle, plus élevé chez l'enfant que chez l'adulte : plus ce ratio est élevé plus l'individu est affectée par les températures extrêmes. La seconde est liée au métabolisme : l'enfant a un plus grand métabolisme et est par conséquent plus sensible aux températures extrêmes. Une autre raison serait que les enfants passent plus de temps au dehors et participeraient à plus d'activités physiques qui les exposeraient plus aux a des températures extrêmes.

Les données climatiques dans les parties septentrionales des trois pays que sont le Sénégal, le Mali et le Cameroun, favoriseraient, du fait de l'alternance entre des périodes froides et sèches, la prévalence de certaines maladies. Dans une étude sur le lien entre le climat et la survenue de la méningite en Afrique de l'Ouest, SULTAN (2005: 470) montre qu'autant les périodes froides que les périodes de sécheresses seraient propices au développement de la maladie dans la mesure où il postule que les vents de sable pourraient fragiliser les barrières muqueuses et favoriser l'entrée du méningocoque.

Dans les régions sahéliennes arides, l'effet des chocs de température sont plus nuancés. Ainsi, les risques de décès le plus élevé se retrouve au niveau du 10ème décile comme sous le type précédent, ce qui suggère que les grands excès de chaleur sont meurtriers pour les enfants. Mais contrairement au type soudanais, les déciles les plus froids ne sont pas nécessairement plus meurtriers que la normale, laissant suggérer que l'effet positif du rafraîchissement domine l'effet négatif soulignés précédemment.

Conclusion

Au terme de cette investigation, il est apparu que les chocs climatiques avaient un impact certain sur la mortalité des enfants. Cet impact est d'abord variable selon le type de climat (éburnéen, tropical humide, soudano- sahélien ou sahélien). Il est ensuite variable selon le niveau de mortalité considéré (mortalité infantile ou mortalité infanto-juvénile).

Ainsi, il apparaît que les chocs climatiques affectent la mortalité infanto juvénile et pas la mortalité infantile dans les climats éburnéen et tropical humide. Dans le premier type de climat caractérisé par des volumes de précipitations importants, les extrêmes (maxima ou minima/déficits) diminuent le niveau de la mortalité infanto-juvénile. Cet impact a une configuration curvilinéaire laissant présager que ces chocs climatiques impactent sur les niches écologiques des populations vectorielles contribuant à déstabiliser leurs cycles de reproduction. Un tel mécanisme diminue la morbidité associée aux maladies vectorielles et aboutit à la baisse de la mortalité infanto-juvéniles. L'impact positif de la pluviométrie très excédentaire sur la réduction de la mortalité infanto-juvénile est aussi observé au niveau des régions possédant un climat tropical humide. Ici un autre mécanisme serait à la base de cette relation. Dans ces zones, une pluviométrie excédentaire est souvent associée à une meilleure productivité agricole et par conséquent à une plus grande disponibilité alimentaire et à de meilleurs statuts nutritionnels des enfants.

Les chocs de précipitations n'ont pas été, au regard des résultats, associés à des changements dans les différents niveaux de la mortalité des enfants dans les régions soudano-sahéliennes et arides. En revanche, c'est au niveau de des zones que les effets des chocs de température sur la mortalité des enfants seraient les plus observés. On peut interpréter ce résultat en mettant en avant que les régions soudano-sahéliennes et arides, les sociétés habituées aux chocs pluviométriques ont développé des mécanismes de résilience qui font que ces chocs n'impactent pas beaucoup sur la morbidité et la mortalité des enfants. En revanche, elles apparaissent totalement démunies face aux chocs extrêmes de températures qui augmentent les niveaux de mortalité des enfants.

Au regard de ces résultats, nous pouvons tirer deux conclusions majeures en rapport avec la probabilité d'une augmentation des événements climatiques extrêmes évoquée par le Rapport spécial du GIEC de 2012:

- l'impact des chocs sur la mortalité des enfants se fera plus ressentir dans les régions soudano-sahéliennes et arides que dans les régions de climat éburnéen ou subtropical ;
- l'augmentation de la morbidité et de la mortalité des enfants résulterait davantage des chocs de température que des chocs de pluviométrie.

Ces résultats auxquels nous avons aboutis convoquent des recherches supplémentaires axées sur la systématisation des facteurs qui médiatisent les effets des variables climatiques sur la mortalité des enfants en Afrique subsaharienne. En effet, l'ampleur des effets du climat sur la sante serait atténuée ou amplifiée par les facteurs sociaux, environnementaux et comportementaux (CARSON, HAJAT, AMSTRONG et WILKINSON, 2006). Selon ces auteurs, de meilleures commodités, des infrastructures et des technologies adaptées ainsi que meilleurs systèmes de services et de santé rendraient les populations moins vulnérables aux effets du climat.

Références bibliographiques

Anttila-Hughes J.K. et Hsiang S.M., Destruction, Disinvestment and Death: Economic and Human Losses Following Environmental Disaster, Working paper, Columbia University.

Baird S., Friedman J., Smitz M. (2011). Climate variability and Infant Mortality in Africa, Unpublished Working Paper, 2011.

Bretraudeau A., Sarr B. et Seydou T., (2011). Évaluation du changement climatique en Afrique de l'Ouest in «Actions d'adaptation au Changement climatique pour le développement rural, la biodiversité et la GIRE», 1er Forum Africain sur le Développement Durable, Bamako

Burgess R., Deschenes O., Donaldson D., Greenstone M., (2001). Weather and Death in India, April 2011, Unpublished Paper.

République du Cameroun (2012): Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs Multiples, Rapport Principal, Institut National de la Statistique, 576 p.

République du Cameroun. (2010). Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitat du Cameroun, Rapport de présentation des résultats définitifs, Bureau Central des Recensements et des Etudes de Population, 67 p.

Carson C., Hajat S., Armstrong B., Wilkinson P. «Declining Vulnerability To Temperature-related Mortality in London over the 20th Century», American Journal of Epidemiology, Vol. 164, No. 1, pp 77-84

Courgeau D., Lelievre E. (1989). Analyse démographique des biographies, Paris, Institut National des Etudes Démographiques.

Cox D. R., Oakes D., (1984), Analysis of survival data, London, Chapman and Hall/CRC.

Derosas R. (2009). The joint effect of maternal malnutrition and cold weather on neonatal mortality in nineteenth-century Venice: An assessment of the hypothermia hypothesis, Population Studies, Vol. 63, No. 3, pp. 233-251

Douglas I, Alam K, Maghenda M, McDonnell Y, Mclean L, Campbell J., (2008). Unjust waters: climate change, flooding and the urban poor in Africa. *Environment and Urbanization*, 20: 187-205

Han P., Foltz J. (2013). The impact of Climate Shocks on Child Mortality in Mali, Paper presented at the Agricultural and Applied Economics Association's.

IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX), Special Report.

Johansson S.R, Mosk C., (1987). Exposure, Resistance and life Expectancy: Disease and Death during the Economic Development of Japan, 1900-1960, Population Studies, 4, pp. 207-235.

République du Mali, Institut National de Statistique, (2006). Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs, Rapport Principal, CPS/MS et DNSI, 535 p.

République du Mali, Institut National de Statistique, (2011). Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitat du Mali, Rapport principal, INSTAT.

Pascuale M. Bouma M. J. (2009). Do Rising Temperatures Matter? Ecology, Vol. 90, No. 4, pp. 906-912

Sardon J. P. (2002). Recent Demographic Trends in Europe and the Other Developed Countries, Population-E 2, 61(3), 197-266

Schereschewsky J. W. (1913). Heat and Infant Mortality, : Public Health Reports (1896-1970), Vol. 28, No. 49, pp. 2595-2621

Sultan B. (2005). «Influence du climat sur la survenue des épidémies de méningite en Afrique de l'ouest, Médecine Sciences, vol. 21, n° 5, p. 470-471

Ministère de la Santé et de la Prévention Médicale (2005). Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs, Rapport Principal, - Centre de Recherche pour le Développement Humain, 487 p.

Marion Menetrier, (2012). Analyse des données anthropométriques de l'EDS 2004 du Cameroun, Rapport de stage effectué à l'IRD, 32 p

Xu Z. et *al.*, (2012). «Impact of ambient temperature on children's health: A systematic review», Environmental research 117, 120-131.

Annexes

Annexe 1: Impact des chocs de température (déciles des écarts de précipitation annuelles par rapport à la moyenne (1901-1969) sur la mortalité infanto-juvénile entre 1970 et 2003;

Coefficients modèles de cox, effets fixes-régions par type de climat

VARIABLES	Eburnéen (2000-4000 ml/an)		Tropical humide (1000-2000 ml/an)		Soudano-sahélien (400-1000 ml/an)		Sahélien Aride	
	0-4 ans	0-1ans	0-4 ans	0-1ans	0-4 ans	0-1ans	0-4 ans	0-1ans
Année 1980	0.0145 (0.106)	-0.0610 (0.131)	-0.124 (0.0882)	-0.121 (0.100)	-0.0912** (0.0361)	-0.0849** (0.0368)	0.107 (0.194)	0.193 (0.167)
Année 1990 et plus	-0.0167 (0.0817)	-0.0432 (0.144)	-0.208*** (0.0542)	-0.206*** (0.0745)	-0.330*** (0.0373)	-0.303*** (0.0380)	-0.397* (0.230)	-0.245 (0.174)
Avril-juin	0.182*** (0.0443)	0.160 (0.110)	0.0662 (0.0536)	0.0681 (0.0472)	0.0484* (0.0262)	0.0423 (0.0359)	0.0382 (0.0475)	0.0911 (0.0689)
Juillet-septembre	-0.163 (0.119)	-0.206* (0.119)	0.0103 (0.0198)	-0.0270 (0.0318)	0.00812 (0.0248)	-0.00471 (0.0346)	0.0784 (0.0793)	0.150 (0.112)
Octobre-décembre	0.0480*** (0.0108)	0.112*** (0.0299)	-0.000408 (0.0292)	-0.0259 (0.0248)	0.0448 (0.0274)	0.00935 (0.0267)	0.0595 (0.0858)	0.107 (0.0830)
Décile 1 du choc de précipitation	-0.241 (0.405)	-0.314 (0.305)	-0.0105 (0.0524)	-0.0431 (0.0655)	-0.00541 (0.0404)	0.0341 (0.0492)	-0.0652 (0.124)	-0.118 (0.109)
Décile 2 du choc de précipitation	-0.288** (0.143)	-0.276* (0.144)	-0.0197 (0.0543)	-0.0410 (0.0561)	0.0375 (0.0484)	0.0211 (0.0431)	-0.105 (0.133)	-0.177** (0.0865)
Décile 3 du choc de précipitation	-0.469 (0.485)	-0.804 (0.521)	-0.0788* (0.0469)	-0.0952** (0.0477)	-0.0235 (0.0397)	-0.0118 (0.0362)	0.0533 (0.153)	0.0378 (0.107)
Décile 4 du choc de précipitation	-0.235 (0.437)	-0.385 (0.444)	-0.106** (0.0436)	-0.0859** (0.0399)	0.0389 (0.0336)	0.0412 (0.0431)	-0.0729 (0.0694)	-0.168 (0.119)
Décile 6 du choc de précipitation	-0.0502 (0.340)	-0.182 (0.300)	-0.139** (0.0569)	-0.212*** (0.0785)	0.0203 (0.0401)	-7.95e-05 (0.0361)	-0.108 (0.137)	-0.201* (0.112)
Décile 7 du choc de précipitation	-0.329*** (0.0403)	-0.425*** (0.0379)	-0.0381 (0.0541)	-0.0257 (0.0473)	-0.0425 (0.0453)	-0.0333 (0.0470)	-0.0936 (0.100)	-0.145** (0.0716)
Décile 8 du choc de précipitation	-0.400*** (0.0365)	-0.499*** (0.102)	0.00646 (0.0356)	-0.0177 (0.0364)	0.0144 (0.0278)	0.00663 (0.0474)	0.144 (0.109)	0.0497 (0.0886)
Décile 9 du choc de précipitation	-0.226 (0.364)	-0.305 (0.462)	-0.0826 (0.0561)	-0.0727 (0.0452)	-0.0103 (0.0562)	-0.00460 (0.0564)	0.104 (0.149)	0.0553 (0.164)
Décile 10 du choc de précipitation	-0.254** (0.114)	-0.310 (0.371)	-0.116*** (0.0387)	-0.105** (0.0489)	-0.00539 (0.0468)	-0.0328 (0.0511)	-0.104 (0.142)	-0.189 (0.164)
Rural	0.151*** (0.00188)	0.140*** (0.0445)	0.173*** (0.0627)	0.187*** (0.0533)	0.189*** (0.0565)	0.156*** (0.0536)	-0.000874 (0.169)	0.0203 (0.143)
Ménage Pauvre	0.197*** (0.0666)	0.120*** (0.00986)	0.184*** (0.0583)	0.161** (0.0749)	0.262*** (0.0821)	0.220*** (0.0769)	0.567*** (0.124)	0.494*** (0.129)
Mère ayant entre 0 et 5 années d'éducation	0.269*** (0.0242)	0.248*** (0.00134)	0.316*** (0.0790)	0.310*** (0.0829)	0.488*** (0.0784)	0.498*** (0.108)	0.210* (0.113)	0.182 (0.144)
Observations	516,195	118,564	3,403,061	807,155	7,401,605	1,758,815	1,491,134	353,099

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Impact des chocs de températures sur la mortalité infanto juvénile, modèles principaux

VARIABLES	Eburnéen (2000-4000 ml/an)		Tropical humide (1000-2000 ml/an)		Soudano-sahélien (400-1000 ml/an)		Sahélien Aride	
	0-4 ans	0-1ans	0-4 ans	0-1ans	0-4 ans	0-1ans	0-4 ans	0-1ans
Année 1980	0.0576 (0.123)	-0.0336 (0.132)	-0.117 (0.0902)	-0.114 (0.100)	-0.0961*** (0.0364)	-0.0908** (0.0358)	0.0943 (0.190)	0.176 (0.166)
Année 1990 et plus	0.0393 (0.0794)	0.0213 (0.152)	-0.204*** (0.0552)	-0.201*** (0.0755)	-0.335*** (0.0360)	-0.307*** (0.0366)	-0.408* (0.230)	-0.258 (0.173)
Avril-juin	0.163 (0.111)	0.163 (0.245)	0.0781 (0.0639)	0.0906 (0.0576)	0.0453** (0.0213)	0.0461* (0.0264)	0.0903*** (0.0272)	0.129*** (0.0244)
Juillet-septembre	-0.172 (0.106)	-0.192*** (0.0407)	0.0295 (0.0210)	0.000803 (0.0232)	0.0124 (0.0227)	0.0136 (0.0259)	0.0823* (0.0488)	0.142** (0.0602)
Octobre-décembre	0.0193 (0.0414)	0.122 (0.112)	0.0114 (0.0366)	-0.000929 (0.0305)	0.0390 (0.0247)	0.00911 (0.0229)	0.0970** (0.0430)	0.136*** (0.0481)
Décile 1 du choc de température	0.373 (0.387)	0.360 (0.374)	0.0565 (0.0782)	-0.0169 (0.0863)	0.0616 (0.0483)	0.0995** (0.0442)	-0.00438 (0.155)	0.0185 (0.120)
Décile 2 du choc de température	0.201 (0.541)	0.185 (0.533)	-0.00891 (0.0627)	-0.0684 (0.0704)	0.0631* (0.0380)	0.0556 (0.0380)	0.147 (0.0954)	0.161** (0.0780)
Décile 3 du choc de température	0.0778 (0.705)	0.106 (0.760)	0.0257 (0.0608)	-0.0189 (0.0888)	0.0373 (0.0362)	0.0381 (0.0461)	0.0198 (0.0696)	0.0689 (0.0994)
Décile 4 du choc de température	0.235 (0.366)	0.104 (0.327)	0.0456 (0.0509)	-0.0185 (0.0601)	0.0211 (0.0498)	0.0507 (0.0526)	0.0179 (0.157)	-0.0400 (0.210)
Décile 6 du choc de température	0.0934 (0.254)	0.0268 (0.403)	-0.0216 (0.0529)	-0.0819 (0.0931)	-0.000749 (0.0461)	0.0340 (0.0431)	0.213 (0.144)	0.162 (0.186)
Décile 7 du choc de température	0.124 (0.323)	0.202 (0.412)	0.0664 (0.0953)	0.00426 (0.105)	0.0965*** (0.0336)	0.128*** (0.0472)	0.0152 (0.0762)	0.121 (0.0937)
Décile 8 du choc de température	0.192 (0.189)	0.271* (0.156)	0.0750 (0.115)	0.0209 (0.119)	0.0755** (0.0317)	0.113*** (0.0272)	-0.143* (0.0866)	-0.0846* (0.0499)
Décile 9 du choc de température	0.449 (0.450)	0.343 (0.592)	-0.0580 (0.0668)	-0.117* (0.0707)	0.0539 (0.0357)	0.0777** (0.0364)	-0.0715 (0.146)	-0.141 (0.110)
Décile 10 du choc de température	-0.0740 (0.426)	0.0413 (0.598)	0.0267 (0.0881)	-0.00862 (0.109)	0.0609** (0.0310)	0.104*** (0.0404)	0.167*** (0.0490)	0.199** (0.0890)
Rural	0.149*** (0.00244)	0.136*** (0.0443)	0.173*** (0.0626)	0.187*** (0.0532)	0.189*** (0.0564)	0.156*** (0.0535)	0.00102 (0.169)	0.0216 (0.143)
Ménage Pauvre	0.194*** (0.0710)	0.117*** (0.0172)	0.184*** (0.0584)	0.161** (0.0751)	0.262*** (0.0822)	0.220*** (0.0769)	0.565*** (0.125)	0.494*** (0.130)
Mère ayant entre 0 et 5 années d'éducation	0.275*** (0.0294)	0.256*** (0.00358)	0.316*** (0.0790)	0.310*** (0.0828)	0.488*** (0.0784)	0.498*** (0.108)	0.211* (0.113)	0.183 (0.143)
Observations	516,195	118,564	3,403,061	807,155	7,401,605	1,758,815	1,491,134	353,099

Robust standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Annexe 2: Evolution des températures

Figure 1: évolution des températures dans les différentes régions du Cameroun depuis 1901

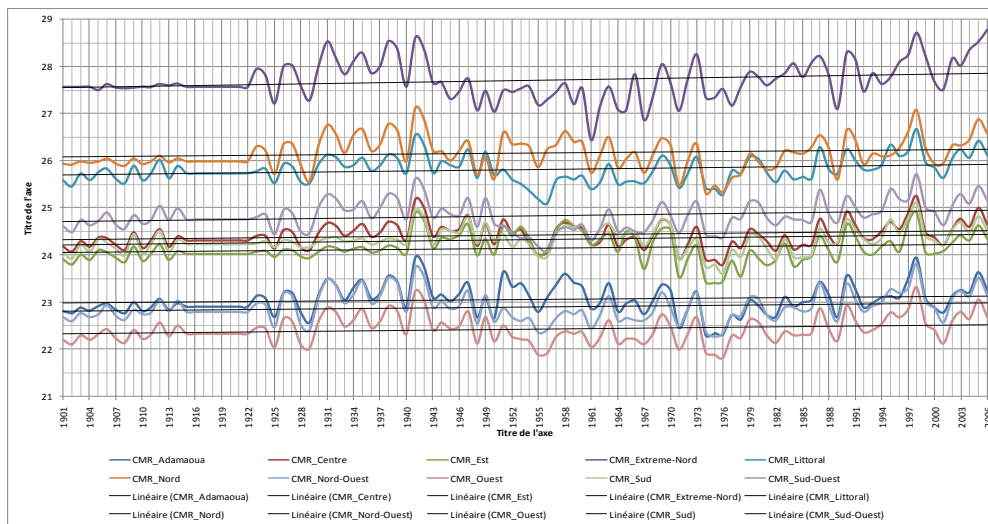


Figure 2: évolution des températures dans les différentes régions du Mali depuis 1901

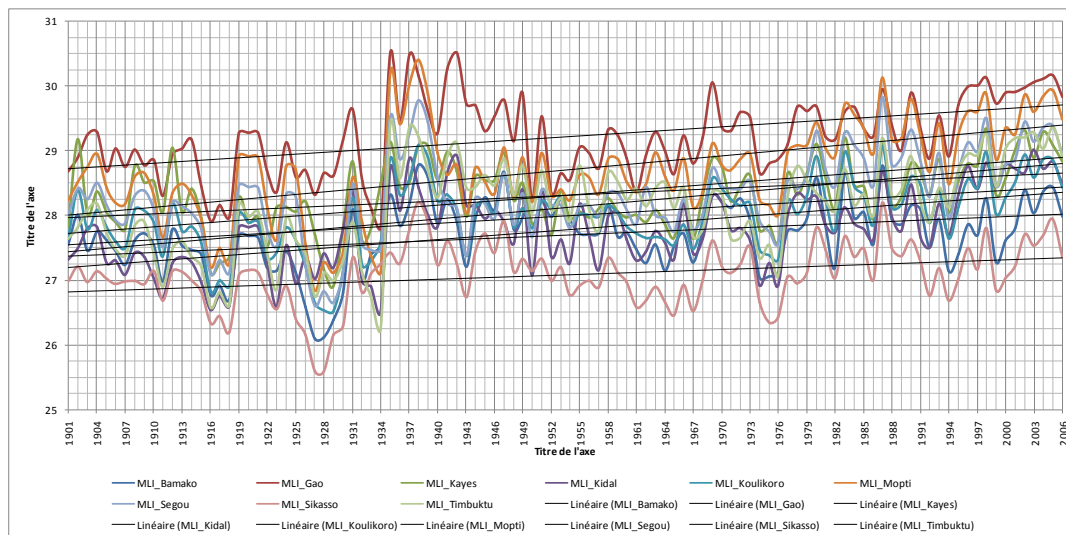


Figure 3: évolution des températures dans les différentes régions du Sénégal depuis 1901

