

Archives, histoire du climat et pluviométrie : un exemple sud-américain

*Archival climate history survey and instrumental records :
a south-american example*

par Alain Gioda, Yann L'Hôte¹

U.R. 32 Greatice, IRD, Montpellier

¹ Maison des Sciences de l'Eau,

IRD, B.P. 64501, F-34394 Montpellier Cedex 5

E-mail : gioda_ird@yahoo.com

The aim of this research is to reconstruct a regional history of climate, and particularly rainy seasons, using first of all printed chronicles, travellers and explorers diaries and press information. We secondly study archival documents to have a closer point of view of history. Potosi, the silver city of Eldorado (Peru then actually Bolivia, the Andes, 4000 m a.s.l.) is a good field study because of its richness from 1545 (the year of the first human settlement) which was characterized by coin control by Spain, the importance of the hydraulic and mill power in the mining industry built in an arid and cold environment, and a strong administrative domination by Spaniards and the Church of the city and its neighbourhood. The quality of all these different proxy data is estimated using instrumental records especially rainfall long-time series. Archival climate reconstruction from Town Hall reports (1585-1816) has a similar distribution of second half XXth meteorological records. On the other hand, climate history periods (reconstructed from printed chronicles, such as travellers and explorers diaries) have generally a different statistical distribution with a higher number of droughts and catastrophic natural events that could mean rather a lower quality of reconstruction than a climatic change.

I ■ INTRODUCTION

L'étude des pluies anciennes et des longues séries pluviométriques a fait l'objet de diverses compilations en France sous les auspices de Météo France, du Ministère de l'Environnement et de la Société Hydrotechnique de France [1-3]. Inversement, malgré son caractère innovant¹ et sa qualité indiscutée, le sillon en histoire du climat, ouvert par Le Roy Ladurie en 1967, s'est arrêté en France, selon son auteur [4-5]². Toutefois, la nouvelle science de l'histoire du climat, co-fondée aussi par l'Anglais Hubert H. Lamb [7] pour être juste, a été mise en œuvre ailleurs que chez nous. C'est le cas en Europe [8-13] et dans le Monde [14-16], particulièrement en Amérique Latine [17-22]. Dans ce contexte, il n'est pas surprenant que notre exemple soit sud-américain. La reconstruction des variations climatiques dans l'histoire, à partir d'archives et de données non numériques, nécessite une phase incontournable de calibrage sur des données instrumentales les plus longues et les plus fiables possibles. Le travail, sur la

reconstruction de Potosi reste à achever mais nous avons toutefois essayé d'expliquer la méthode pour qu'il soit facile de la transposer dans un autre domaine géographique avec des modifications mineures.

II ■ L'EXEMPLE DE POTOSI

● II.1 Le terrain d'étude : Potosi et l'argent du Pérou (actuellement Bolivie)

Le centre-ville de Potosi est bâti à 3 980 m d'altitude en Bolivie méridionale dans les Hautes Andes. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes : lat. 19° 34' 18" S. ; long. 65° 34' 25" O.

Potosi, la ville de l'argent (Ag) des Andes, se prête bien à l'histoire du climat car on y trouve ensemble la richesse dès 1545³, le contrôle des frappes monétaires par l'Espagne, l'importance de l'énergie hydraulique pour l'industrie minière dans un milieu aride, le quadrillage de l'espace et l'archivage soigneux des pièces par l'Etat et les religieux. De plus, nous faisons l'hypothèse que la très haute altitude de la ville peut être un facteur la rendant plus sensible aux aléas du change-

1. Nous ne remonterons pas aux textes déjà anciens d'A. Angot de 1883 comme « Etudes sur les vendanges en France » des *Annales du Bureau Central Météorologique de France* ou de M. Garnier tel « Influence des conditions météorologiques sur le rendement de l'orgé de printemps » (*La Météorologie*, 1956, pp. 335-361).

2. L'étude en cours de la reconstruction des crues de l'Ardèche bénéficie, toutefois, de l'apport d'un historien [6].

3. Entre 1590 et 1600, Potosi produisait plus de 40% de l'argent du Monde ! Entre 1545 et 1825, la production totale d'argent de Potosi, essentiellement destinée aux frappes monétaires, est chiffrée à 32 000 t.

ment climatique aux différentes échelles de temps. La production d'argent déclinera sensiblement au profit du Mexique à partir de 1650 mais la ville restera toujours importante en Amérique du Sud, avec des petits boums en 1750-1800 et dans les années 1840 puis avec un autre pic important de 1872 jusqu'en 1895. L'année 1891 est celle charnière de la démonétisation de l'argent avec l'adoption par les Etats-Unis du *Gold Standard* [23, 24]. Néanmoins, l'argent sera supplanté à Potosi par l'étain (Sn) jusqu'en 1985 avec deux gros boums en 1924-29 et 1940-45 et une production-record bolivienne en 1929 (47 100 t/an)⁴. Ce changement fut possible partiellement parce que le grand gisement de Potosi est poly-métallique avec de l'argent, de l'étain, mais aussi du zinc (Zn), du plomb (Pb), etc. Tout au long de son histoire, des sources documentaires importantes au sujet de Potosi existent donc, y compris la presse très active dès 1850 en ville, et, même à partir de 1825, dans la cité voisine de Chuquisaca (aujourd'hui, Sucre et antérieurement connue encore sous les noms de La Plata et Charcas).

La reconstruction climatique se fera grâce à une histoire régressive c'est-à-dire en partant des données instrumentales pour caler sur celles-ci une histoire du climat s'appuyant sur des informations qualitatives ou encore pré-instrumentales (*proxy data* en anglais).

● II.2 La série pluviométrique de la ville voisine de Sucre et celle de Potosi

L'esprit des Lumières trouvera des échos assez vite au Pérou à Lima, la capitale de l'Amérique coloniale espagnole, et, parmi les premiers textes climatologiques de qualité, il faut citer ceux d'Unanue publiés au début du XIX^e s. [25]. Toutefois, dans les Andes, c'est la révolution industrielle des années 1870-80 qui autorise des phénomènes concomitants (et pas toujours liés) qui marquent le désenclavement de la région et son accès à la modernité : introduction de la vapeur et de l'électricité, naissance de sociétés savantes, retour des jésuites, etc. Sucre, alors la capitale effective du pays, bénéficie de la première station météorologique installée en 1882, vite intégrée dans l'Institut de médecine, car cette dernière science était alors très intéressée par le climat et ses relations avec la santé. Le petit groupe de scientifiques de Sucre [26] devance les jésuites qui inaugurent la station du collège de San Calixto à La Paz en 1891 dans le cadre d'un vaste programme scientifique à l'échelle mondiale en météorologie et sismographie [27]. Malheureusement, la station de Sucre connaîtra des vicissitudes dans son histoire, à l'inverse de celle de La Paz [28]. D'excellent entre 1882 et 1904, sous la direction de Valentín Abecia, son suivi devient médiocre ensuite avant une nouvelle période de bon fonctionnement quand le jésuite Francisco Cerro remplace *de facto* par cette station par celle du collège de Santo Corazón en 1914, distante de 300 m seulement de la première [29]. Sa gestion sera difficile entre 1927 et 1940 avant que la station de référence soit intégrée au Service National Bolivien de Météorologie (l'actuel SENAMHI) en 1942. En 1966, les jésuites du collège de Santo Corazón de Sucre ferment la station (Père Udías, comm. pers.). Toutefois, l'accent était mis depuis des années sur celle de l'aéroport, située à 3 km de la précédente et quelques 200 m plus haut, à la cote 2850.

À Potosi, les premières observations sont de l'Anglais Edmund Temple entre mai et décembre 1826 mais elles

4. La Bolivie sera le 2^e producteur mondial d'étain au XX^e s. jusqu'en 1976, avec fréquemment 20 % et plus du marché.

s'arrêteront quand ce dernier commencera son voyage de retour vers l'Europe. Eudoro Calbimonte fit, plus tard, des observations météorologiques entre janvier et avril 1900 en liaison avec la Société de Géographie de La Paz. Ensuite, les compagnies minières et ferroviaires (à partir de 1934 pour ces dernières) s'y intéresseront à la climatologie de Potosi mais rien de continu avant l'installation de la station de Los Pinos du Service national météorologique (SENAMHI) qui démarre en 1942 puis celle de l'aéroport en 1956. Nous travaillerons sur la période 1972-1998 de la station de l'aéroport, la meilleure quant à la qualité des données dans le cadre de cet exemple (tableau 1). Cet échantillon de pluies servira pour délimiter les 5 classes issues du dépouillement des chroniques historiques depuis 1545, date de l'implantation du premier campement minier de Potosi.

La série des pluies annuelles (du 1^{er} juillet à 30 juin) de Potosi est homogène, stationnaire et suit une loi de distribution « racine carrée normale » dont les résultats sont très voisins d'une loi normale symétrique (loi de Gauss).

Enfin, malgré une distance de plus de 100 km à vol d'oiseau, une différence d'altitude d'environ 1100 m, des chaînes de hautes montagne les séparant et des étages écologiques distincts (la *puna* ou steppe froide de Potosi et la forêt xérophile à épineux de Sucre), les deux stations sont corrélées de façon significative ($r^2 = 66\%$) en pluviométrie annuelle durant la période récente entre 1972-73 et 1997-98.

● II.3 Reconstruction du climat de Potosi à partir de la presse et des bibliothèques

Avant 1825 et l'indépendance de la Bolivie, il n'y a pas eu d'imprimerie dans cette région des Andes à part une presse portative ayant fonctionné quelques années dans la région du Lac Titicaca. Les mineurs n'étaient pas des intellectuels en général ce qui n'empêchait pas de riches bibliothèques privées à Potosi [30]. Néanmoins, tout texte pour être imprimé devait passer devant le Tribunal de l'Inquisition, la capitale administrative était la lointaine Lima sur la côte du Pérou, les voyages en Espagne du fret pouvaient durer jusqu'à deux ans comme la transmission des nouvelles (sic) si bien que la plupart des grands écrits sur Potosi ont dû attendre les XIX^e et XX^e s. pour être édités. La liste des chroniqueurs, comme celle des explorateurs, est longue mais les œuvres de Bartolomé Arzáns [31] et Pedro Vicente Cañete [32] du XVIII^e s. sont les plus connues. Arzáns (1676 ?-1736), sans doute un petit maître d'école né à Potosi, donne énormément d'informations d'ordre climatique. Néanmoins, ces dernières souffrent de la comparaison avec celles des scientifiques européens du XVIII^e s. ; par exemple, chez Arzáns, les calamités climatiques sont d'origine divine et donc ses idées sont très en retard par rapport à la conception moderne du cycle de l'eau [33]. Enfin, au XIX^e s., le texte du franciscain Martarelli est important en histoire du climat avec des pages sur le changement des espèces de plantes dans les potagers de cette ville à 4 000 m d'altitude, entre le XVI^e s. et les années 1880, à la suite de la fin du Petit Age Glaciaire [34]. Potosi fut, un peu comme Venise, une ville mythique vivant de l'eau (indispensable pour l'amalgamation de l'agent puis la flottation des minéraux), très riche lors des boums ou très pauvre entre ces derniers et donc ayant alimenté une littérature abondante. La presse en Bolivie, depuis la parution régulière du premier journal « El Condór de Bolivia » en 1825, est active car elle sera, au moins au début, le moyen de faire passer les idées républicaines et de celles du dictateur de passage dans l'élite

Tableau 1. Valeurs statistiques de la série pluviométrique annuelle de Potosi-aéroport (1972-73 à 1997-98), afin de servir de limites de classes aux résultats du dépouillement des archives et des documents en histoire du climat de la ville de Potosi.

↓ Ligne	Limites →	Très sec à Sec	Sec à Normal	Médiane	Normal à Humide	Humide à Très Humide
1	Fréquence	10 %	20 %	50 %	80 %	90 %
2	Echantillon	238	252	368	475	537
3	Loi normale	221	271	367	464	514
4	Loi racine carrée normale	231	272	359	459	516
5	Moyenne des lignes 2 à 4	230	265	363	466	522

économique (les analphabètes et les locuteurs en langues indiennes restant majoritaires jusqu'au XX^e s.). Toutefois, la description des calamités naturelles puis la météorologie s'y tailleront progressivement une petite place.

● II.4 Reconstruction du climat de Potosi à partir des archives

Il faut signaler que nous avons écarté pour l'instant les années n'ayant pas d'indication implicite quant à leur caractère plus ou moins pluvieux c'est-à-dire celles qualifiées seulement de froides, bonnes ou mauvaises.

Nous reproduisons une partie du tableau du climat du XVIII^e s. reconstruit à partir du dépouillement des archives et chroniques historiques de la ville de Potosi et d'autres villes et régions de Bolivie (tableau 2).

III ■ COMPARAISON DES RÉSULTATS

La première partie du tableau 3 fournit, pour chaque siècle, le pourcentage des années allant du très sec au très humide, selon 5 classes. Le constat le plus évident est qu'il a été recensé dans l'échantillon deux fois plus d'années très sèches et sèches (23,1 %) que d'humides et très humides (10,9 %). Plus encore, les années très sèches sont fort nombreuses (15,6 %), d'où une distorsion possible qui sera analysée plus loin.

Sachant que la série des pluies annuelles de 1972-73 à 1997-98 suit une loi « racine carré normale » mais aussi que dans les limites qui nous intéressent (5 à 10 ans qui ne sont pas les valeurs extrêmes), les résultats de celle-ci sont très proches de ceux d'une loi normale simple, cette dernière a été adoptée pour la modélisation.

La seconde partie du tableau 3 (lignes 8 à 10) donne le dénombrement théorique, suivant les caractéristiques statistiques retenues (10, 20, 80 et 90 %).

Nous avons ensuite cherché, par extrapolation aux données anciennes, quelles caractéristiques statistiques d'un dénombrement classique correspondent aux limites des classes retenues dans l'autre dénombrement fait à partir de l'histoire du climat.

— Le pourcentage de 66 % d'années normales (aux lignes 6 et 7) n'est pas sans rappeler la valeur théorique encadrant la médiane (lignes 9 et 10), si on choisit les bornes à 20 et 80 % de l'échantillon, soit des fréquences d'apparition quinquennales sèches et humides dans un classement croissant.

— Afin de séparer en histoire du climat les valeurs extrêmes (très...) de celles qualifiées simplement de sèches ou d'humides, les fréquences 10 et 90 % (décennales) semblent correctes parce qu'elles individualisent, avec des pourcentages relativement proches (ligne 6), les années sèches (7,5 %), humides (5,6 %) et très humides (5,3 %). Seulement, le taux des années très sèches, comme déjà signalé, est sensiblement différent (15,6 %).

Au total, le modèle est correct principalement pour décrire les deux critères des 20 et 80 % qui séparent les années normales des super-classes des années globalement sèches (qui regroupent les caractères sec et très sec) et humides (qui regroupent les caractères humide et très humide). En chiffres absolus non fournis dans le tableau 3, 237 années de ce type furent observées en histoire du climat à Potosi contre 215 calculés par le modèle. Pour les deux autres limites (10 et 90 %), on retiendra des séparations en groupes d'individus sensiblement égaux entre eux.

IV ■ DISCUSSION SUR L'HOMOGENÉITÉ DES DONNÉES D'HISTOIRE DU CLIMAT

Il s'agit de l'analyse des données de pluies de type pré-instrumental.

Un premier échantillon fut publié en 2000 et il correspondait à la reconstruction des saisons pluvieuses à Potosi de 1585-86 à 1814-15 [21]. Il est à noter que nous éliminons donc toutes les données de presse dans cet exemple. Cette longue série avait été faite uniquement à partir des données d'archives, en utilisant les expertises de María del Rosario Prieto qui travaille en histoire du climat sud-américain depuis les années 1980 entre Mendoza, Buenos Aires (Argentine), Madrid et Séville (Espagne) [17, 19, 20] et d'Ana Forenza qui déchiffre, classe et catalogue les documents de la colonie espagnole depuis plus de 30 années en Bolivie.

La série analysée dans ce travail est un peu différente car elle va de 1545 à 1930 et donc elle comprend aussi les informations issues des archives religieuses et de la presse. Néanmoins pour l'essentiel, les deux types suivants d'archives publiques ont été consultés pour bâtir cette série comme l'antérieure, celle de 1585-86 à 1814-15 :

1) les Ordonnances Royales de Charles III, appelées exactement « *Relaciones sextrimestres de aguas, cosechas y demás particulares* » (AGI en abrégé car elles se trouvent pour l'essentiel à l'*Archivo General de Indias* de Séville mais aussi à l'*Archivo General de la Nación* à Buenos Aires) ;

Tableau 2. Extrait de la reconstruction du climat du XVIII^e s.

Année	Potosi	Q	Sucre	Q	Cordillera	Q	Cbba	Q	Altiplano	Q
1777	N		?		N		?		?	
1778	N		?		Très Sec	1	?		?	
1779	N		?		N		?		?	
1780	Très Sec	2	?		N		?		?	
1781	Très Sec	2	?		N		?		?	
1782	N		?		N		?		?	
1783	Très Sec	2	?		N		?		?	
1784	Très Sec	3	Humide	3	N		Très Sec	3	Sec	3
1785	Humide	3	Sec	3	N		Humide	3	P. en retard	3
1786	Sec, Froid	3	Sec	3	Sec, Froid	3	Sec	3	Sec, Froid	3
1787	Très Sec	3	Sec	3	N		Très Sec	3	Humide	3
1788	T. Humide	3	T. Humide	3	Très Sec	3	T. Humide	3	T. Humide	3
1789	Humide	3	P., Sec, Froid	3	Très Sec	3	N		Humide	3
1790	Sec, T. Froid	3	Sec, Froid	3	Sec	3	Humide	3	Sec	3
1791	N		?		Très Sec	3	Humide	3	?	
1792	N		?		Très Sec	3	Sec	3	?	
1793	N		?		Très Sec	3	Sec	3	?	
1794	N		?		N		Humide	3	?	
1795	N		?		N		N		?	
1796	Bon	3	Sec	3	Bon	3	Humide	3	Bon	3
1797	Bon	3	?		N		Mauvais	3	T. Humide	3
1798	Sec	3	?		N		Humide	3	Très Sec	3
1799	N		?		N		N		?	
1800	N		?		N		Très Sec	3	?	

Les colonnes Q donnent la qualité de l'information climatologique classée en ordre croissant de 1 (la moins bonne) à 3 (la meilleure). Dans les cases, N correspond à une année Normale et (?) à une année ou à une région pour lesquelles l'étude des chroniques reste à faire. En abrégé, Cbba pour Cochabamba ; P. pour pluies.

2) et surtout les actes municipaux de Potosi (AAP en abrégé pour « *Actas de los Acuerdos del Cabildo de Potosí* »)⁵.

Il a été reconstitué numériquement la série complète, en indiquant les données absentes, les types d'années (TS pour très sec, S sec, N normal, H humide, TH très humide). Les saisons des pluies à Potosi (363 mm/an en moyenne dans la seconde moitié du XX^e s. entre 1972 et 1997) et sa proche région sont classées en ces cinq classes⁶. Il a été fait les

5. Les archives de l'Église sont très précieuses car elles couvrent, avec les paroisses rurales, les campagnes qui vivent de cultures non irriguées et d'élevage. Elles se distinguent par leur spécificité, avec les comptes-rendus de prières « *pro pluvium* » en cas de sécheresses qui comportent, comme en Espagne, toute une gradation selon la rigueur de ces dernières : neuvaines, processions... [10]. Dans le cadre de ce travail, ces archives ont été assez peu utilisées car elles ne subsistent en abondance dans la Bolivie rurale qu'à partir du XIX^e s.

6. Les pluies y sont concentrées durant 3 ou 4 mois, de décembre ou janvier à mars. En Bolivie andine, le début de la saison des pluies s'étale d'août à

cumuls des différents types de saisons des pluies et enfin nous avons noté l'origine de l'information. Venait-elle d'une autre source que les actes municipaux de Potosi (AAP) ? Le but était de répondre à la double question suivante. La distribution en années normales et les autres est-elle logique, correcte... ? N'y a-t-il pas des distorsions des résultats selon les différentes origines des données ?

La conclusion principale est que les 101 années, reconstruites à partir des actes municipaux, fournissent une répartition telle que nous pouvions l'attendre, selon les données instrumentales des stations météorologiques du XX^e s. en Bolivie, à savoir environ 70 % d'années normales et 30 % d'autres. Ce n'est pas le cas avec les 81 années reconstruites à partir d'autres sources (35 % d'années normales et 65 % d'autres). En toute rigueur, les deux populations, la première issue des

nombre mais cette saison est plus beaucoup plus courte, voire absente, au sud dans la région de Potosi, qu'elle ne l'est plus au nord, dans la zone de La Paz.

Tableau 3. Archives écrites de la ville de Potosi : comparaison entre le tableau de fréquences relatives des années d'un caractère donné et un modèle statistique simple.

Ligne ↓	Caractère de l'année → ↓ Série séculaire	Très Sec	Sec	Normal	Humide	T. Humide	Nombre d'années retenues
Tableau de fréquences relatives des caractères des années, en pourcentage (%)							
1	Climat XVI ^e (1545-1600)	1,9	5,7	84,9	7,5	0,0	53
2	Climat XVII ^e (1601-1700)	18,0	3,0	73,0	6,0	0,0	100
3	Climat XVIII ^e (1701-1800)	24,5	7,1	55,1	1,0	12,2	98
4	Climat XIX ^e (1801-1900)	11,1	13,8	66,3	6,3	2,5	80
5	Climat XX ^e (1901-1930)	14,3	10,7	42,9	14,3	17,9	28
6	Total des 5 séries	15,6 %	7,5 %	66,0 %	5,6 %	5,3 %	359
7	5 caractères groupés en 3	23,1 %		66,0 %	10,9 %		---
Modèle théorique, en pourcentage (%)							
8	Fréquence au non dépassement	10 %	20 %	20 < F < 80 %	80 %	90 %	Total
9	Totaux théoriques en %	10 %	10 %	60 %	10 %	10 %	100 %
10	Tot. théor. Groupés en %	20 %		60 %	20 %		100 %

actes municipaux de Potosi, la seconde d'autres archives ne devraient pas être mélangées.

L'autre conclusion forte serait de taxer de partialité (avec un penchant vers les épisodes anormaux et particulièrement les sécheresses) les compilateurs des autres sources. Il s'agit des fonctionnaires obéissant aux Ordonnances Royales de Charles III à la fin du XVIII^e s. et, dans une moindre mesure de Bartolomé Arzáns, le chroniqueur de Potosi entre 1545 et 1736 [31]. Enfin, la reconstruction, faite à partir de Tandeter et Wachtel (deux historiens contemporains) [35] et qui fut utilisée pour les années autour du milieu du XVIII^e s., apparaît la moins partielle parmi les sources différentes des actes municipaux de Potosi.

Dans le détail, le dépouillement de la période 1780-1801 a donné 11 saisons des pluies anormales pour seulement 2 normales. Il s'agit, pour l'essentiel, de données recueillies à l'*Archivo General de Indias*. Arzáns, de son côté, a fourni 16 définitions de saisons des pluies normales contre 30 autres ce qui paraît illogique. Parmi les saisons des pluies anormales, il n'y a guère plus d'humides à très humides (17) que de sèches à très sèches (13). D'où, l'hypothèse qu'il y aurait une distorsion des informations durant la période 1780-1801 qui était donc caractérisée par 11 années anormales contre 2 normales ce qui a été confirmé par un essai du logiciel Khronos-

tat [36] sur l'ensemble de la série 1585-1586 à 1814-1815. Nous obtenons alors, avec la segmentation d'Hubert [38-39], une rupture — correspondant à une anomalie de la distribution (et non pas du climat !) — avec trop d'années sèches lors de la période 1777-1804 pendant laquelle les principales sources d'informations sont soit les Ordonnances Royales de Charles III (les « *Relaciones sextrimestrales de aguas, cosechas y demás particulares* ») soit d'autres données de cette époque de renaissance du pouvoir royal (connue comme les réformes des Bourbons d'Espagne).

Toutefois, un traitement statistique est seulement descriptif et il faut pondérer ses conclusions. En effet, il y a bien eu une crise climatique au tout début du XIX^e s. (1800-1801) qui est connue dans presque toute la Bolivie [40] et en Argentine septentrionale [20]. Dans la région de Potosi, la sécheresse de 1803-1804 fut particulièrement grave [19].

V ■ CONCLUSIONS PROVISOIRES

Les pluies anciennes, avant les débuts de la météorologie dans les décennies 1880 et 1890, restent mal connues dans les Andes centrales. Notre approche en histoire du climat est rigoureuse même si elle semble, dans un premier temps, nier le changement climatique aux différentes échelles de temps

(séculaire, décennal, annuel) par l'application d'un modèle simple de statistiques qui pose comme *a priori* la stationnarité des séries. Ce modèle a pu être appliqué aux données dépouillées à partir des archives de Potosi de près de 4 siècles. Les résultats sont les suivants :

— la distribution de l'échantillon et de ses caractères climatiques peut être assimilée à une loi de Gauss ou une loi symétrique quasi normale ;

— les limites encadrant le caractère normal (défini par l'absence d'informations de caractère climatique lors d'une saison des pluies alors que d'autres types de données d'actualités économiques, politiques ou sociales se rencontrent en abondance durant la même période) d'une année ont des fréquences symétriques quinquennales (20 % et 80 %) ;

— connaissant le climat aride de Potosi et la grande importance de l'eau dans l'exploitation et la transformation des minéraux, les hommes du XVI^e au XIX^e s. semblent avoir été plus sensibles aux années avec des sécheresses plus ou moins fortes qu'aux années avec des pluies excédentaires. De toute façon, l'agriculture qui a besoin de bonnes pluies ne jouait et ne joue qu'un rôle marginal dans cette zone aride et minière.

Toutefois, il se note des variations importantes causées par le collage de données d'origine distincte qu'il est difficile d'homogénéiser. Ainsi, lorsque des comptes-rendus réguliers et spécifiques sur les récoltes et les eaux sont exigés par le pouvoir central de Madrid, comme entre 1785 et 1809, les phénomènes extrêmes se multiplient. Nous constatons le même phénomène, à un degré moindre, avec les chroniqueurs de la ville qui rédigent son histoire en exagérant l'occurrence des calamités climatiques. Le dépouillement systématique des archives municipales entre 1585 et 1816, quand elles existent encore (ce qui est le cas pour la plupart des années), donne une répartition des sécheresses et des saisons des pluies proche de l'actuelle. Comme il y a des périodes de recouplement entre les différentes populations de données, nous pencherons à qualifier les archives municipales comme les plus crédibles des sources historiques. Cela prouverait, à ce stade de la reconstruction du climat de Potosi, que la distribution dans le temps des différentes années (sèche, normale ou humide) est restée presque inchangée dans l'histoire mais, par contre, nous ne savons pas encore si l'intensité des saisons des pluies ou des sécheresses a pu varier.

HOMMAGE ET REMERCIEMENTS

Ce travail est dédié à la mémoire de J.-P. Carbonnel, Directeur de Recherche au CNRS, l'organisateur des études en histoire de l'eau en France.

Les données ont été collectées grâce au programme NGT (IRD) et au projet ARCHISS (Archival Climate History Survey) parrainé par l'UNESCO-PHI (Montevideo). Elles l'ont été par A. Forenza (archiviste e.r., ABNB, Sucre), C. Serrano (professeur des mines, INHIGEO, Potosi) et J. Gavignet (élève ISTOM). M.R. Prieto (historienne, CRICYT, Mendoza) et T. Platt (ethnologue, Université de Saint-Andrews) nous ont aussi communiqué le résultat de recherches inédites.

BIBLIOGRAPHIE

[1] COLLECTIF (1991). — *Les données pluviométriques anciennes*. Météo France & Ministère de l'Environnement, Météorologie Nationale, Paris.

- [2] L'HOTE Y. (1991). — Historique de la mesure des pluies. In : *Les données pluviométriques anciennes*. Météo France & Ministère de l'Environnement, Paris, pp. 8-12.
- [3] SOCIÉTÉ HYDROTECHNIQUE DE FRANCE (2001). — *Actes du Colloque « Variations climatiques et hydrologie »*, 169^e Session de Comité Scientifique et Technique de la Société Hydrotechnique de France, 12-13 décembre, Paris.
- [4] LE ROY LADURIE E. (1983). — *Histoire du climat depuis l'an mil*. Flammarion, Paris, 1967 (2^e éd., 2 vol.).
- [5] LE ROY LADURIE E. (2000). — Préface de la réédition de Maurice Champion : *Les inondations en France du VI^e siècle à nos jours*, 1858-1864. CEMAGREF, Paris, 2^e éd., 6 vol.
- [6] LANG M., RECKING A., NAULET R., CŒUR D. (2001). — Etude de cas : l'analyse des pluies et crues extrêmes observées depuis 200 ans dans un bassin cévenol, l'Ardèche. In : « *Variations climatiques et hydrologie* », 169^e Session de Comité Scientifique et Technique de la Société Hydrotechnique de France, 12-13 décembre, Paris (une autre communication est prévue lors de ce colloque d'octobre 2002).
- [7] LAMB H.H. (1988). — *Weather, Climate and Human Affairs. A Book of Essays and Other Papers*. Routledge, London.
- [8] ALEXANDRE P. (1987). — *Histoire du climat de l'Europe au Moyen Age. Contribution à l'histoire des variations climatiques de 1000 à 1425, d'après les sources narratives de l'Europe occidentale*. E.H.E.S.S., Paris.
- [9] PRISTER C. (1988). — Fluctuations climatiques et prix céréalières en Europe du XVI^e au XX^e siècles. *Annales E.S.C.*, 43^e année, n° 1, pp. 25-53.
- [10] MARTIN-VIDE JAVIER, BARRIENDOS MARIANO V. (1995). — The Use of Rogation Ceremony Records in Climatic Reconstruction : A Case Study from Catalonia (Spain). *Climatic Change*, vol. 30, pp. 201-221.
- [11] DEMAREE G., OGILVIE A.E.J., ZHANG DE'ER (1998). — Further Documentary Evidences of the Northern Hemispheric Coverage of the Great Dry Fog of 1783. *Climatic Change*, vol. 39, pp. 727-730.
- [12] BOKWA A. (éd.) (2000). — Actes de la Conférence « *Images and Reconstructions of Weather and Climate over the Last Millennium* », 20-22 September 2000, Jagiellonian University, Krakow, Poland, In : *Prace Geograficzne*, vol. 106 & 107.
- [13] GROVE A.T. (DICK), RACKHAM O. (2001). — *The Nature of Mediterranean Europe. An Ecological History*. Yale University Press, New Haven & London.
- [14] BAKER M. (1996). — *Report on the Status of the Archival Climate History Survey (ARCHISS) Project*. TD-776, WMO, Genève.
- [15] DIAZ H. (éd.) (1999). — Abstracts of the « *Conference on Reconstructing Climatic Variability from Historical Sources and other Proxy Records* », December 1-3, 1999, Manzanillo, Mexico, NOAA & U.S. NSF.
- [16] JONES P.D., OGILVIE A.E.J., DAVIES T.D., BRIFFA K.R. (éds.) (2001). — *History and Climate : Memories of the Future ?* Kluwer/Plenum, New York.
- [17] PRIETO M. DEL ROSARIO, HERRERA R. (1998). — Southmost South America Climate and Glaciers in the 16th Century through the Observations of Spanish Navigators. In : *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*. J. Rabassa & M. Salemme (éds.), A.A. Balkema, Rotterdam & Brookfield, pp. 153-179.
- [18] DUCKSTEIN L. (1998). — *Use of Fuzzy Logic to Encode Archival Climate Research Uncertainty*. IHP-V, TD-17, UNESCO, Paris.
- [19] GIODA ALAIN, PRIETO M. DEL ROSARIO. (1999). — Histoire des sécheresses andines. Potosi, El Niño, le Petit Age Glaciaire. *La Météorologie*, 8^e série, n° 27, pp. 33-42.
- [20] PRIETO M. DEL ROSARIO, HERRERA RICARDO, DUSSEL P. (2000). — *Archival Evidence for Some Aspects of Historical Climate Variability in Argentina and Bolivia during the 17th and 18th Centuries*. In : *Southern Hemisphere Paleo- and Neoclimates*. P.P. Smolka & W. Volkheimer (éds.), Springer, New York, pp. 127-142.

- [21] GIODA A., PRIETO M. DEL ROSARIO, FORENZA A. (2000). — Archival Climate History Survey in the Central Andes (Potosi, 16th-17th centuries). In. « *Millennium: Images and Reconstructions of Weather and Climate during the Last Millennium* », 20-22 September 2002, Krakow, *Prace Geograficzne*, vol. 107, pp. 107-112.
- [22] OMM (2001). — *Rapport final abrégé, résolutions et recommandation de la Commission de Climatologie. 13^e session, 21-30 novembre 2001, Genève*. OMM-n°938, Genève (avec ARCHISS, pp. 13-14).
- [23] GIODA A., SERRANO C. (1998). — L'eau et l'argent à Potosi (ancien Haut-Pérou puis Bolivie). *La Houille Blanche*, n° 7, pp. 65-75.
- [24] GIODA A., SERRANO C. (1999). — L'argent de l'ancien Pérou. *Pour la Science*, n° 259, pp. 42-47.
- [25] UNANUE H. (1806). — *Observaciones sobre el clima de Lima y sus influencias en los eras organizados en especial el hombre*. Imprenta Real de los Niños Huérfanos, Lima.
- [26] ABECIA V. (1905). — *Observaciones meteorológicas hechas en Sucre, capital de Bolivia (1882-1904)*. Instituto Médico, Sucre.
- [27] UDIAS A., s.j. (1996). — Jesuits' Contribution to Meteorology. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, vol. 77, pp. 2307-2315.
- [28] GIODA A., RONCHIALI J., L'HÔTE Y., POLYAUD B., DRAKE L.A., s.j. — Analyse et variabilité temporelle d'une longue série de pluies des Andes en relation avec l'Oscillation Australe (La Paz, 3 658 m, 1891-2000). *Sécheresse*, accepté en mars 2002.
- [29] CERRO F., s.j. — *Boletín del Observatorio Meteorológico dirigido por los Padres de la Compañía de Jesús*. Sucre, 1915-1942.
- [30] INCH M. (2000). — Bibliotecas privadas y libros en venta en Potosí y su entorno (1767-1822). *Paramillo* (Caracas), vol. 19, pp. 1-241.
- [31] ARZANS B. (1705-1737). — *Historia de la Villa Imperial de Potosí*. L. Hanke & G. Mendoza, (éds.), Brown University, Providence, 3 t., 1965.
- [32] CAÑETE P.V. (1787). — *Guía histórica, geográfica, física, civil y legal del gobierno e intendencia de la provincia de Potosí*. A. Alba (éd.), Editorial Potosí, Potosí, 1952.
- [33] L'HÔTE Y. (1990). — Historique du concept de cycle de l'eau et des premières mesures hydrologiques en Europe. *Hydrologie Continentale*, vol. 5, n° 1, pp. 13-27.
- [34] MARTARELLI A., OMF (1890). — *El colegio franciscano de Potosí y sus misiones. Noticias históricas*. Tipografía Italiana, Potosí.
- [35] TANDETER E., WACHTEL N. (1983). — Conjonctures inverses. Le mouvement des prix à Potosi pendant le XVIII^e siècle. *Annales E.S.C.*, 38^e année, n° 3, pp. 549-613.
- [36] KHRONOSTAT version 1.0. (1998). — *Logiciel développé par l'Orstom UR 2-21, l'Ecole des Mines de Paris et l'UMR GBE de l'Université Montpellier II*, 1998.
- [37] HUBERT P., CARBONNEL J.-P., CHAOUCHE A. (1989). — Segmentation des séries hydrométéorologiques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'ouest. *J. of Hydrology*, vol. 110, pp. 349-367.
- [38] HUBERT P., SERVAT E., PATUREL J.-E., KOUAMÉ B., BENDJOUDI H., CARBONNEL J.-P. et al. (1998). — La procédure de segmentation, dix ans après. *AHS* n° 252, pp. 267-273.
- [39] LUBES-NIEL H., MASSON J.-M., PATUREL J.-E., SERVAT E. (1998). — Variabilité climatique et statistiques. Etude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques. *Revue des Sciences de l'Eau*, vol. 11, pp. 383-408.
- [40] TANDETER E. (1991). — La crisis de 1800-1805 en el Alto Perú. *Data* (La Paz), n° 1, pp. 9-49.

Documents d'archives consultés

Archivo y Biblioteca Arquidiocesanos « Monseñor Taborga » (ABAS), Sucre
Pour l'essentiel, le fonds « Parroquías » (Forenza, Gioda et Gavignet).

Archivo de la Casa de Moneda, Potosi
Hémérothèque avec les journaux du département de Potosi « Alas », « El Tiempo »... (Serrano).
Archivo Departamental (Tristan Platt), fonds « Minas » (Serrano).

Archivo General de Indias (AGI), Séville
Fonds « Charcas » et « Relaciones sextrimestrales de aguas, cosechas y demás particulares » (Prieto).

Archivo General de la Nación (AGN), Buenos Aires
« Relaciones sextrimestrales de aguas, cosechas y demás particulares » en particulier (Prieto).

Archivo Municipal, Casa de Cultura, Cochabamba
Hémérothèque avec spécialement le journal « El Heraldo » (Gioda).

Archivo Nacional de Bolivia (ANB) - Archivo y Biblioteca Nacionales de Bolivia (ABNB), Sucre
Colección Ernesto RÜCK - « *Actas de los Acuerdos del Cabildo de Potosí* », 33 vol., 1585-1816 (Forenza).
Hémérothèque avec les journaux du département de Chuquisaca (Sucre) « El Condór de Bolivia »... et de Potosi non conservés aux archives de la Casa de Moneda (Gioda et Gavignet).
Colloque SHF "Hydraulique des Millénaires" - Grenoble - octobre 2002 - Gioda et L'Hôte - Archives, histoire du climat et pluviométrie