

CHANGEMENT CLIMATIQUE EN ISLANDE : 1830-1999

Manon Kohler¹, J.L. Mercier¹,
Ester Helgadóttir¹, Christine Grosjean¹

ABSTRACT

The climatic evolution (1830-1999) of Iceland (Stykkishólmur) is approached by a method combining 3 numerical classifications (air temperature, sea temperature, sea ice). The Log Laplace distribution is used to characterize the shape of air temperature. This work is done on 5 trended sub series determined by the non parametric Mann-Kendall-Sneyers test. Furthermore, the existence of Icelandic "Little Ice Age" is discussed. Finally a Dimension build on information theory is proposed to describe spatial and temporal sea ice evolution around Iceland.

RESUME

On étudie l'évolution du climat de l'Islande à partir des températures de Stykkishólmur (65°05' Nord et 22°4' Ouest) de 1830 à 1999. Les données ont été organisées en 5 sous séries. La première (1837 à 1847) est chaude (Tmoy : 3,60°C), la seconde (1847 à 1869) est plus fraîche (Tmoy : 2,92°C), la troisième correspond à une phase de stabilisation ainsi qu'à une légère décroissance des températures moyennes (1870 à 1920, Tmoy 3,03°C), la quatrième (1920 à 1964) est en forte croissance (Tmoy : 3,72°C) et enfin la dernière (1924 à 1999) est plus stable voire en relative décroissance (Tmoy : 3,58°C). L'utilisation de la loi Log Laplace tronquée a mis en évidence la présence de deux populations (Tmin et Tmax) jouant sur les températures de la série de manières différentes. Une série de classifications ascendantes hiérarchiques (CAH) ont été réalisées sur les températures de l'air, de la mer et la glace de mer. Une discussion est esquissée sur l'existence du petit âge glaciaire en Islande. Pour terminer, un indice de dimension construit sur la théorie de l'information est proposé pour représenter l'évolution spatiale et temporelle de la glace de mer autour de l'Islande.

*

1. INTRODUCTION

L'Islande comprise à des latitudes septentrionales équivalentes à celles de la Sibérie (63°23' et 66°32' Nord) et entre les longitudes 13°30' et 24°32' Ouest, est un point de convergence entre des courants maritimes atlantiques de signatures différentes (Gulf stream et courant Est groenlandais). D'autre part elle est positionnée sur le parcours des dépressions anticycloniques, à mi-chemin entre les hautes pressions atmosphériques des Açores et du Groenland. Celles-ci la traversent régulièrement du sud ouest vers le nord est, charriant des précipitations (solide et/ou liquide) sur la façade sud et sud-est de l'île et associée à des vents violents.

En outre sa proximité du pôle et de l'inlandsis Arctique est à l'origine de la présence des glaces de mer dérivant le long de ses côtes. La débâcle de ces glaces de mer ainsi que les événements climatiques sont signalés par les chroniques littéraires depuis l'an 900. On constate que ces débâcles semblent de plus en plus rares depuis les années 1965-1971. Ces dernières, coïncident avec la reprise du dernier réchauffement climatique en Islande (Ogilvie et Jónsson, 2001). Ces auteurs ont partitionné le XIXe siècle en périodes chaudes

¹ Université Louis Pasteur, Faculté de Géographie 3 rue de l'Argonne 67083 Strasbourg Cedex Franceester.

ou froides, et constaté que : « les années considérées comme étant les plus froides avaient été caractérisées par une grande présence de glace de mer vers la fin de l'hiver et celle-ci perdurait pendant le printemps et l'été » ; il conviendrait de s'interroger sur le rôle joué par les glaces de mer dans la perturbation du système climatique.

Par la longueur de la chronique littéraire, nous détenons la possibilité de corroborer et d'interpréter les observations tirées de la longue série instrumentale de Stykkishólmur ainsi que de qualifier les changements climatiques actuels par une typologie pouvant être étendue aux temps historiques du peuplement. Toutefois un certain recul mérite d'être observé tant les descriptions météorologiques islandaises sont empreintes de références climatiques établies à l'échelle d'une vie humaine.

2. DONNEES

Nous disposons de trois séries de températures ainsi que de données portant sur la fréquence d'observation des glaces de mer.

- Les températures mensuelles de l'air à Stykkishólmur de 1830 à 1999 ;
- Les températures mensuelles de l'air à Teigarhorn de 1873 à 2000 ;
- Les températures mensuelles océaniques de 1867 à 1985 à Stykkishólmur.
- La fréquence d'observation des glaces de mer en nombre de jour d'apparition intégré par mois de 1964 à 2001 sur neuf secteurs maritimes dont la limite supérieure est définie par 12 miles nautiques (19,3 km des côtes).

Les températures de l'air

La série de Stykkisholmur (65° 4' 1.90" N et 22°44' 1.43" O) est la plus longue. La qualité ainsi que les métadonnées concernant cette série ont été discutées par Jónsson et Garðarsson (2001). Cet exposé ne fait référence qu'aux données de Stykkishólmur, qui suit les mêmes tendances climatiques que Teigarhorn (64°40' 51.56"N et 14° 20' 58.88" O).

L'évolution des températures mensuelles de l'air à Stykkishólmur (1830-1999) fait apparaître plusieurs particularités du climat islandais. Les 2040 mois ont des Tmin comprises entre -12,2°C et 7,5 °C, des Tmax comprises entre 3,40 °C et 12,30 °C. La moyenne des températures mensuelles de l'air varie de -1,66°C (février) et 10,04°C (Juillet). La variance des Tmin (7,194) est le double de la variance des Tmax (3,207). Le climat islandais est tamponné, il a une faible amplitude thermique et est relativement stable durant 170 ans.

Les températures océaniques

Les Tmin océaniques sont comprises entre -1,8°C et 8,5°C, les températures moyennes mensuelles entre 0,56°C (février) et 10,53°C (août) tandis que les Tmax varient entre 3,3°C et 13,3°C. Les températures océaniques sont très pondérées, en effet, les écart-types des Tmin (3,77°C) et Tmax (3,31°C) sont très proches ainsi que les températures moyennes, mais sont sensiblement différentes de ceux de l'air.

La régulation des températures maximales et minimales s'effectue mieux dans le cadre des températures océaniques. Nous avons remarqué que les températures maximales de l'air sont mieux régularisées que les températures minimales. Et les températures de l'eau de mer montrent que l'océan n'est pas la cause de la variabilité des températures minimales de l'air.

La glace de mer

Les glaces de mer sont présentes en continu aux hautes latitudes (70°N) et ont leurs origines soit dans la mer de Barents, soit dans l'océan Arctique ou encore au Groenland. En effet, cette terminologie regroupe les glaces allochtones (démantèlement de la banquise,

vêlage de l'inlandsis groenlandais) et les glaces autochtones (gel de l'eau de mer). Cette glace est alors charriée vers l'Islande par le courant Est groenlandais ou encore par le courant Est islandais selon son origine et est aperçue en Islande le plus fréquemment au cours des mois de mars à avril.

La glace de mer est mesurée (observée) depuis le sol, elle peut être comptabilisée plusieurs fois sur un même secteur induisant un biais dans la mesure. Outre ce biais, la glace de mer tourne autour de l'île dans le sens horaire ce qui perturbe le climat. En effet, la glace de mer peut jouer le rôle d'isolant thermique en protégeant le réservoir de chaleur qu'est l'océan et en limitant le réchauffement de la basse atmosphère, en créant un écran à fort albédo entre l'océan et l'atmosphère. Qualifier et quantifier sur une échelle temporelle et spatiale leur rôle apparaît comme une clé pour la compréhension des régimes climatiques successifs qu'a connu l'Islande. Ainsi en prenant en compte le comportement de la glace de mer on pourrait confronter les périodes de changements climatiques globaux connus sur le pourtour de l'Atlantique Nord, à celles observées en Islande.

La régulation des températures maximales de l'air se fait mieux (et plus vite ?) que la régulation des températures minimales. Quels sont l'origine et le contrôle de ce double processus ? S'agit-il de la circulation atmosphérique ou de la circulation océanique ? Quel est le rôle de l'océan et de la glace de mer dans le climat de l'Islande ?

3. OUTILS ET METHODE

Le dégagement des tendances : ILTA

Nous utilisons la méthodologie numérique Iterative Linear Trend Analysis (ILTA) développée par Mercier et Haidu (2003). Cette procédure a déjà fait l'objet d'application variée (Ananichieva et al. 2003 ; Haidu et Mercier 2003). Pour cela, le test de Man-Kendall-Sneyers (MKS) est utilisé dans sa version physique (one way). Ce test nous permet de segmenter la série initiale en sous séries de tendances homogènes.

Les tests de la segmentation

La qualité de la segmentation est mesurée par une batterie de tests. Le test de Wilcoxon sur la moyenne de deux sous-séries successives, le test de Kendall-Stuart sur la monotonie et le signe des tendances, le test d'indépendance de Wald-Wolfowitz et le test non paramétrique de Sen. La conclusion des tests nous amène à affirmer que les tendances dégagées sont bel et bien différentes (moyennes différentes, tendances différentes).

Les distributions : la loi Log Laplace tronquée

Après vérification des tendances, plusieurs processus climatiques étant en jeu, nous avons cherché à les identifier en utilisant des lois différentes de la loi normale. Nous avons appliqué successivement trois distributions différentes : la loi Log normale à deux paramètres, la loi Log hyperbolique (Bagnold 1937, Barndorff-Nielsen et al. 1982) à quatre paramètres ainsi que la loi Log Laplace tronquée à trois paramètres mise proposée par Fieller et al. 1984. Ces deux dernières étant caractérisées par le traitement particulier des extrémités des courbes et par la non symétrie de la fonction de distribution. La double loi Log Laplace tronquée à six paramètres permettant la recherche des mélanges de deux distributions (4 processus) a été aussi utilisée.

Classification ascendante hiérarchique métrique euclidienne et regroupement par la méthode de Ward

Plusieurs classifications ascendantes ont été réalisées, elles ont permis une typologie de l'abondance de la glace de mer, une typologie de la répartition temporelle de la glace de mer, une classification mensuelle des températures de l'océan.

4. RESULTATS ET PERSPECTIVES

Les températures de l'air

- Les tendances des températures de l'air :

Le processus ILTA a dégagé cinq tendances résumées au tableau 1.

Présentation des cinq tendances (1830-1999)

Tableau 1

	S1 1837-1847	S2 1847-1869	S3 1869-1920	S4 1920-1964	S5 1964-1999
Durée (mois)	123	270	606	530	427
Tendance	Croissante	Décroissante	Stable à faible croissance	Forte croissance	Stable à faible décroissance
Tmin °C	-6.0	-9.7	-12.2	-4.9	-4.6
Tmoy °C	3.60	2.92	3.03	4.11	3.58
Tmax °C	12.0	11.9	12.3	12.2	11.8

La succession de ces tendances est globalement conforme à celle proposée par Ogilvie et Jonsson (2001) bien que les limites ne soient pas les mêmes. En effet ces auteurs ainsi que (Hanna, Jónsson, Box, 2004) utilisent une régression linéaire et des moyennes mobiles afin de dégager les tendances. Contrairement à ILTA ces deux méthodes opèrent un lissage sur la hauteur des pics de température ainsi que sur leur position dans le temps, il n'est guère surprenant de constater alors une divergence entre les limites des tendances que nous proposons et les leurs.

- Tendances sur les températures minimales et maximales de l'air

Mélange de deux populations (Tmin et Tmax) sur les six séries de Stykkishólmur

Tableau 2

	α_1	β_1	μ °C	p1	α_2	β_2	μ °C	p2
1847 - 1869	0.2766	0.2948	0.54	0.662	0.1598	1.991 e-02	9.76	0.338
1869 - 1888	0.1286	8.610 e-02	-0.43	0.281	0.3555	4.863 e-02	9.55	0.718
1888 - 1925	0.1491	0.3493	-0.92	0.726	0.0966	2.938 e-02	9.44	0.274
1926 - 1951	0.1679	0.1134	1.39	0.517	0.1779	2.850 e-02	10.66	0.482
1951 - 1966	0.1620	0.8567	0.195	0.90	0.0418	2.489 e-03	9.81	0.10
1966 - 2000	0.1587	0.2205	-0.223	0.511	0.2606	1.123 e-03	10.95	0.49

Appliqué aux Tmin et Tmax, l'outil ILTA a permis de dégager six tendances auxquelles on a appliqué la double loi Laplace tronquée. Pour les deux populations Tmin et Tmax, les paramètres $\alpha < \mu$ et $\beta > \mu$ sont les pentes, p1 et p2 sont les proportions de mélange des deux populations. Les deux populations sont contrôlées par deux processus distincts.

La glace de mer

- Abondance de la glace de mer (A, B, C)

La glace de mer est abondante et présente de nombreux mois :

Durée de la présence de glace de mer (1801-1900)

Tableau 3

Durée en mois	< 3	3 +	4 +	5 +	6 +	7 +	> 8
Nb années	12	35	25	15	10	3	0

La classification montre trois ensembles A, B, C, en fonction de la durée de présence de la glace de mer : A >171 jours ; 135>B>33 jours ; 0>C>37 jours de glace de mer.

- Répartition géographique de la glace de mer

On constate que dans le Nord et le Nord-Ouest, ainsi qu'au Nord-Est et à l'Est la glace de mer est fortement présente dans tous les types (A, B, C). La classe A est fortement présente de 1964 à 1970 alors que la tendance des températures de l'air fait apparaître une série stable voire faiblement décroissante. Par la suite on n'observe plus qu'une alternance des classes B et C. La glace de mer se fait plus rare sur les côtes islandaises.

- Répartition temporelle de la glace de mer (Z, Y2, Y1, X, W)

Une classification a réparti dans l'année la fréquence de la glace de mer en cinq classes :

W, années sans glace de mer. **X**, faible présence de glace de mer dans l'année et temps de résidence des glaces de mer de janvier à novembre avec un maxima de mai à novembre ($\mu = 3,95$ et $\sigma = 2,72$). **Y1**, durant l'été, l'automne et le début de l'hiver la glace de mer est fortement présente près des côtes. ($\mu = 30,57$ et $\sigma = 19,26$). **Y2**, Forte présence de la glace de mer de février à juillet (56 à 219 jours) $\mu = 53,50$ et $\sigma = 17,03$. **Z**, Forte présence des glaces de mer de mars à juin (80 à 638 jours) avec $\mu = 113,21$ et $\sigma = 32,23$.

En croisant les deux classifications précédentes (cf. Tableau 5) on obtient une typologie des glaces de mer annuelles en fonction de leur temps de résidence. Exemple : 88,8 signifie que la glace de mer a été vue de 1964 à 2001, 88,8 fois entre mars et juin durant des années froides. On utilisera étendra cette codification dans le passé en se fondant sur les chroniques historiques.

Types saisonniers des glaces de mer dans chaque classe A, B, C

Tableau 5

	Z	Y2	Y1	X	W
A	88.8 ± 20.1	26.9 ± 11.3	6.9 ± 6.6	0.8 ± 1.1	0 ± 0
B	21.4 ± 18.3	25.2 ± 22.6	14.9 ± 12.6	1.6 ± 1.6	0 ± 0
C	3 ± 3.7	3.3 ± 3.7	8 ± 11.6	1.5 ± 2.3	0 ± 0

Les températures océaniques

- Les classifications annuelles des températures de l'eau :

Typologie des températures de l'eau

Tableau 6

	M1	M2	M3	M4
Tmoy °C	4.22	5.11	5.22	5.35
Fréquence	0.195	0.355	0.262	0.186

La classification reprend quatre groupes : M1 regroupe 23 années dont la moyenne a les valeurs les plus basses (4,22 °C) ; M2 regroupe les 42 années dont les moyennes est de 5,10°C, M3 a une moyenne de 5,22°C et compte 31 années et M4 regroupe les années dont les températures sont les plus élevées (5,35°C).

- Un océan plus chaud que le continent

Pour les 118 années disponibles, les températures océaniques sont toujours supérieures à la température annuelle de l'air. L'écart de température entre ces deux milieux n'est pas régulièrement réparti au cours du temps (cf. Tableau 7).

Ecart entre les températures de la mer et de l'air pour les 4 séries 1847-1999

Tableau 7

	S2 1847-1869	S3 1869-1920	S4 1920-1964	S5 1964-1999
δT_{max}	2.5	3.5	1.7	2.2
δT_{moy}	2.1	1.8	1.1	1.5
δT_{min}	1.7	0.8	0.5	0.9
Variance	0.1	0.3	0.1	0.1

Types de glace de mer et écart des températures mer-air

Tableau 8

	Glace de mer A	glace de mer B	glace de mer C
δT_{max}	2.5	3.5	2.7
δT_{moy}	1.9	0.9	0.5
δT_{min}	1.5	1.9	1.3
δT_{σ}	0.3	0.6	0.4

Synthèse de la qualification des périodes (absence de données pour S1 et S2)

Tableau 9

Classes	Température eau de mer				Glace de mer		
	M1 = 4,22°C	M2 = 5,10°C	M3 = 5,22°C	M4 = 5,35°C	A fort	B moyen	C faible
S3	31,4	35,3	17,6	15,7	14,0	58,0	28,0
S4	4,5	34,1	34,1	27,3	0	6,8	93,2
S5	15	40	35	10	17,1	40,0	42,9

Les données océaniques ne sont pas disponibles pour la série S1 et ne le sont que partiellement pour la série S2. Pour S2 qui connaît un refroidissement l'écart moyen est de 2,1°C. Pour S3 et S4 à tendance croissante, l'écart est plus faible, entre 1°C et 2°C. La série 5, a un écart de 1.5 °C. En confrontant les écarts δT (mer-air), on constate que :

- Lorsque la glace de mer est fortement présente (A), l'écart est le plus élevé.
- Lorsqu'il n'y a aucune glace de mer (C), l'écart est quatre fois plus faible : l'océan réchauffe par conduction l'atmosphère. On a ainsi mis en évidence le rôle isolant des glaces de mer.

Caractériser l'évolution spatiale et temporelle de la glace de mer

Le déplacement dans l'espace et dans le temps de la glace de mer a été approché au niveau annuel par un indice construit sur la théorie de l'information. La dimension d'entropie est définie par Feder (1988) comme une mesure multifractale d'un processus binomial multiplicatif. Martin et Taguas (1998) ont défini un système de processus itératifs qui génère une distribution de longueurs. Cette dimension d'entropie D_E s'écrit :

$$D_E = \sum p_i \ln p_i / \sum p_i \ln s_i$$

Avec : p_i , la fraction de glace présente au cours de l'année dans une région comprise entre un intervalle (r_i, r_{i+1}) ; c'est une fréquence temporelle. Et s_i , un indice de similarité qui prend en compte l'espace car $s_i = (r_{i+1} - r_i) / (r_{max} - r_{min})$ r_i est la longueur du secteur étudié et r_{min} et r_{max} , les valeurs extrêmes. Le numérateur s'appuie sur la fonction H de Shannon et fonctionne comme elle : H prend une valeur maximale H_{max} à l'équiprobabilité lorsque les i secteurs ou classes sont occupées par les mêmes p_i et dont la somme est égale à 1.

4. CONCLUSION

Nous avons caractérisé les séries suivantes :

S1 : 05/1837-07/1847 ; série climatique pondérée, la variabilité annuelle est caractérisée par des hivers courts et froids une série estivale précoce et constante avec des « chocs thermiques » en juillet.

S2 : 07/1847-12/1869 ; série à étés froids, maxima faibles, des hivers froids, variances hivernales les plus fortes et printemps avec une forte variabilité.

S3 : 01/1870-05/1920 ; longue série, faiblesse de ses minima étés comme hiver, rares maxima estivaux. Le petit âge glaciaire thermique islandais ne s'achève qu'avec cette période.

S4 : 06/1920-06/1964 ; tous ses minima, ses moyennes et ses maxima sont supérieurs à ceux de la série de référence. Le réchauffement est sensible en hiver et au début du printemps. Absence de glace de mer à 93%.

S5 : 07/1964-1999 ; minima élevés, des hivers doux, des étés chauds. La variabilité hivernale est faible. Cette période est moins chaude que la précédente. La fréquence des glaces de mer est inférieure à 50%, et M1 présente une grande variabilité.

Pour notre part, la série **S2** entre parfaitement dans le petit âge glaciaire, par contre, un réchauffement qui débiterait en 1869 rallongerait d'une quinzaine d'années la durée du petit âge glaciaire. Sont aussi problématiques, les deux phases postérieures (1870-1920) et (1920-1964) ; la seconde étant réellement une phase de réchauffement ; et d'autre part la phase « chaude » antérieure 1837-1847. Plusieurs constats peuvent être émis : La glace de mer isole et protège un océan "chaud"; les vents ne sont pas réchauffés par l'océan. Au printemps, les vents refroidissent le continent ; au printemps, la glace de mer abondante refroidit localement le continent; la variabilité de l'atmosphère est la cause des températures minimales de l'air; la température moyenne de l'île est inférieure de 2°C à celle de l'océan. L'Islande est une île froide entourée par un océan chaud. Il conviendrait d'étendre cette classification jusqu'à l'âge du peuplement de l'Islande, investigation qui est toujours en cours actuellement. Un indice de Dimension est proposé pour décrire l'évolution spatiale et temporelle de la glace de mer.

REFERENCES

- Anachieva M.D., Davidovich N.V., Mercier J.-L., (2003), *Climate change in North-Western Siberia in the last hundred years and glaciers recession in Suntar-Khayata*, Data of glaciological studies, pub.94, Moscow, Russian Academy of Sciences, Glaciological Association, pp. 216-224.
- Bentsen M., Drange H., Furevik T., Zhou T.,(2004), *Simulated variability of the Atlantic meridional overturning circulation*, 20 p.
- Bjornsson H., Jónsson T, (2004), *Spatial and temporal mapping of temperature variability in Iceland since the 1870's*, 5 p.
- Box G.E.P, Jenkins G.M., (1976), *Time series analysis : forecasting and control*, Holden day, San Fransisco ed., 575 p.
- Broecker W.S., (1994) *Massive iceberg discharge as triggers for global climate change*, Nature N°372, pp. 421-424.
- Dansgaard W., White J.W.C, Johnsen S.J., (1989), *The abrupt termination of the Younger Dryas climate event*, Nature N°339, pp.532-534.

- Fieller N.R.J., Gilbertson D.D., Olbricht W., (1984), *nature*, 311, p 648.
- Guðmundsson A.T., (1986), *Íslandsedar, eldvirkni á Íslandi í 10.000 ár*, Vaka-Helgafell, Reykjavík, 168 p.
- Hanna E., Jonsson T., Box J.E., (2004), An analysis of icelandic climate since the nineteenth century. *Int. J. Of Climatology*. 24, pp 1193-1210.
- Haidu I., Mercier J.-L., (2004), *Stochastic way for climate predictability*, International Conference on Geography, Glasgow 15-20 august 2004.
- Haidu I., Mercier J.-L., (2003), *Deux états statistiques caractérisent-ils le climat du dernier millénaire?*, Colloque Assoc. Intern. Climatologie, Varsovie 10-13 Septembre 2003, Les relations Climat - Hommes, pp. 157-160.
- Haidu I., Mercier J.-L., (2003), *Alternation between two statistical states in the climate of the last millenium*, Intern. Conf. On Earth System Modeling, Hamburg 15-19 september 2003, pp.154-157.
- Humlum O., (2004) A climatic perspective on observed Arctic Permafrost change, 3 p.
- Jakobsson T., (1995), *Um hafís fyrir Suðurlandi-frá landnámi til Þessa dags*, Errindi á Oddastefnu í Þykkvabæ laugardaginn, 20 maí 1995, site : www.verdur.is
- Jakobsson Þ., (2002), *Hafís við strendur Íslands, Stefnumótunarfundur í Þoskeldi, haldinn í Reykholti í Borgaafirðir*, 17-18 október 2002, Veðurstofa Íslands, site : www.verdur.is
- Jóhannesson T., Adalgeirsdóttir G., Bjornsson H., Palisson F., Sigurdosson O., (2004), Response of glaciers in Iceland to climate change, 4p.
- Jónsson T., Hilmarsson G., (2001), *Early Instrumental Meteorological Observations in Iceland*, *International Journal of Climatology*, Climatic change N°48, pp. 169-187.
- Jónsson T., Jóhannesson T., (1994), *Veðurhorfur á næstu öld*, *Veðurfarsbreytingar og gróðuhúsaáhrif*, Náttúrufræðingurinn, 64 árg. 1 hefti, pp. 13-29.
- Kendall M.G., Ord J.K., (1990), *Time series*, Edward Arnold.
- Kendall M.G., Stuart A., (1979), *The advance theory of statistics*, Mc Graw-Hill New-York.
- Oglivie A.E.J., Jónsson T., (2001), *"Little Ice Age" Research : a perspective from Iceland*, *Climatic change* N°48, pp. 9-52.
- Mercier J.-L., Haidu I., (2003), *Reconsidering the mediterranean rainfall : the case of the distance between the monthly extremes and monthly totals*, Intern. Conf. "Hydrology of the Mediterranean and Semi-arid regions"-Montpellier, April 1-4, Montpellier CD.
- Morales-Maqueda M.A., Willmott A.J., Darby M.S., (1999), A numerical model for interdecadal variability of sea ice cover in the Greenland-Iceland-Norwegian sea, 25p.
- Ólafsdóttir R., (2001), *Land Degradation and Climate in Iceland : a spatial and temporal assessment*, Lund University, Departement of Physical Geography, Sweden, 215 p.
- Sneyers R., (1975), *Sur l'analyse statistiques des séries d'observations*, Note technique N°143, OMM N°415, Genève, 192 p.
- Thorodssen Þ., (1916), *Árferði á Íslandi í Þúsund ár*, *Hið Íslenska fræðifélag*, Kaupmannahöfn, 432 p.
- Thorodssen Þ., (1924), *Fjórar ritgerðir, Safn Fræðifelagsins um Ísland og Íslendinga III*, *Hið Íslenska fræðifélagi í Kaupmannahöfn*, Kaupmannahöfn, 130 p.
- Yevjevich V., Obeysekera J.T.B., (1985), *Effects of incorrectly removed periodicity in parameters on stochastic dependence*, *Water Resources Research* 21, Volume 5, pp. 685-690.
- Unkown (Þorgilson A.), (1986), *Landnámabók, Íslendingabók Landnáma*, hið Íslenska Fornbókafélag, Reykjavík, 38p.