



**PROJET D'APPUI INSTITUTIONNEL
AUX INSTITUTIONS AFRICAINES DU CLIMAT
ISACIP/AFRICLIMSERV**

Don FAD n° 2100155016866

Projet N° : P-Z1-CZ0-003

DEPARTEMENT CLIMAT ET ENVIRONNEMENT

SEJOUR SCIENTIFIQUE
ANNEXE V DU RAPPORT FINAL

*Procédure de traitement des
données d'observation, de simulation
et de projection du climat*

Par

Bertrand DOUKPOLO

Doctorant en Climatologie

TABLE DES MATIERES

1. OBJECTIF, OUTILS ET METHODES	2
2. NATURE ET SOURCES DES DONNEES	3
2.1. DONNEES D'OBSERVATION	3
2.2. DONNEES DE SIMULATION	3
2.3. DONNEES DE PROJECTION	4
3. TRAITEMENT DES DONNEES ET PRODUITS	6
3.1. ORGANISATION DES DONNEES ET TYPES DE CARTE	6
3.2. CREATION D'UN GRAPHIQUE DE BASE ET TYPE DE GRAPHIQUE PAR DEFAUT	6
3.3. MODIFICATION DU FORMAT D'UN GRAPHIQUE	7
3.4. QUELQUES APPLICATIONS.....	8
3.4.1. Régimes pluviothermique et évapotranspiratoire.....	8
3.4.2. Variabilité et tendance pluviométriques.....	10
3.4.3. Test de significativité de tendance dans XLSTAT.....	14
3.4.4. Cumuls pluviométriques et homogénéité.....	16
3.4.5. Variabilité interannuelle et tendance thermométriques	17
3.4.6. Analyse en composantes principales (ACP).....	19
3.4.7. Téléchargement des données de simulation et de projection.....	21
3.4.8. Traitement des données d'observation et de simulation (MCG)	23
3.4.9. Corrélation entre les pluies annuelles observées et simulées.....	25
3.4.10. Variabilité interannuelle des pluies observées, simulées et projetées	27
3.4.11. Variabilité interannuelle des températures observées, simulées et projetées.....	29
CONCLUSION	32
BIBLIOGRAPHIE	33

1. Objectif, outils et méthodes

☞ L'**objectif** du présent manuel est d'élaborer une procédure simple et facilement accessible pour le traitement des données climatologiques dans le cadre de l'analyse de la variabilité climatique et de la simulation du climat futur, afin d'intégrer les résultats dans un modèle agronomique, hydrologique ou biophysique d'impacts. Plusieurs **programmes** ou **logiciels** robustes peuvent servir de plate forme pour le traitement des données d'observation et de simulation du climat.

Dans le cadre de ce travail, l'essentiel du travail a été fait à l'aide du logiciel **Excel** de la suite *Microsoft Office* qui est un outil informatique utilisé dans de nombreux domaines comme les mathématiques, les statistiques, les sciences environnementales et sociales. Excel est un *tableur* ou un *chiffrier électronique*, c'est-à-dire un logiciel capable de gérer des données quantitatives organisées sous forme de grands tableaux croisés dynamiques appelés feuilles de calcul, qui intègrent les données et les formules en vue d'effectuer des calculs, manipuler les données et présenter les résultats sous forme de nombreux graphiques d'aspect professionnel.

Grâce à l'avancée rapide et à la performance des technologies, d'énormes tâches statistiques ont été allégées et les procédures complexes ont été raccourcies. C'est ainsi que certains logiciels et utilitaires simples mais puissants comme XLSTAT facilitent les calculs dans diverses procédures d'opérationnalisation, notamment, la variance, la covariance, l'écart-type, les moyennes arithmétiques, géométriques et glissantes, les totaux et cumuls, l'application de la régression linéaire simple et multiple, les corrélations entre deux variables, les tests de significativité de tendance, les équations algébriques, les coefficients de variation, d'ajustement, les coefficients de détermination, etc.

En effet, le programme XLSTAT est un logiciel dont l'interface s'appuie entièrement sur Microsoft Excel, tant pour la récupération des données que pour la restitution des résultats. Les calculs sont en revanche totalement indépendants de Microsoft Excel et ont été développés avec le langage de programmation C++. XLSTAT est développé dans le but de rendre accessible au plus grand nombre un outil d'analyse de données et de statistique à la fois puissant, complet et convivial. L'accessibilité vient de la compatibilité avec toutes les versions de Microsoft Excel aujourd'hui utilisées (Excel 97 à Excel 2010), de l'interface disponible en plusieurs langues et de la mise à disposition sur le site www.xlstat.com d'une version d'évaluation utilisable 30 jours.

☞ Le **contenu du guide** est organisé en rubriques qui initient progressivement le lecteur aux diverses possibilités de Excel bien *ciblées sur l'objectif*. Le texte est entrecoupé des exemples et d'applications permettant de mettre en pratique immédiatement les connaissances acquises. Il est conseillé fortement d'effectuer la lecture du guide tout en utilisant Excel afin d'expérimenter en direct les notions présentées. Afin d'utiliser le guide, il est nécessaire que le lecteur possède des connaissances de base en informatique et soit familier avec l'environnement Windows.

Il est à noter que le guide est conçu pour l'apprentissage de la version 2003 de Excel et à cheval sur la version 2007 qui est la plus couramment utilisée. Ce choix a été fait car il s'agit encore à l'heure actuelle de la version conseillée aux débutants en traitement de données statistiques pour la souplesse et les boites de dialogues plus intuitives. Les utilisateurs de Excel 2007 et 2010 seront peu dépaysés car les deux versions sont semblables, complémentaires et plus désigner que la version 2003, dont les utilisateurs nostalgiques devront déployer un effort pour renouveler leurs connaissances et faire leur deuil d'une version en voie de disparition.

2. Nature et sources des données

2.1. Données d'observation

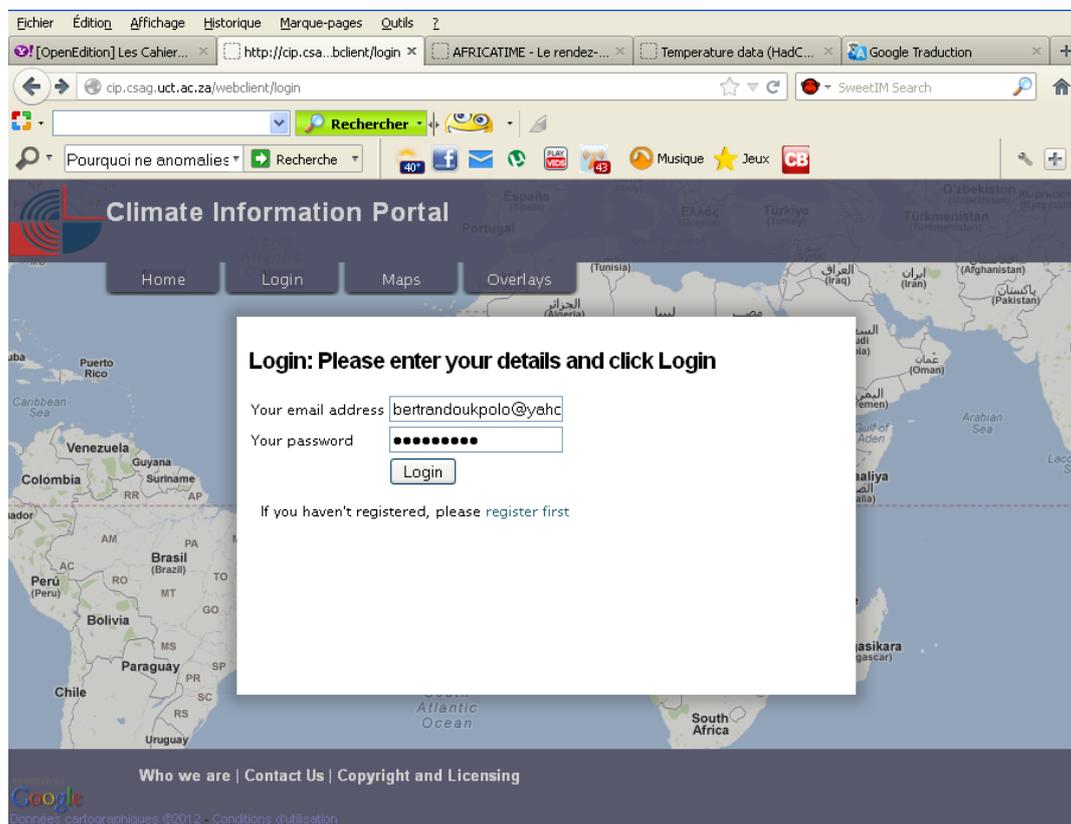
Les données observées sont de type climatologique et concernent les précipitations moyennes, les températures minimales, moyennes et maximales, l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'humidité relative (HR), au pas de temps mensuel et annuel sur une série biennale de 1951 à 2010. Les données ont été fournies par l'ASECNA (RCA), la DMN (RCA) et l'IRD sur les stations synoptiques et pluviométriques ouest centrafricaines. Elles ont été soumises au contrôle de qualité et de fiabilité. La période de référence retenue est 1971-2000.

2.2. Données de simulation

Les données simulées sont de type climatologique et concernent les précipitations moyennes, les températures minimales, moyennes et maximales, au pas de temps mensuel et annuel sur une série chronologique de 1961 à 2000. Elles ont été fournies par le Projet d'intercomparaison des modèles couplés, le CMIP3 (*Coupled Model Intercomparison Project, version3*), un organe scientifique parrainé par l'UNITAR et l'OMN.

Le Projet CMIP3 est destiné à fournir un cadre pour la coordination des expériences sur les changements climatiques dans les prochaines années et inclut donc des simulations pour

l'évaluation de l'AR5 du GIEC. C'est une interface web qui stocke et gère les requêtes dans une grande suite de données d'observation du climat ainsi que des projections du climat futur téléchargeables en ligne : <http://cip.csag.uct.ac.za>. Après enregistrement, vous pouvez accéder aux ressources en utilisant un login (email valide) et un mot de passe (pas forcément celui de l'email).



Source : <http://cip.csag.uct.ac.za>

D'autres sources des données de simulation complémentaires archivent les données au format zip ou txt. La moyenne d'ensemble de chacun des modèles globaux des anomalies de température de surface et des précipitations simulées et projetées est disponible en téléchargement sur le site DDC (*Data Distribution Centre*) du GIEC : http://www.ipcc-data.org/ddc_gcm_intro.html et <http://www.cru.uea.ac.uk/data> (CRU), de l'Unité de Recherche en Climatologie de l'University of East Anglia, Norwich au Royaume-Uni.

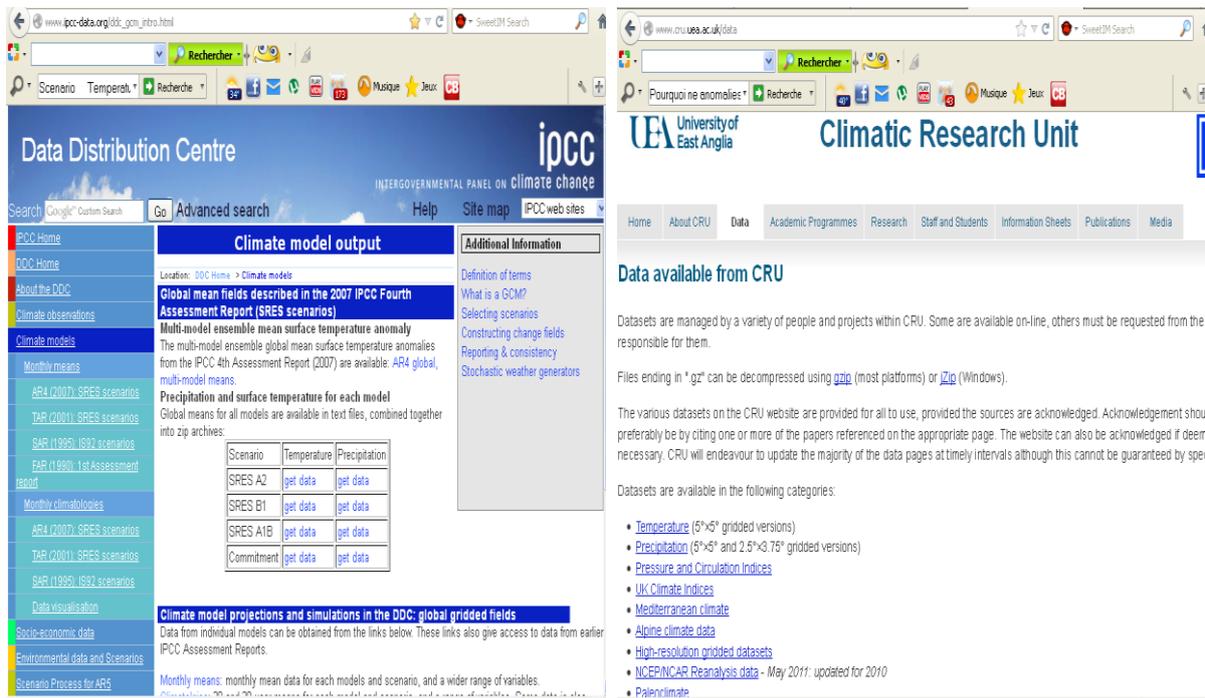
2.3. Données de projection

Les données projetées sont de type climatologique. Diverses statistiques peuvent être utilisées pour étudier des paramètres tels que : nombre de jours de pluie, nombre de jours humides au cours du mois et de l'année, nombre de jours dans le mois ayant de précipitations de 10 mm, durée continue de la période sèche, précipitations moyennes, températures moyennes,

minimales et maximales. *Cependant, pour cet exercice, les paramètres les plus importants concernent les précipitations et les températures moyennes mensuelles et interannuelles.*

Ces variables sont retenues au pas de temps mensuel et annuel sur un **horizon temporel futur** (2071 à 2100), en fonction des **scénarios de référence SRES** (A2 et B1) et/ou élaborés fondés également sur la **période de référence simulée** (1971 à 2000). Ces données sont issues d'une vingtaine de modèles climatiques globaux. Mais seuls seront retenus pour le traitement, les modèles qui peuvent reproduire assez parfaitement l'allure des courbes des variables observées (précipitation et température).

Comme pour les données de simulation, les **données de projection ont été fournies par le projet CMIP3**. La moyenne de chacun des modèles globaux des anomalies de température de surface et des précipitations projetées est disponible en téléchargement sur le site DDC (*Data Distribution Centre*) GIEC : http://www.ipcc-data.org/ddc_gcm_intro.html et sur l'interface web: <http://www.cru.uea.ac.uk/data> (CRU), une Unité de Recherche en Climatologie de l'University of East Anglia, Norwich au Royaume-Uni. La procédure de téléchargement et d'intercomparaison est la même.



<http://www.ipcc-data.org/ddc>

<http://www.cru.uea.ac.uk/data>

3. Traitement des données et produits

3.1. Organisation des données et types de carte

Pour un histogramme, un graphique à barres, un graphique en courbes, un graphique en aires, un graphique en surface ou un graphique en radar, vous devez organiser les données en colonnes ou en lignes. Après sélection des données vous pouvez :

- *Cliquer sur **Assistant Graphique**  dans la barre d'outils **Standard** ou cliquer sur **Graphique** dans le menu **Insertion**.*
- *Suivre les instructions de l'Assistant Graphique.*

Vous pouvez créer rapidement un graphique dans Microsoft Excel à l'aide de l'Assistant Graphique. Dans cet Assistant, vous allez effectuer un choix parmi les différents types de graphiques et spécifier diverses options de graphiques. Bien que les données de feuille de calcul que vous voulez tracer dans un graphique puissent être localisées dans des lignes ou des colonnes, certains types de graphiques requièrent une disposition spécifique des données avant de pouvoir créer un graphique. Dans la feuille de calcul, organisez les données à tracer dans un graphique.

3.2. Création d'un graphique de base et type de graphique par défaut

Pour créer rapidement un graphique de base affiché dans une feuille de graphique séparée, sélectionnez les données à utiliser pour le graphique, puis appuyez sur Alt+F1 ou F11.

Si vous utilisez fréquemment le même type de graphique, vous avez intérêt à le définir comme type de graphique par défaut.

- *Cliquer à un endroit quelconque dans la zone de graphique pour sélectionner le graphique.*
- *Dans le menu **Graphique**, cliquer sur **Type de graphique**.*
- *Sous l'onglet **Types standard** ou **Types personnalisés**, dans la liste **Type de graphique**, cliquer sur le type de graphique souhaité ou accepter la sélection en cours, puis cliquer sur **Par défaut**.*
- *Cliquer sur **Oui**, puis sur **OK**.*
- *Si la boîte de dialogue **Ajouter un type de graphique personnalisé** apparaît, taper un nom dans la zone **Nom** et une description dans la zone **Description**, puis cliquer sur **OK**.*

Il est important d'organiser les données de votre feuille de calcul d'une façon similaire aux données présentées dans l'image suivante. Notez que les mois ou les valeurs des paramètres (précipitations et températures) sont entrés en tant qu'en-têtes de colonne et que les années le sont en tant qu'en-têtes de ligne.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	DONNEES PLUVIOMETRIQUES : STATION SYNOPTIQUE DE BERBERATI (RCA) / 1951 à 2010																	
2																		
3	Latitude Nord : 04° 15' - Longitude Est : 15° 48' Source : DMN(Bangui) & ASECNA(Bangui) - Centrafrique																	
4																		
5		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	Moy.mb/5	Cumuls	moy. Serie E	
6	1951	0	30.1	92.6	147.4	100.5	115.5	74.6	185.7	340.7	469.2	118	112	1786.3		1951		1507.31
7	1952	12.3	94.5	114.5	118.2	204.2	200.3	263.1	167.3	170.7	301.8	10.2	89	1746.1		1952	3532.40	1507.31
8	1953	0	83.8	141.6	118.8	104.7	18.9	129	191.1	145.6	275.8	165	23.8	1379.2		1953	4911.60	1507.31
9	1954	0	81.4	122.1	151.9	147.8	89.1	66.8	95.7	196.2	373	113.6	49	1486.6		1954	6398.20	1507.31
10	1955	0	26.8	100.2	159.6	130.8	210.1	203.5	216	256.4	260.2	118.9	82	1764.5	1632.54	1955	8162.70	1507.31
11	1956	3.4	57	244.4	173.8	139.5	126.3	64	43.6	274.7	249.1	151	73.4	1600.2	1595.32	1956	9762.90	1507.31
12	1957	1.7	17.2	58.8	111.8	190.2	309	231	236.9	195.8	319.3	142.4	79	1893.1	1624.72	1957	11656.00	1507.31
13	1958	20.5	0.3	137.4	91.6	158.8	170.1	17.7	257.1	200.9	404.2	126.5	43.2	1628.3	1674.54	1958	13284.30	1507.31
14	1959	4.4	50.6	75.4	245.3	119.6	126.1	117.5	219.9	168.9	271.7	45	41.9	1486.3	1674.48	1959	14770.60	1507.31
15	1960	5.3	36.5	97.5	178.1	126.2	93.3	157.4	237.5	245.8	266.3	42.5	45.3	1531.7	1627.92	1960	16302.30	1507.31
16	1961	35.3	2.5	26.5	199.4	136.7	158.3	154	243.7	235.9	239.8	20.8	89	1541.9	1616.26	1961	17844.20	1507.31
17	1962	0	9.6	166.9	81.4	96.1	142	118.6	272.5	211	294.2	108.8	28.7	1529.8	1543.60	1962	19374.00	1507.31
18	1963	32.3	58.2	55.4	137.1	124.7	240.7	158.3	154.7	299.7	126.5	38.7	66.6	1492.9	1516.52	1963	20866.90	1507.31
19	1964	15.2	0	80.2	180.2	99.2	120.8	54	82.8	258	165.5	89	89	1233.9	1466.04	1964	22100.80	1507.31
20	1965	9.8	48.8	104.5	133.7	97.8	264.4	74.1	237	148	267.9	40.3	7.7	1434	1446.50	1965	23534.80	1507.31
21	1966	8.3	2.6	94.8	245.9	293.8	137.5	195.4	271.9	313.6	174.2	128.3	20.6	1886.9	1515.50	1966	25421.70	1507.31
22	1967	17.3	41.3	41.4	92.9	121.5	304.7	177	223	238.1	337.1	95.9	24.7	1714.9	1552.52	1967	27136.60	1507.31
23	1968	22.8	47.8	95.7	124.8	145.9	114.1	76.7	104.6	199.4	172.6	106.6	12.8	1223.8	1498.70	1968	28360.40	1507.31
24	1969	0	122	151.6	79.9	168.9	147.5	237.2	161.6	293.6	146.4	39	9.2	1556.7	1563.26	1969	29917.10	1507.31
25	1970	0	10	84.5	159.3	169.9	94	181.1	198.6	195.9	266.3	28.8	37.9	1426.3	1561.72	1970	31343.40	1507.31
26	1971	0	72.4	127.8	77.5	98	102.9	137.6	165.6	265.3	238	103.7	37.2	1426	1469.54	1971	32769.40	1507.31
27	1972	26.5	10.3	112.5	122.7	70.2	68.7	246.8	102.7	145.2	143.2	72.8	24.4	1146	1355.76	1972	33915.40	1507.31
28	1973	11.1	120	140.1	75	176.2	144.6	46.6	131.7	138.7	169.4	54.6	36.5	1244.3	1359.86	1973	35159.70	1507.31
29	1974	6.6	20.5	64.9	107	138.2	74.3	312.6	139.7	203.1	283.8	156.6	46.8	1554.1	1359.34	1974	36713.80	1507.31

3.3. Modification du format d'un graphique

Étant donné que les couleurs d'un graphique se basent sur les valeurs plutôt que sur les séries de données, vous ne pouvez pas les sélectionner dans le graphique. Vous pouvez toutefois sélectionner les symboles de couleurs correspondants dans la légende du graphique, puis apporter les modifications de mise en forme voulues dans la boîte de dialogue *Format* de symbole de *légende*. Dans cette boîte de dialogue, vous pouvez :

- *changer les couleurs et motifs utilisés dans le graphique ;*
- *réorganiser les séries de données ;*
- *changer la profondeur du graphique ;*
- *appliquer d'autres mises en forme.*

Par exemple, la modification des couleurs et de la profondeur du graphique précédent peut faciliter la lecture d'un graphique en surface, comme le montre les exemples dans les différentes applications. Pour afficher la légende, cliquez sur **Options du graphique** dans le menu **Graphique**, puis activez la case à cocher **Afficher la légende** sous l'onglet **Légende**.

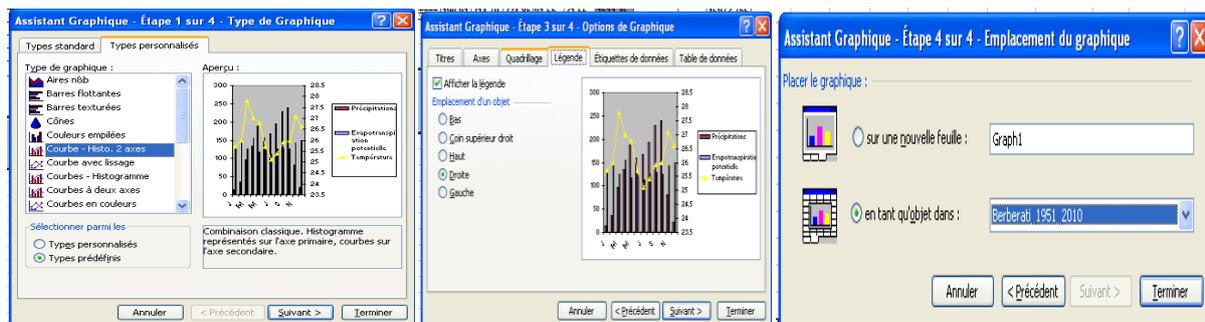
3.4. Quelques applications

3.4.1. Régimes pluviothermique et évapotranspiratoire

71																				
72	BERBERATI	Régimes pluviothermique et évapotranspiratoire : 1951-2010																		
73																				
74																				
75		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D							
76	Précipitations	14	36	97	134	188	158	167	194	230	239	81	22							
77	Evapotranspiration	132	145	125	156	117	123	112	125	129	125	142	149							
78	Température	25.7	26	27.8	27	26.8	25.7	25.1	25.4	25.9	26	27.1	26.6							
79																				

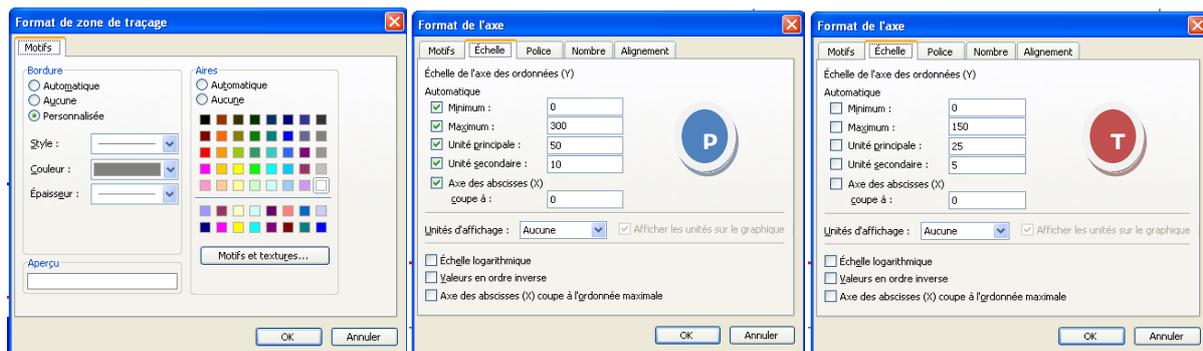
☞ Dans Assistant Graphique  :

- cliquer sur l'onglet « **Types personnalisés** » et choisir « **Courbe – Histo. 2 axes** ».
- suivre les consignes, à l'étape 3/4, vous pouvez ajouter les *Titres*, renommer les *Axes*, ajouter ou supprimer le *Quadrillage*, placer la *Légende*, définir les *étiquettes des données*, enfin insérer ou la *Table des données*.
- Choisir à l'étape 4/4 l'emplacement du graphique puis cliquer sur **Terminer**

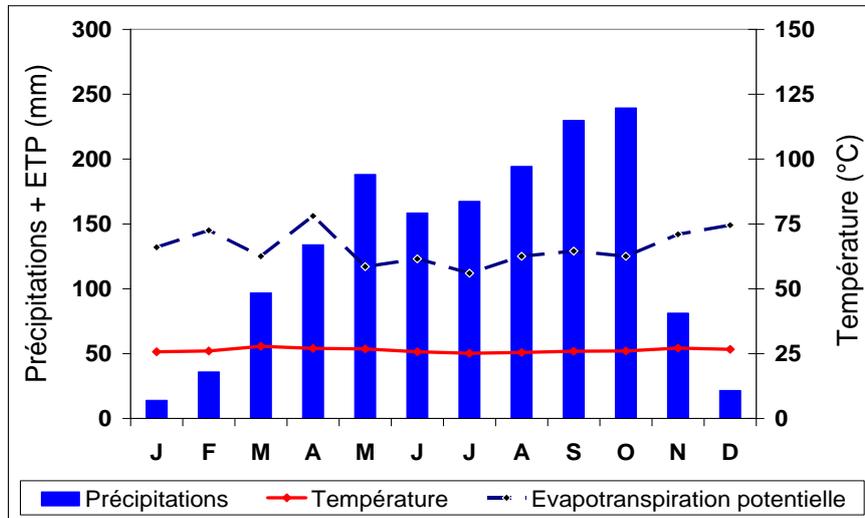


☞ Mise en forme supplémentaire : taille, couleur, police... motifs, échelle, nombre, alignement. Pour ce faire, pointer l'élément et double-cliquer.

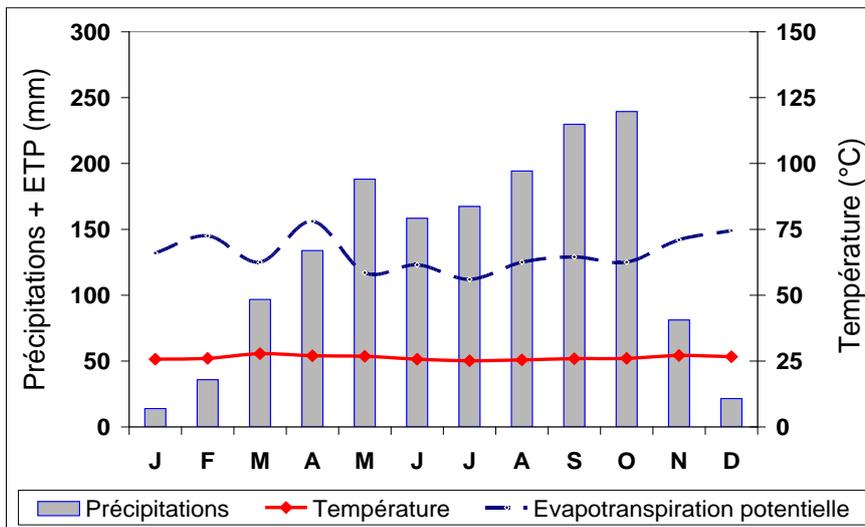
☞ En appliquant la **formule P=2T**, on ajuste les différentes valeurs de l'échelle. Les valeurs de températures (**T**) doivent être deux fois celles des précipitations (**P**). Double cliquez sur chacun des axes (**P**) & (**T**) et cliquer sur l'onglet **Echelle** de la barre de **Format Axe**.



Produit 1a (graphique des régimes : Pmm, T°C et ETPmm)



Produit 1b (graphique des régimes : Pmm, T°C et ETPmm)



3.4.2. Variabilité et tendance pluviométriques

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totaux	Moy.	E.type	Années	Indices
2	1971	0	72.4	127.8	77.5	98	102.9	137.6	165.6	265.3	238	103.7	37.2	1426	1460.84	185.914	1971	-0.187398212
3	1972	26.5	10.3	112.5	122.7	70.2	68.7	246.8	102.7	145.2	143.2	72.8	24.4	1146	1460.84	185.914	1972	-1.693468805
4	1973	11.1	119.8	140.1	75	176.2	144.6	46.6	131.7	238.7	169.4	54.6	36.5	1344.3	1460.84	185.914	1973	-0.626848096
5	1974	6.6	20.5	64.9	107	138.2	74.3	312.6	139.7	203.1	283.8	156.6	48.8	1554.1	1460.84	185.914	1974	0.501629084
6	1975	46.9	43.3	134.3	254.8	129.9	148.2	193.2	51.9	150.5	274.9	197.9	0.2	1626	1460.84	185.914	1975	0.888366497
7	1976	38.4	67.9	71.3	118.7	121.5	101.2	256.2	268.8	159.6	98.4	106.3	15.7	1424	1460.84	185.914	1976	-0.198155859
8	1977	32.2	54	35.7	93.9	213.3	311.8	81.3	255.5	211	205.8	84.8	58.8	1636.1	1460.84	185.914	1977	0.942692614
9	1978	1	31.8	29.3	131.5	129.5	129.8	167.4	200.2	213.8	218.7	79.3	31.2	1363.5	1460.84	185.914	1978	-0.523574684
10	1979	28.6	34.5	31.3	95.4	130	135.6	152.3	178.5	19.7	93.4	58.9	11.9	970.1	1460.84	185.914	1979	-2.639603866
11	1980	28.1	4.3	127.1	106.5	183.3	160.8	145.7	147.4	216.8	253.1	93.1	28	1494.2	1460.84	185.914	1980	0.179437553
12	1981	29.6	0	130.3	122.8	183.8	149.6	154.7	174.3	298.8	235.4	73.5	24.9	1577.7	1460.84	185.914	1981	0.628569319
13	1982	39.8	0	135.4	127	167.2	135.9	174.8	200.3	179.8	196.3	45.8	0	1402.3	1460.84	185.914	1982	-0.31487633
14	1983	24.8	32.4	79.9	173.5	261.9	84.4	111	225.4	166.3	95.9	34.6	19.9	1310	1460.84	185.914	1983	-0.811341744
15	1984	0	37.1	112.5	145.9	130.9	147.8	184.9	287.5	195.5	169.4	103.4	17	1531.9	1460.84	185.914	1984	0.382219201
16	1985	29.3	18.1	112	92.4	196.4	123	105.4	90.5	210.2	238.6	42.2	30.1	1288.2	1460.84	185.914	1985	-0.928600097
17	1986	2.1	41.9	273.8	147.7	131	33.4	108.7	118.7	290.1	205.4	134.1	7.4	1494.3	1460.84	185.914	1986	0.179975436
18	1987	0	1.2	81.1	53.3	125.5	214.4	184	191.3	154.1	245.6	37.7	13.9	1302.1	1460.84	185.914	1987	-0.85383445
19	1988	2.2	22.9	111.6	105.5	141.6	181.4	165.7	145.2	270	236.9	27.8	31.1	1441.9	1460.84	185.914	1988	-0.101874918
20	1989	0	0	63.7	194.6	159.3	138.5	98.7	253.8	294.3	336.9	48.1	8	1595.9	1460.84	185.914	1989	0.726463908
21	1990	21.5	0	97.1	205.1	154.5	86.4	133.4	286.4	230.3	193.9	142.8	21.6	1573	1460.84	185.914	1990	0.603288849
22	1991	0	85	61.9	308.8	198.1	132.3	224.4	182.9	138.9	234.1	171.7	16.8	1754.9	1460.84	185.914	1991	1.581696852
23	1992	0	0	86.6	114.2	103.4	228.4	300.5	108.3	240.7	173.4	79	16.2	1452.7	1460.84	185.914	1992	-0.043783624
24	1993	25.3	18.9	33	84.4	196.8	147.2	223.4	284.7	76.3	220.3	121.7	23.7	1455.7	1460.84	185.914	1993	-0.027647153
25	1994	35.8	0	49	91.4	225.5	118.6	104	141.4	148	99.2	47	10.1	1070	1460.84	185.914	1994	-2.102259394
26	1995	0	2	192.8	74.3	220.2	102.6	203.3	188.6	415	142.6	134.5	0	1675.9	1460.84	185.914	1995	1.156769792
27	1996	12.7	19.7	142.3	66.9	180.2	191.4	182.3	299.6	123.9	130.6	64.5	0	1414.1	1460.84	185.914	1996	-0.251406212
28	1997	19.9	0	54.2	184.8	145.5	260.1	35.2	183.2	312.6	244.8	34.2	0.7	1475.2	1460.84	185.914	1997	0.077239906
29	1998	15.8	33	38.5	189	144.9	136.5	197.8	254.3	253.7	219.8	139.8	25.8	1648.9	1460.84	185.914	1998	1.011541556
30	1999	35.8	119.7	45.8	84.7	168.7	289.3	267.1	110	175.7	250.1	42.7	27.2	1616.8	1460.84	185.914	1999	0.83888132
31	2000	6.1	0	0	194.1	249.4	140.4	170.3	207.6	375.8	335.5	80.2	0	1759.4	1460.84	185.914	2000	1.605901558
32	Moy.	17.34	29.69	92.59	131.45	162.50	147.32	168.98	185.87	212.46	206.11	87.11	19.44	1460.84				
33														Ecartype	185.914			
34																		

Une fois les données mises au format et disposées telles ci-dessus, les variables à calculer concernent les *moyennes arithmétiques* de la *série chronologique*, les **totaux** et les *moyennes pluviométriques* pour chacune des années, l'*écart-type de la série* et les *indices* qui permettront de réaliser le graphique des *anomalies standardisées* (pluies, températures, etc.).

- Le **total** (pluviométrique) s'obtient dans Excel par la formule: **=somme(b2:m2)**, puis **valider** (*Taper sur entrée*)
- La **moyenne arithmétique** est utilisée pour étudier les régimes (pluies ou T°...) dans les différentes stations. C'est le paramètre fondamental de tendance centrale, représentée ici par la « normale », moyenne calculée sur une série chronologique trentenaire (Norme de l'OMM). Elle s'exprime de la façon suivante $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i)$. La moyenne \bar{X} a permis de caractériser l'état climatique moyen et de calculer les indices de dispersion les plus significatifs : **=moyenne(n2:n31)**, puis **valider** (*Taper sur entrée*)
- Le calcul de l'**écart type** permet d'évaluer la dispersion des valeurs autour de la moyenne « normale ». Il se détermine par le calcul de la racine carrée de la variance : $\partial(x) = \sqrt{V}$ où V est la variance. L'**écart type** est par excellence l'indicateur de la variabilité climatique. Dans Excel, saisir dans la cellule en ligne ou en colonne de l'écart-type cette formule : **=ecartype(n2:n31)**, puis **valider** (*Taper sur entrée*)

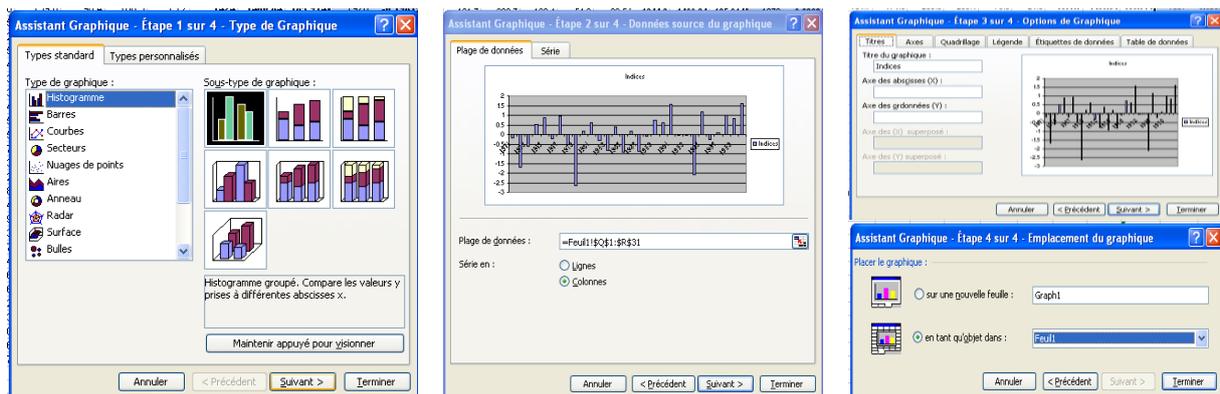
- A partir de l'**écart type**, ont été calculées les anomalies centrées réduites pluviométriques et thermométriques mensuelles et interannuelles, en standardisant les données. Les indices de chaque variable pour une station se calculent par la formule suivante : $x_i = \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma(x)}$ où :

$x_i =$ Anomalie Centrée Réduite pour l'année i , $x_i =$ la valeur de la variable,

$\bar{X} =$ la moyenne de la série et $\sigma(x) =$ l'écart type de la série

☞ Dans Excel, pour réaliser le graphique, voici le canevas :

- sélectionner la colonne des années et celle des indices, comme représentées dans le tableau des données dans Excel ci-dessus : colonnes **Q** et **R** avec une entête de ligne ;
- cliquer sur l'Assistant Graphique
- suivre les instructions de l'Assistant Graphique : veuillez vous référer aux boîtes de dialogue suivantes.



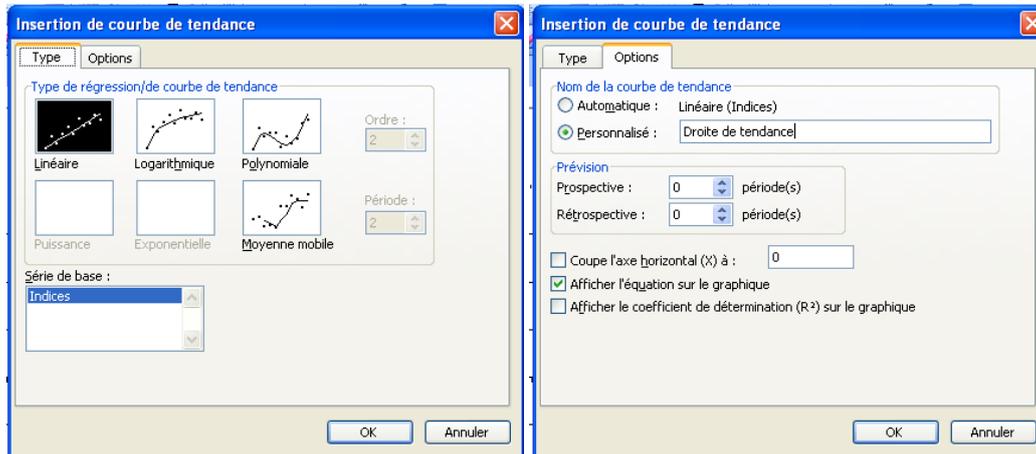
☞ Après avoir choisi l'**emplacement du graphique**, vous procédez à la mise en forme :

- Double-cliquer sur les axes, les titres, dans la zone de traçage et ajuster la taille, attribuer une police et une couleur
- Sélectionner dans Option Graphique du menu déroulant les onglets : légende, titres, quadrillage, Etiquettes des données et Table des données si et seulement si vous voulez y apporter des modifications...
- Personnaliser divers motifs, etc.

☞ Ajouter une **droite de tendance de régression linéaire**, pour cela :

- Sélectionner le graphique dans la zone de travail,
- Cliquer sur Graphique dans le menu déroulant

- Cliquer sur Ajouter une courbe de tendance. Dans la boîte de dialogue « **insertion de la courbe de tendance** » choisir le type de courbe puis personnaliser le nom de la droite de tendance enfin cocher la case « *Afficher l'équation sur le graphique* » et cocher la case « *Afficher le coefficient de détermination (R^2) sur le graphique* » si cela est nécessaire dans la phase d'analyse des résultats.



Produit 2a : Anomalies des précipitations annuelles
(Indices, équation de tendance et coefficient de détermination R^2)

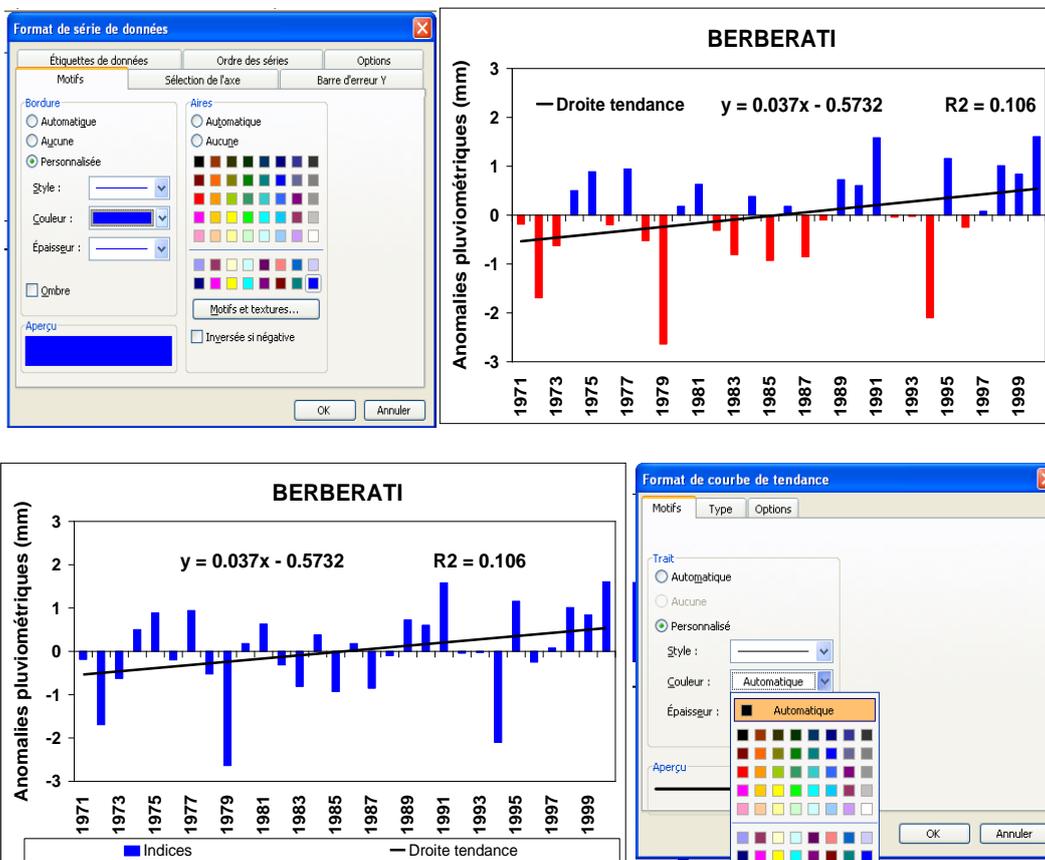


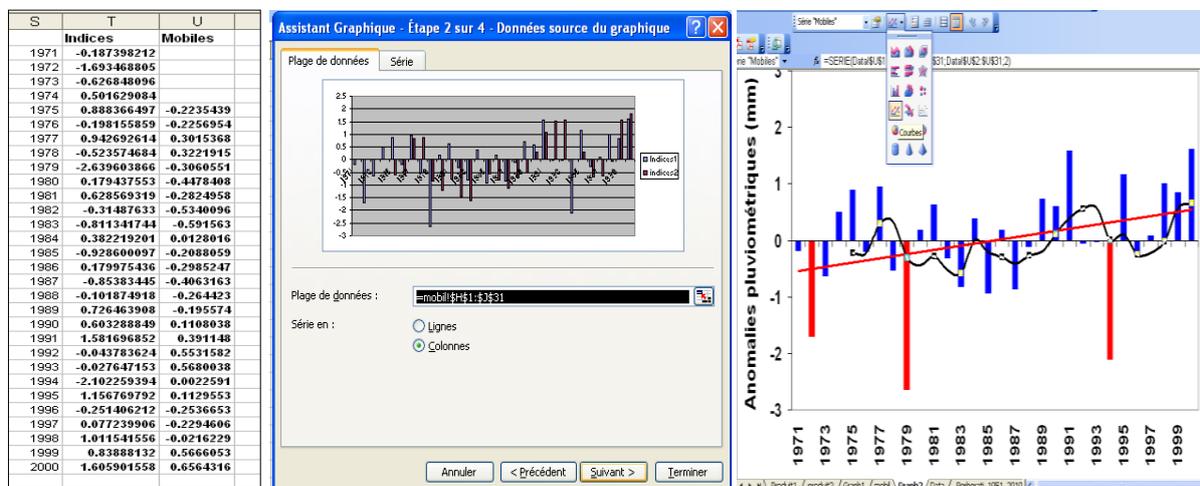
Tableau des données : totaux, moyennes mobiles et cumulés

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totaux	M.mob5	Moy.	cumulés	Etype		
2	1971	0	72.4	127.8	77.5	98	102.9	137.6	165.6	265.3	238	103.7	37.2	1426		1460.84		185.914	19
3	1972	26.5	10.3	112.5	122.7	70.2	68.7	246.8	102.7	145.2	143.2	72.8	24.4	1146		1460.84	2572.00	185.914	19
4	1973	11.1	119.8	140.1	75	176.2	144.6	46.6	131.7	238.7	189.4	54.6	36.5	1344.3		1460.84	3916.30	185.914	19
5	1974	6.6	20.5	64.9	107	138.2	74.3	312.6	139.7	203.1	283.8	156.6	46.8	1554.1		1460.84	5470.40	185.914	19
6	1975	46.9	43.3	134.3	254.8	129.9	148.2	193.2	51.9	150.5	274.9	197.9	0.2	1626	1419.28	1460.84	7096.40	185.914	19
7	1976	38.4	67.9	71.3	118.7	121.5	101.2	256.2	268.8	159.6	98.4	106.3	15.7	1424	1418.88	1460.84	8520.40	185.914	19
8	1977	32.2	54	35.7	93.9	213.3	311.8	81.3	255.5	211	205.8	84.8	56.8	1636.1	1516.90	1460.84	10156.50	185.914	19
9	1978	1	31.8	29.3	131.5	129.5	129.8	167.4	200.2	213.8	218.7	79.3	31.2	1363.5	1520.74	1460.84	11520.00	185.914	19
10	1979	28.6	34.5	31.3	95.4	130	135.6	152.3	178.5	19.7	93.4	58.9	11.9	970.1	1403.94	1460.84	12490.10	185.914	19
11	1980	28.1	4.3	127.1	106.5	183.3	160.8	145.7	147.4	216.8	253.1	93.1	28	1494.2	1377.58	1460.84	13984.30	185.914	19
12	1981	29.6	0	130.3	122.8	183.8	149.6	154.7	174.3	298.8	235.4	73.5	24.9	1577.7	1408.32	1460.84	15562.00	185.914	19
13	1982	39.8	0	135.4	127	167.2	135.9	174.8	200.3	179.8	196.3	45.8	0	1402.3	1361.56	1460.84	16964.30	185.914	19
14	1983	24.8	32.4	79.9	173.5	261.9	84.4	111	225.4	166.3	95.9	34.6	19.9	1310	1350.86	1460.84	18274.30	185.914	19
15	1984	0	37.1	112.5	145.9	130.9	147.8	184.9	287.5	195.5	169.4	103.4	17	1531.9	1463.22	1460.84	19806.20	185.914	19
16	1985	29.3	18.1	112	92.4	196.4	123	105.4	90.5	210.2	238.6	42.2	30.1	1288.2	1422.02	1460.84	21094.40	185.914	19
17	1986	2.1	41.9	273.8	147.7	131	33.4	108.7	118.7	290.1	205.4	134.1	7.4	1494.3	1405.34	1460.84	22588.70	185.914	19
18	1987	0	1.2	81.1	53.3	125.5	214.4	184	191.3	154.1	245.6	37.7	13.9	1302.1	1385.30	1460.84	23890.80	185.914	19
19	1988	2.2	22.9	111.6	105.5	141.6	181.4	165.7	145.2	270	236.9	27.8	31.1	1441.9	1411.68	1460.84	25332.70	185.914	19
20	1989	0	0	63.7	194.6	159.3	138.5	98.7	253.8	294.3	336.9	48.1	8	1595.9	1424.48	1460.84	26928.60	185.914	19
21	1990	21.5	0	97.1	205.1	154.5	86.4	133.4	286.4	230.3	193.9	142.8	21.6	1573	1481.44	1460.84	28501.60	185.914	19
22	1991	0	85	61.9	308.8	198.1	132.3	224.4	182.9	138.9	234.1	171.7	16.8	1754.9	1533.56	1460.84	30256.50	185.914	19
23	1992	0	0	88.6	114.2	103.4	228.4	300.5	108.3	240.7	173.4	79	16.2	1452.7	1563.68	1460.84	31709.20	185.914	19
24	1993	25.3	18.9	33	84.4	196.8	147.2	223.4	284.7	76.3	220.3	121.7	23.7	1457.7	1566.44	1460.84	33164.90	185.914	19
25	1994	35.8	0	49	91.4	225.5	118.6	104	141.4	148	99.2	47	10.1	1670	1461.26	1460.84	34234.90	185.914	19
26	1995	0	2	192.8	74.3	220.2	102.6	203.3	188.6	415	142.6	134.5	0	1675.9	1481.84	1460.84	35910.80	185.914	19
27	1996	12.7	19.7	142.3	66.9	180.2	191.4	182.3	299.6	123.9	130.6	64.5	0	1414.1	1413.68	1460.84	37324.90	185.914	19
28	1997	19.9	0	54.2	184.8	145.5	260.1	35.2	183.2	312.6	244.8	34.2	0.7	1475.2	1418.18	1460.84	38800.10	185.914	19
29	1998	15.8	33	38.5	189	144.9	136.5	197.8	254.3	253.7	219.8	139.8	25.8	1648.9	1456.82	1460.84	40449.00	185.914	19
30	1999	35.8	119.7	45.8	84.7	168.7	289.3	267.1	110	175.7	250.1	42.7	27.2	1616.8	1566.18	1460.84	42065.80	185.914	19
31	2000	6.1	0	0	194.1	249.4	140.4	170.3	207.6	375.8	335.5	80.2	0	1759.4	1582.88	1460.84	43825.20	185.914	20
32	Moy.	17.34	29.69	92.59	131.45	162.50	147.32	168.98	185.87	212.46	206.11	87.11	19.44	1460.84					
33																			
34																			

☞ Calculer les **moyennes mobiles** ou **glissantes** (sur 2, 3 ou 5 ans, etc.) : Il vous suffit de :

- calculer les valeurs de données correspondantes comme illustrées dans le tableau ci-dessous (colonne **O moyenne mobile sur 5 ans**). Sur la colonne, taper dans la cellule de la première valeur (5^e ligne pour 5ans), cette formule: **=moyenne(N2:N6)** et **OK**
Puis tirer vers le bas pour afficher la suite des valeurs correspondantes : Colonne O
- La même procédure est utilisée pour ajouter **la courbe de la moyenne mobile sur les graphes des anomalies standardisées** (voir le tableau et les instructions ci-dessous)

Produit 2b : Anomalies des précipitations annuelles (Indices, équation de tendance et courbe de la moyenne mobile)



3.4.3. Test de significativité de tendance dans XLSTAT

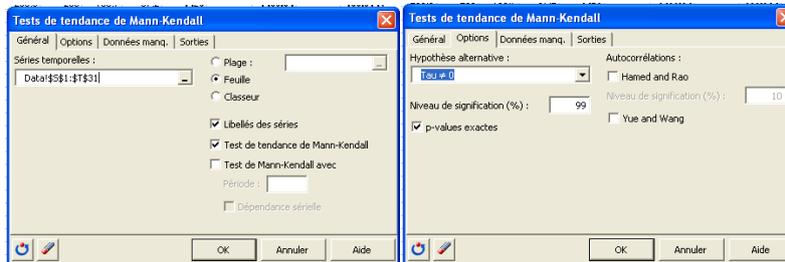
☞ Les tendances sont mises en évidence par une **droite de régression** de type affine : $y = ax + b$; elle est obtenue par le calcul de la pente a qui est un coefficient directeur :

- Si $a > 0$: *tendance vers une augmentation* ;
- Si $a < 0$: *tendance vers une diminution* ;
- Si $a > 0$ ou $a < 0$: l'application du test de **Tendance de significativité** de **Mann-Kendall** et de correction de la pente de *Sen* est nécessaire à l'aide d'une démarche statistique ou d'une application. Dans ce cas précis, nous allons utiliser XLSTAT

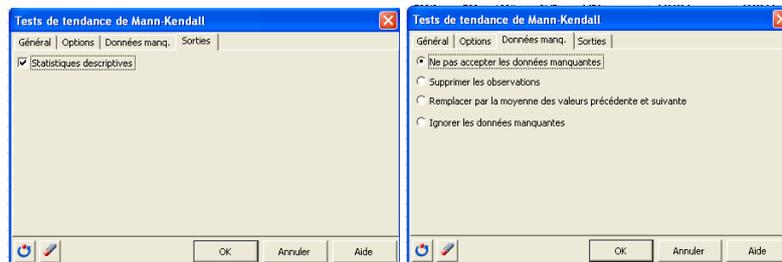


☞ Dans Excel, activer le programme XLSTAT :

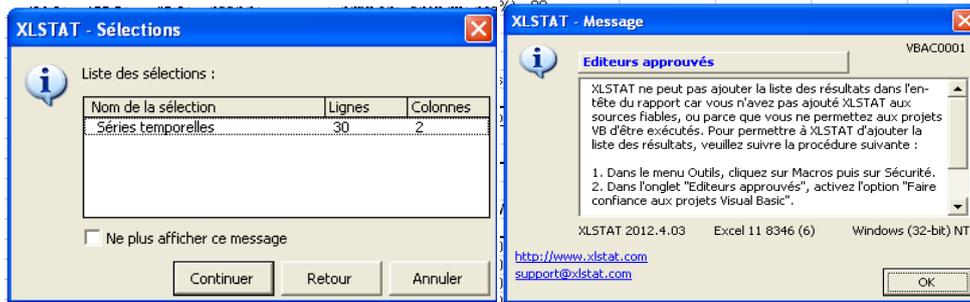
- cliquer sur , l'outil d'application du **Test de tendance de Mann-Kendall** ;
- sélectionner les données correspondant aux séries temporelles des colonnes **S** (pour les années) **T** (pour les indices) du tableau précédent ;
- Cliquer sur différents onglets de la première boîte de dialogue pour régler les préférences :
 - Général (sélectionner les données) ;
 - Options (préciser le % = 99) ;



- Données manquantes (cocher ce qui convient) ;
- Sorties (cocher pour afficher les statistiques descriptives)



- Cliquer sur Ok pour passer à l'étape suivante et **continuer** :



- Valider en cliquant sur OK
- Voici le rapport généré par XLSTAT

XLSTAT 2012.4.03 - Tests de tendance de Mann-Kendall - le 10/18/2012 à 17:32:08

Séries temporelles : Classeur = Berberati_1951-2010.xls / Feuille = Data / Plage = Data!\$\$1:\$T\$31 / 30 lignes et 2 colonnes

Niveau de signification (%) : 99

Statistiques descriptives :

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Série1	30	0	30	1971	2000	1985	8.803
Indices	30	0	30	-2.640	1.606	0.000	1.000

Test de tendance de Mann-Kendall / Test bilatéral (Série1) :

Tau de Kendall	1.000
S	435.000
Var(S)	0.000
p-value (bilatérale)	< 0.0001
alpha	0.99

La p-value est calculée suivant une méthode exacte.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0.99, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0 et retenir l'hypothèse alternative Ha

Interprétation du test :

H0 : Il n'y a pas de tendance dans la série

Ha : Il existe une tendance dans la série

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0.01%.

Pente de Sen : 1

Test de tendance de Mann-Kendall / Test bilatéral (Indices) :

Tau de Kendall	0.246
S	107.000
Var(S)	0.000
p-value (bilatérale)	0.058
alpha	0.99

La p-value est calculée suivant une méthode exacte.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0.99$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_a .

Interprétation du test :

H_0 : Il n'y a pas de tendance dans la série

H_a : Il existe une tendance dans la série

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 5.84%.

Pente de Sen :

0.036

3.4.4. Cumuls pluviométriques et homogénéité

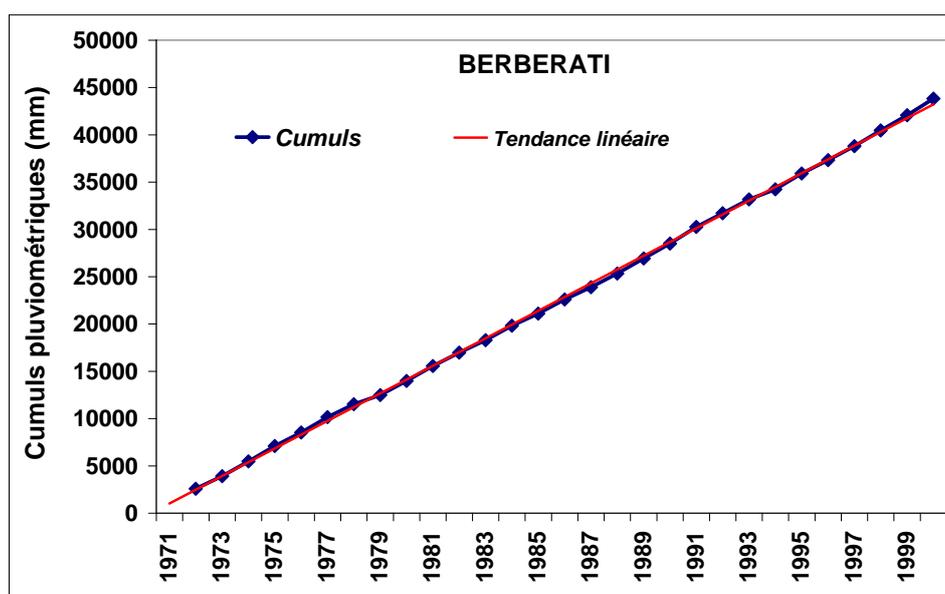
☞ Calculer les **cumuls pluviométriques** : La Colonne Q du tableau ci-dessous contient les données cumulées. Pour calculer, taper dans la cellule de la première valeur (2^e ligne), cette formule: **=somme(N2+N3)** et **OK**, puis dans la cellule suivante (3^e ligne) de la même colonne Q, taper cette formule **=somme(Q3+N4)** enfin tirer vers le bas pour afficher la suite des valeurs correspondantes. (Cf. Colonne Q). Celles-ci permettent, par exemple de faire l'homogénéisation :

- Sélectionner les deux colonnes Q pour les années et R pour les cumuls pluviométriques (tableau ci-dessous),
- Cliquer sur Assistant Graphique puis choisir « Courbes »,
- Suivre les instructions de l'étape 1 à 4 des boîtes de dialogue.

Q	R
	cumuls
1971	
1972	2572.00
1973	3916.30
1974	5470.40
1975	7096.40
1976	8520.40
1977	10156.50
1978	11520.00
1979	12490.10
1980	13984.30
1981	15562.00
1982	16964.30
1983	18274.30
1984	19806.20
1985	21094.40
1986	22588.70
1987	23890.80
1988	25332.70
1989	26928.60
1990	28501.60
1991	30256.50
1992	31709.20
1993	33164.90
1994	34234.90
1995	35910.80
1996	37324.90
1997	38800.10
1998	40449.00
1999	42065.80
2000	43825.20

- Choisir l'emplacement et cliquer sur « **Terminer** »,
- Appliquer la mise en forme (Cf. Procédure élaborées pour les résultats précédents).
- Exporter le produit (sélectionner le cadre, copier et coller).

Produit 3 : Homogénéisation (Cumuls et droite de tendance)



3.4.5. Variabilité interannuelle et tendance thermométriques

Tableau des données : années, minima, maxima, écart-type, indices et tendance

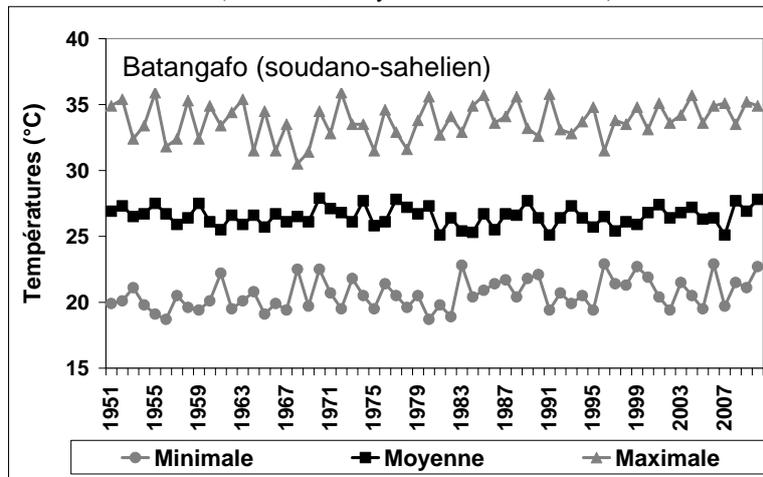
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	T°C n	T°C moy	T°C X				T°C annuelle	Moyenne	Ecartype		Indices	Tendance
2	1951	19.9	26.9	34.9		1951	25.30956	25.3833333	0.16601001	1951	-0.44439088	
3	1952	20.1	27.3	35.4		1952	25.33698	25.3833333	0.16601001	1952	-0.27922012	
4	1953	21.1	26.5	32.4		1953	25.27598	25.3833333	0.16601001	1953	-0.64666785	
5	1954	19.8	26.7	33.4		1954	25.34258	25.3833333	0.16601001	1954	-0.24548721	
6	1955	19.1	27.5	35.9		1955	25.286598	25.3833333	0.16601001	1955	-0.58270785	-0.43969478
7	1956	18.7	26.7	31.8		1956	25.37986523	25.3833333	0.16601001	1956	-0.02089093	-0.35499479
8	1957	20.5	25.9	32.4		1957	25.36985	25.3833333	0.16601001	1957	-0.08122	-0.31539477
9	1958	19.6	26.4	35.3		1958	25.35896523	25.3833333	0.16601001	1958	-0.14678696	-0.21541859
10	1959	19.4	27.5	32.4		1959	25.369587	25.3833333	0.16601001	1959	-0.08280425	-0.182882
11	1960	20.1	26.1	34.9		1960	25.389562	25.3833333	0.16601001	1960	0.03751983	-0.05883646
12	1961	22.2	25.5	33.4		1961	25.396231	25.3833333	0.16601001	1961	0.0776921	-0.03911985
13	1962	19.5	26.6	34.4		1962	25.41623	25.3833333	0.16601001	1962	0.19816075	0.0167563
14	1963	20.1	25.9	35.4		1963	25.426598	25.3833333	0.16601001	1963	0.26061481	0.09823665
15	1964	20.8	26.6	31.5		1964	25.333254	25.3833333	0.16601001	1964	-0.30166455	0.05446459
16	1965	19.1	25.7	34.5		1965	25.3895623	25.3833333	0.16601001	1965	0.03752163	0.05446495
17	1966	19.9	26.7	31.5		1966	25.296478	25.3833333	0.16601001	1966	-0.52319336	-0.06571214
18	1967	19.4	26.1	33.5		1967	25.406236	25.3833333	0.16601001	1967	0.13795956	-0.07775238
19	1968	22.5	26.5	30.5		1968	25.44623845	25.3833333	0.16601001	1968	0.37892365	-0.05409061
20	1969	19.7	26.1	31.4		1969	25.4562358	25.3833333	0.16601001	1969	0.43914502	0.0940713
21	1970	22.5	27.9	34.5		1970	25.39	25.3833333	0.16601001	1970	0.04015822	0.09459862
22	1971	20.7	27.1	32.8		1971	25.47	25.3833333	0.16601001	1971	0.52205689	0.30364867
23	1972	19.5	26.8	35.9		1972	25.1895623	25.3833333	0.16601001	1972	-1.16722503	0.04261175
24	1973	21.8	26.1	33.5		1973	25.245896	25.3833333	0.16601001	1973	-0.82788584	-0.19875015
25	1974	20.5	27.7	33.5		1974	25.298564	25.3833333	0.16601001	1974	-0.51062786	-0.38870472

Après avoir sélectionné les données du tableau ci-dessus en ce qui concerne les colonnes

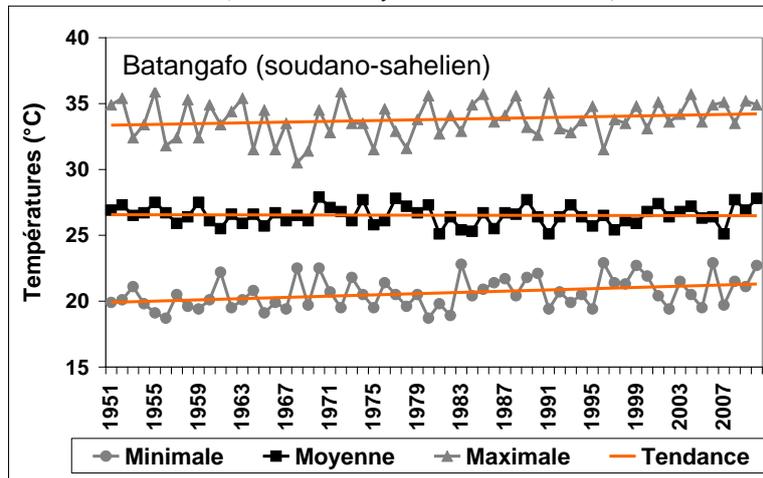
A, B, C et D ; dans Assistant Graphique  :

- cliquer sur l'onglet « **Courbes** » ;
- suivre les consignes, à l'étape 3/4, vous pouvez ajouter les *Titres*, renommer les *Axes*, ajouter ou supprimer le *Quadrillage*, placer la *Légende*, définir les *étiquettes des données*, enfin insérer ou la *Table des données*.
- Choisir à l'étape 4/4 l'emplacement du graphique puis cliquer sur **Terminer**
- Puis appliquer la mise en forme et exporter (copier/coller) le graphique.

Produit 4a : Variabilité interannuelle des températures
(minima, moyennes et maxima)



Produit 4b : Variabilité et tendance des températures
(minima, moyennes et maxima)



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	T°C n	T°C moy	T°C x				T°C annuelle	Moyenne	Ecartype	Indices	Tendance	
2	1951	19.9	26.9	34.9		1951	25.30956	25.3833333	0.16601001	1951	-0.44439088	
3	1952	20.1	27.3	35.4		1952	25.33698	25.3833333	0.16601001	1952	-0.27922012	
4	1953	21.1	26.5	32.4		1953	25.27598	25.3833333	0.16601001	1953	-0.64666785	
5	1954	19.8	26.7	33.4		1954	25.34258	25.3833333	0.16601001	1954	-0.24548721	
6	1955	19.1	27.5	35.9		1955	25.286598	25.3833333	0.16601001	1955	-0.58270785	-0.43969478
7	1956	18.7	26.7	31.8		1956	25.37986523	25.3833333	0.16601001	1956	-0.02089093	-0.35499479
8	1957	20.5	25.9	32.4		1957	25.36985	25.3833333	0.16601001	1957	-0.08122	-0.31539477
9	1958	19.6	26.4	35.3		1958	25.35896523	25.3833333	0.16601001	1958	-0.14678696	-0.21541859
10	1959	19.4	27.5	32.4		1959	25.369587	25.3833333	0.16601001	1959	-0.08280425	-0.182882
11	1960	20.1	26.1	34.9		1960	25.389562	25.3833333	0.16601001	1960	0.03751983	-0.05883646
12	1961	22.2	25.5	33.4		1961	25.396231	25.3833333	0.16601001	1961	0.0776921	-0.03911985
13	1962	19.5	26.6	34.4		1962	25.41623	25.3833333	0.16601001	1962	0.19816075	0.0167563
14	1963	20.1	25.9	35.4		1963	25.426598	25.3833333	0.16601001	1963	0.26061481	0.09823665
15	1964	20.8	26.6	31.5		1964	25.333254	25.3833333	0.16601001	1964	-0.30166455	0.05446459
16	1965	19.1	25.7	34.5		1965	25.3895623	25.3833333	0.16601001	1965	0.03752163	0.05446495
17	1966	19.9	26.7	31.5		1966	25.296478	25.3833333	0.16601001	1966	-0.52319336	-0.06571214
18	1967	19.4	26.1	33.5		1967	25.406236	25.3833333	0.16601001	1967	0.13795956	-0.0775238
19	1968	22.5	26.5	30.5		1968	25.44623845	25.3833333	0.16601001	1968	0.37892365	-0.05409061
20	1969	19.7	26.1	31.4		1969	25.4562358	25.3833333	0.16601001	1969	0.43914502	0.0940713
21	1970	22.5	27.9	34.5		1970	25.39	25.3833333	0.16601001	1970	0.04015822	0.09459862
22	1971	20.7	27.1	32.8		1971	25.47	25.3833333	0.16601001	1971	0.52205689	0.30364867
23	1972	19.5	26.8	35.9		1972	25.1895623	25.3833333	0.16601001	1972	-1.16722503	0.04261175
24	1973	21.8	26.1	33.5		1973	25.245896	25.3833333	0.16601001	1973	-0.82788584	-0.19875015
25	1974	20.5	27.7	33.5		1974	25.298564	25.3833333	0.16601001	1974	-0.51062786	-0.38870472

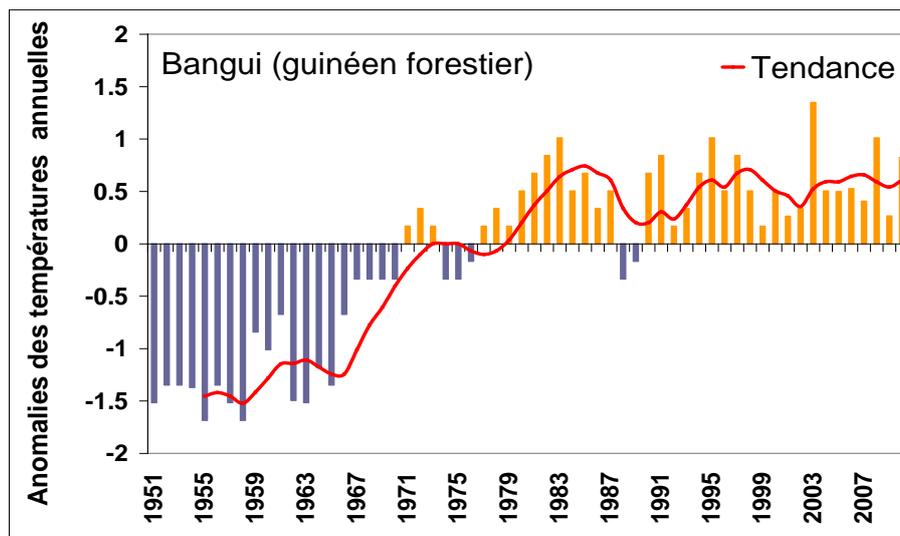
Après avoir sélectionné les données du tableau ci-dessus en ce qui concerne les colonnes J, K et L; dans Assistant Graphique :

- cliquer sur l'onglet « **Histogramme** » ;

- suivre les consignes, à l'étape 3/4, vous pouvez ajouter les *Titres*, renommer les *Axes*, ajouter ou supprimer le *Quadrillage*, placer la *Légende*, définir les *étiquettes des données*, enfin insérer ou la *Table des données*.
- Choisir à l'étape 4/4 l'emplacement du graphique puis cliquer sur **Terminer**
- Puis appliquer la mise en forme.
- Pointer et double-cliquer sur les graphes de valeurs glissantes pour les transformer en « Courbes » : sélectionner l'outil de transformation dans le panel
- exporter (copier/coller) le graphique.



Produit 4c : Tendence thermométrique



3.4.6. Analyse en composantes principales (ACP)

Tableau contenant les données de précipitations annuelles de 16 stations de 1951 à 2010

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
4		Batanga	Bangui	Bambar	Berbérât	Bossang	Méigan	Bouca	Carnot	Bozoum	Boukoko	Bouar	Bossemé	Nola	Ndélé	Yaloké	Yokadou
5	1951	1397	1705.9	1547.2	1786.3	1327.9	1647	1344.9	1312.15	1287.3	1707.6	1593.4	1803.2	1521.3	1372.8	1431	1572
6	1952	1329.1	1755.1	1454.4	1746.1	1678.8	1932	1386.4	1648.22	1256.2	1638.5	1739.5	1494.1	1900.7	1213.5	1248.3	1905
7	1953	1046.4	1369.9	1011.8	1379.2	1406.5	1586	1416.2	1588	1657.5	1673.2	1431.2	1460.4	1629.5	1475.8	1449.9	1577
8	1954	1184.5	1478.9	1391	1486.6	1494.8	1657	1231.7	1582.5	1252.7	1743.5	1617.1	1797.4	1861.2	1163.9	1486.2	1658
9	1955	1758.5	1503.9	1434.4	1764.5	1760	1405	1376.3	1277.65	1451.1	1824.4	2130.1	2071.6	1704.3	1226	1463.5	1823
10	1956	1619.9	1406.9	1198.2	1600.2	1637.1	1510	1651	1369.85	1500.5	1708.9	1377.9	1868.9	1547	1193.8	1040.1	1764
11	1957	1557.7	1511.4	1186.1	1893.1	1790.9	1664	1455.2	1630.65	1237.3	1589.8	1538.6	1657.1	1537.2	1433.5	1010.8	1859
12	1958	1437.2	1450.9	1180.8	1628.3	1307.5	1574	1420.3	1619.7	1236.4	1591.4	1441.4	1451.9	1669.9	1144.9	1086	1518
13	1959	1171.8	1441.5	1712.2	1486.3	1639.6	1864	1157.5	1397	1270.5	1495.5	1697.7	1718	1516.6	1270.7	1424.5	1937
14	1960	1285.6	1421.9	1565.8	1531.7	1451.4	1559	1302.3	1701.2	1654.1	1702.4	1624.6	1831.3	1353	1317.4	1582.4	1861
15	1961	1374.3	1727.7	2133.6	1541.9	1510.6	1748	1407.7	1476	1382.3	1488.3	1612.7	1724.4	1596.5	1436.5	1159.6	1530
16	1962	1525.7	1243.2	1731.6	1529.8	1872.6	1576	1592	1384	1258.3	1494	1807.8	1425.4	1520.7	1488.8	1624.1	1817
17	1963	1376.8	1249.3	1623.8	1492.9	1351.9	1602	1766.2	1225.4	1348.2	1719.5	1454.6	1552.2	1331.6	1386.8	1627.9	1682
18	1964	1232.6	1738.4	1334	1233.9	1363.6	1683	1565.9	1461.7	1222.8	2124.1	1497.8	1807.8	2006.6	1424.5	1497.6	1494
19	1965	1343.6	1790.8	1248.2	1434	1321.3	1703	1622.1	1030.8	1502.6	1718.9	1302.5	1831.9	1275	1203	1460.5	1648
20	1966	1238.3	1852	1383.1	1886.9	1527.8	1737	1361.6	1595.1	1318.5	1539	1715.9	1964.8	1577.9	1244.8	1435	2135
21	1967	1321.6	1434.2	1232.2	1714.9	1495.8	1876	1417.7	1414.9	1371.8	1466.4	1534.8	1710.3	1612	1087.7	1189.5	1476
22	1968	1305.3	1616	1532.6	1223.8	1625.8	1639	1160.2	1572	1418	1619.5	1506.2	1628.3	2030.3	979	1493.7	1709
23	1969	1025	1232.4	1875.9	1556.7	1403.6	2075	1485.4	986.1	1069.6	1929.2	1591.7	1648.2	1694	989	1060.3	2007
24	1970	1230.5	1398.8	1556.4	1426.3	1462	1073	1126	1433.9	1104.2	1734.1	1264.5	1507.6	1678.2	1139.3	1262.4	1957
25	1971	1167.5	1372.9	1268.2	1426	1386.1	1408	1204.7	1099.6	1074.4	1289.8	1135	1253.3	1889.8	1160.3	1178.5	1794
26	1972	1256	1324.5	1334	1146	1508.2	1361	1020.5	1120	1119	1354.6	1411.6	1503.5	1659.6	1150.4	1215.1	1587
27	1973	1120	1437.4	1206.1	1244.3	1192.2	1577	1139.1	1138.1	1063.5	1520.6	1397.3	1303	1539.4	1008.5	1131.6	1591
28	1974	1309.1	1384	1667.8	1554.1	1514.6	1482	1120	1658.4	1053.3	1326.4	1336	1449.3	1478.7	1185.4	1142.4	1180
29	1975	1201	1695.1	1741.6	1626	1328.8	1525	1385.6	1487.75	1260.5	1495.1	1564.9	1275.4	1577	1162.1	1582.1	1416
30	1976	1211.5	1715.9	1553.1	1424	1365.4	1567	1119	1695.8	1402.6	1442.9	1335.7	1598.2	1908.4	1235.3	1626.9	1232
31	1977	1320.2	1828.6	1517.1	1636.1	1216.8	1452	1303.2	1101.6	1056.6	1622.4	1297.3	1526.5	1843.7	1022.8	1245.1	1334
32	1978	1124.5	1576.7	1428.7	1263.5	1659.1	1616	1097.1	1527.6	1086.4	1429.1	1639	1273.3	1183.4	1183.6	1182.7	1417
33	1979	1230	1602.8	1611.2	1079	1189.1	1558	1194	1291.3	1168.7	1697.4	1395.3	1617.9	1335.6	1075.3	1123	1539

Dans Excel, activez le programme XLSTAT :

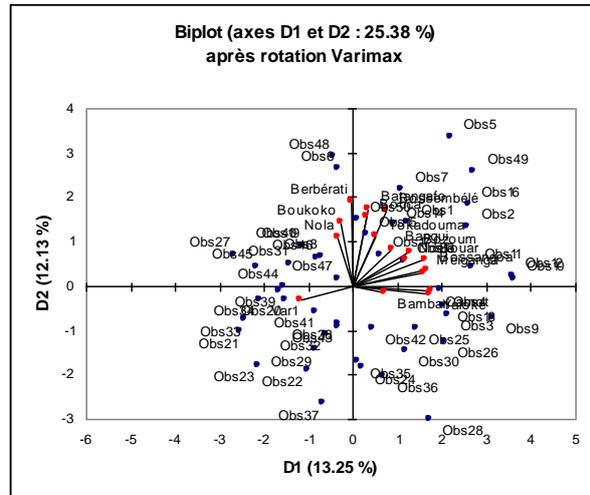
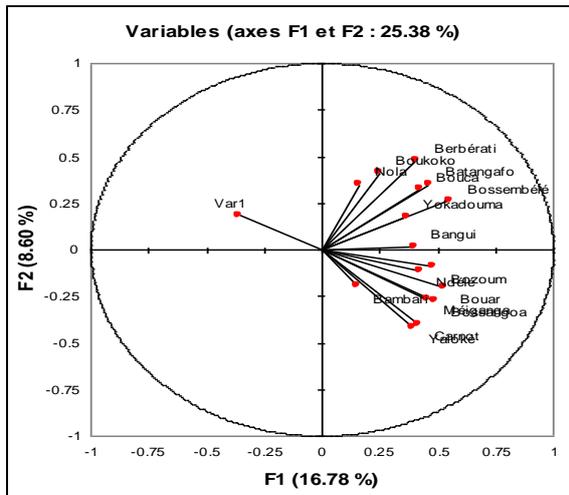


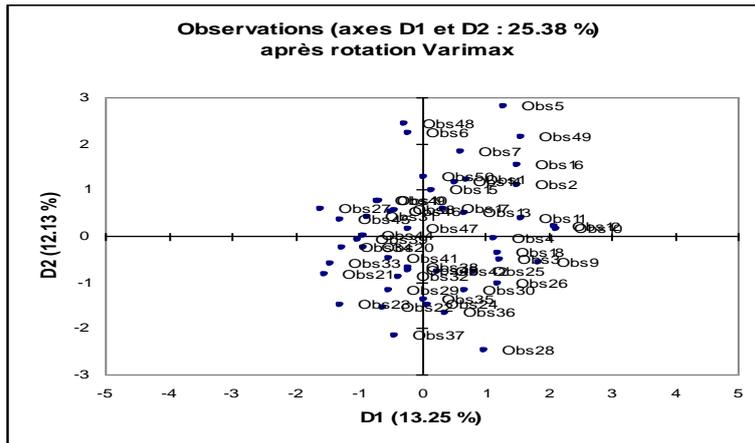
- cliquer sur (Analyse des données), puis (Analyse en Composantes Principales)
- sélectionner les données correspondant aux séries temporelles des colonnes comme présentées dans le tableau ci-dessus
- Cliquer sur les onglets de la première boîte de dialogue pour régler les préférences :



- Valider en cliquant sur OK
- Voici le rapport généré par XLSTAT

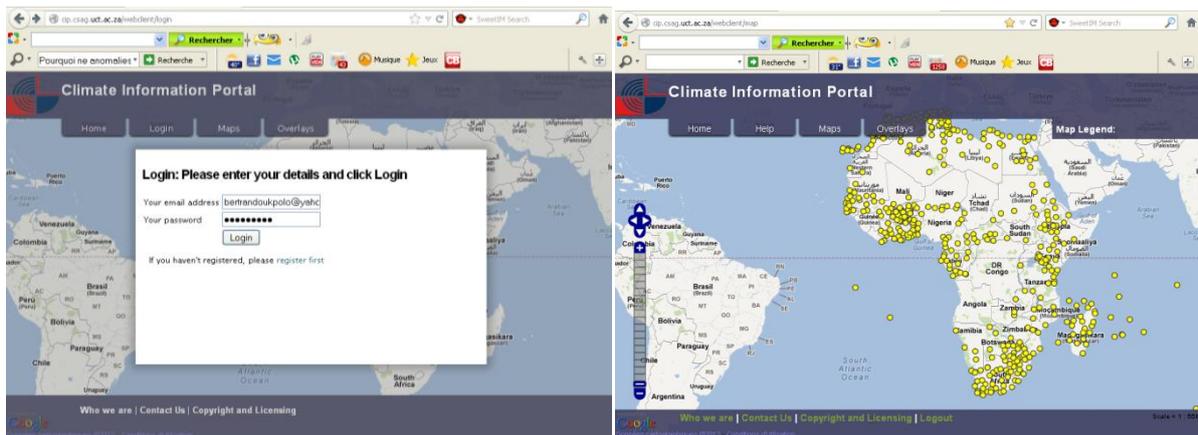
Le résultat apparaît dans une nouvelle feuille sur le même classeur



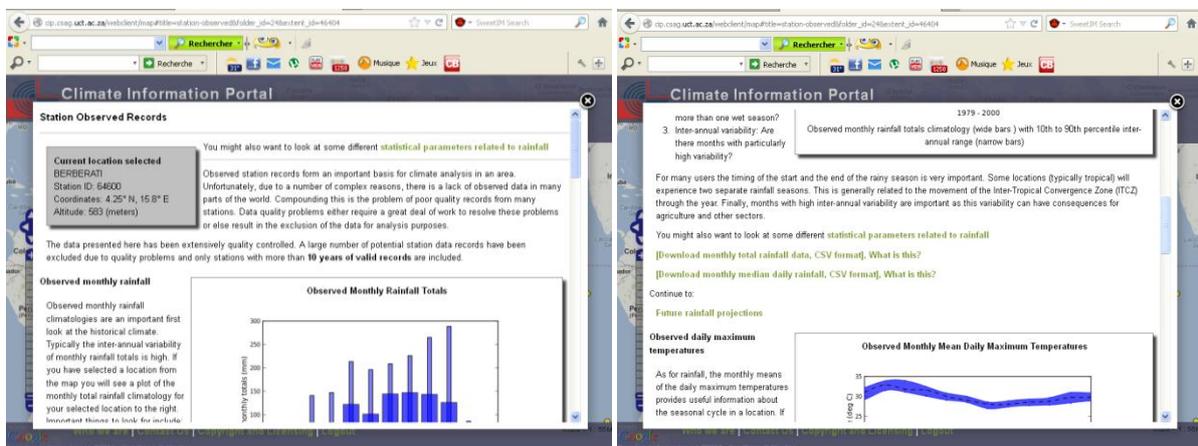


3.4.7. Téléchargement des données de simulation et de projection

☞ Connectez-vous au site <http://cip.csag.uct.ac.za> par un login : email et mot de passe valides, puis accédez aux cartes géoréférencées du globe, zoomer sur l’Afrique et le pays concerné. Les stations sont localisées par des « *petits cercles jaunes* » sur la carte.



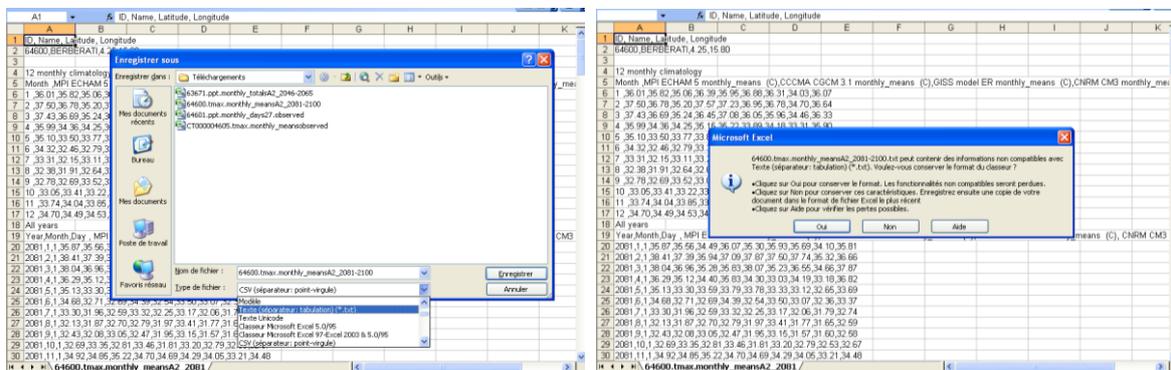
☞ Cliquez sur un petit cercle, le lien vous redirigera vers l’identification (ID) et les coordonnées géographiques de la station. C’est là que vous trouverez des liens pour le téléchargement des données de simulation et de projection.



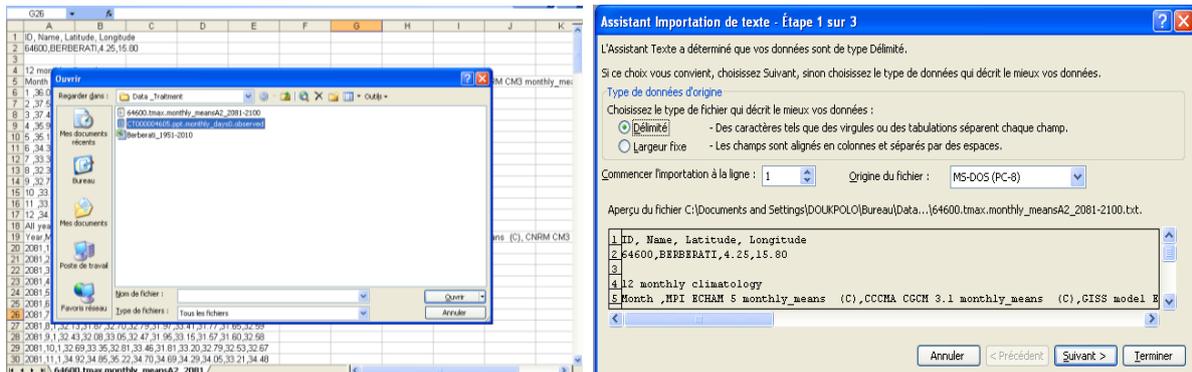
Vous pouvez télécharger les fichiers de données contenant toutes les données utilisées pour faire les différents traitements et analyses. Ces fichiers de données peuvent être chargés par la plupart des logiciels de tableur, y compris Excel et Open Office tout en étant facile à lire par un logiciel personnalisé tel que R, Python ou Matlab. Les projections pour les simulations du 20ème siècle ainsi que les deux scénarios SRES (A2 et B1) sont disponibles et à la fois sur la période de 2046-2065 et un futur lointain de 2081-2100. Vous pourrez tout de même compléter la longueur de série ou des données manquantes par d'autres sources en ligne.

☞ Créez un répertoire pour organiser les données dans les dossiers et sous-dossiers, par station, variables climatiques et selon les scénarios. Chaque donnée est fournie en extension .csv et nécessite un pré traitement pour le rendre un format facilement utilisable. Voici un exemple :

☞ Ouvrez le fichier téléchargé sur le site. Enregistrez-le sous, tout en spécifiant le type de fichier « **Texte (séparateur: tabulation) (*.txt)** », cliquez sur **oui** pour valider (illustrés ci-dessous).



☞ Dans Excel, ouvrez à nouveau le fichier téléchargé **en format .txt** ; suivez la procédure...



☞ L'étape 2/3, cocher « **Espace** » et « **Virgule** ». L'étape 3/3, cliquer sur « **Terminer** ».

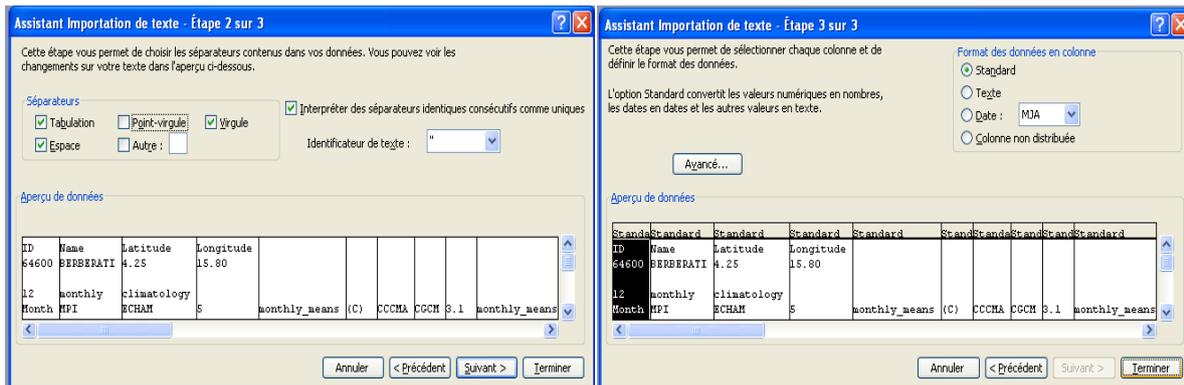


Tableau des données en format .xls utilisables

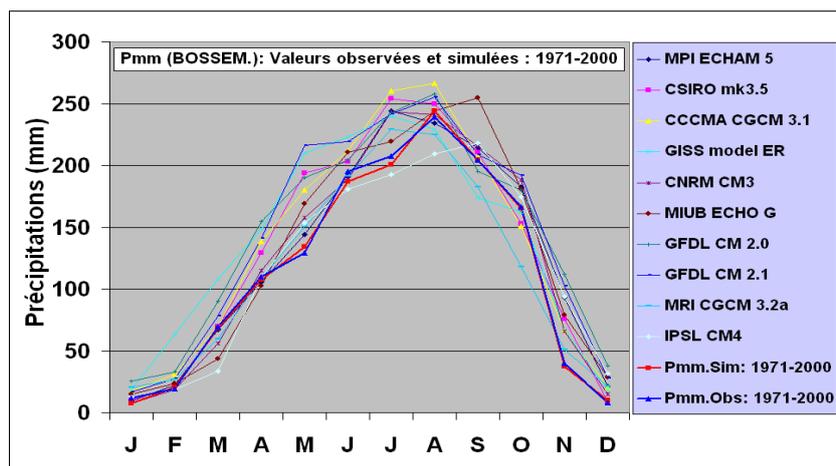
ID	Name	Latitude	Longitude												
64600	BERBERATI	4.25	15.80												
12	monthly climatology														
Month	MPI	ECHAM	5	monthly_means (C)	CCCMA	CGCM	3.1	monthly_means							
1	1	1	1	35.06	36.88	36.31	34.03	36.07							
2	2	2	2	37.5	37.23	36.95	34.7	36.64							
3	3	3	3	37.43	36.69	36.45	34.46	36.33							
4	4	4	4	35.99	34.36	34.25	34.16	36.9							
5	5	5	5	35.1	33.5	33.77	33.88	34.17							
6	6	6	6	34.32	32.46	32.79	33.36	33.69							
7	7	7	7	33.31	32.15	33.11	33.25	33.38							
8	8	8	8	32.38	31.91	32.64	32.67	33.24							
9	9	9	9	32.78	32.69	33.52	33.3	33.4							
10	10	10	10	33.05	33.41	33.22	33.15	33.61							
11	11	11	11	33.74	34.04	33.85	33.84	34.01							
12	12	12	12	34.7	34.49	34.53	34.89	35.33							
19	All Year	years Month	Day	MPI	ECHAM	5	monthly_means (C)	CCCMA	CGCM						
20	2081	1	1	35.87	35.56	34.49	36.07	35.3	35.93	35.69					
21	2081	2	1	38.41	37.39	35.94	37.09	37.87	37.5	37.74					
22	2081	3	1	38.04	36.96	35.28	35.83	38.07	36.23	36.55					
23	2081	4	1	36.29	35.12	34.4	35.83	34.3	33.03	34.19					
24	2081	5	1	35.13	33.3	33.59	33.79	33.78	33.33	33.12					
25	2081	6	1	34.68	32.71	32.69	34.39	32.54	33.5	33.07					
26	2081	7	1	33.3	31.96	32.59	33.32	32.25	33.17	32.06					
27	2081	8	1	32.13	31.87	32.7	32.79	31.97	33.41	31.77					
28	2081	9	1	32.43	32.08	33.05	32.47	31.95	33.15	31.57					
29	2081	10	1	32.69	33.35	32.81	33.45	31.81	33.2	32.79					
30	2081	11	1	34.92	34.85	35.22	34.7	34.69	34.29	34.05					

3.4.8. Traitement des données d'observation et de simulation (MCG)

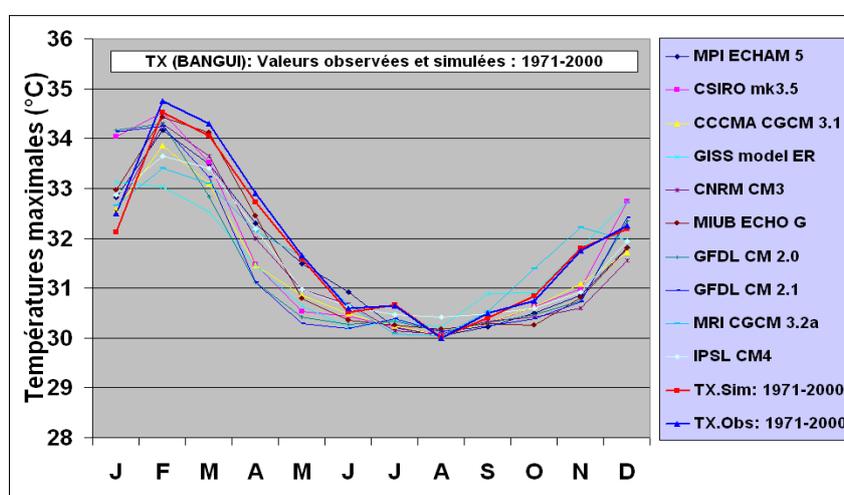
Exemple d'un tableau : moyennes mensuelles simulées, observées et des MCG

ID	Name	Latitude	Longitude												
64650	BANGUI	4.4	18.52												
Moyennes mensuelles de chacun des modèles globaux 1971-2000															
5	MPI	ECHAM	5	monthly (mm)	CSIRO	mk3.5	monthly (mm)	CCCMA	CGCM						
6	J	14.73	14.51	34.18	28.92	14.37	23	24.76	27.12	33.12	15.57	23.03	12.67	15.23	
7	F	23.85	23.54	36.54	64.93	32.95	30.22	45.57	40.83	36.65	23.87	35.90	13.54	26.23	
8	M	72.57	84.66	88.26	104.51	65.16	52.96	100.82	88.62	77.14	49.44	78.41	69.88	96.39	
9	A	104.14	139.97	142.66	147.76	111.94	114.08	144.96	145.02	114.47	117.46	128.25	82.9	120.82	
10	M	132.88	180.87	164.87	168.51	155.25	153.68	181.53	177.27	135.47	155.81	160.61	114.26	154.61	
11	J	163.36	194.23	166.19	185.91	171.98	177.84	187.78	180.9	174.35	196.19	179.87	120.39	158.70	
12	J	208.44	209.82	175.52	179.03	197.43	173.6	172.79	190.16	198.27	177.16	188.22	140.98	199.90	
13	A	201.16	206.96	208.39	170.25	223.43	207.71	187.39	189.11	195.82	171.97	196.22	134.93	211.55	
14	S	181.05	188.72	169.24	164.51	175.23	208.97	178.14	169.18	172.12	207.41	181.46	144.19	206.87	
15	O	179.25	164.74	160.84	167.31	177.07	158.01	189.84	181.79	170.53	170.84	172.07	129.63	183.53	
16	N	101.46	93.22	88.64	99.37	90.31	99.56	138.46	128.49	72.74	102.94	101.52	43.21	77.67	
17	D	37.21	20.15	37.02	35.06	24.84	50.31	55.46	59.38	34.33	48.83	40.26	17.83	24.29	
19	All	years	Day	MPI	ECHAM	5	monthly (mm)	CSIRO	mk3.5	monthly (mm)	CCCMA	CGCM			
20	1961	1	1	3.84	12.79	42.07	38.59	7.4	37.8	9.69	37.91	156.49	30.19	58.63	
21	1961	2	1	85.49	23.04	58.35	40.26	13.23	108.69	119.52	43.61	91.47	58.63		
22	1961	3	1	67.22	66.79	97.64	111.05	97.19	100.55	149.9	177.99	83.57	40.65		
23	1961	4	1	111.52	139.53	170.77	173.26	137.93	107.96	160.04	155.64	108.11	122.52		
24	1961	5	1	213.94	346.64	255.22	237.78	220.01	397.52	283.32	306.28	241.74	358.71		
25	1961	6	1	84.72	161.59	85.32	78.8	76.08	70.9	152.87	153.31	97.45	186.18		
26	1961	7	1	170.86	153.32	194.07	184.45	211.04	140.4	141.17	164.53	177.19	128.54		
27	1961	8	1	129.55	139.97	143.37	123.66	183.33	158.06	101.17	148.13	113.57	131.41		
28	1961	9	1	176.62	237.32	160.75	215.64	219.74	188.26	160.34	158.87	185.33	180.35		
29	1961	10	1	124.67	113.31	166.35	188.13	194.29	89.2	145.64	130.79	127.18	112.17		
30	1961	11	1	208.44	226.46	226.66	142.3	165.54	122.3	268.83	205.96	29.19	119.13		

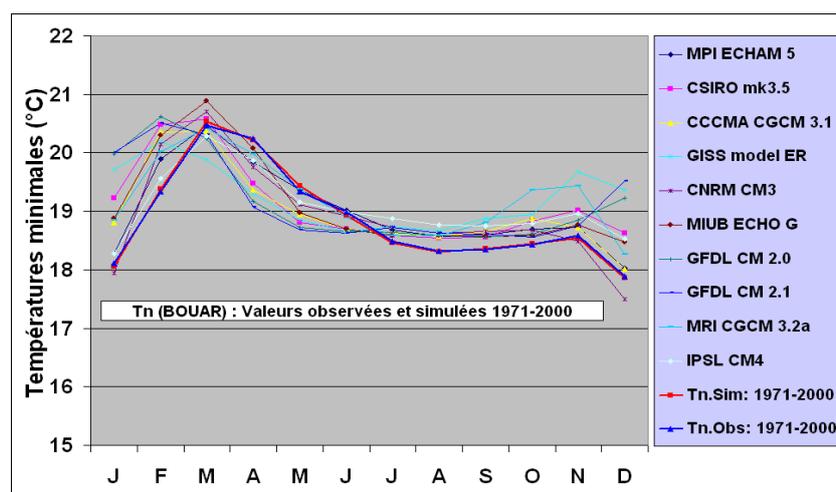
Moyennes mensuelles simulées, observées et des MCG des précipitations



☞ Moyennes mensuelles simulées, observées et des MCG des Températures (X)



☞ Moyennes mensuelles simulées, observées et des MCG des Températures (n)



☞ Le CMIP3 n'a pas produit les données de températures moyennes simulées et projetées. Pour cela vous devrez dans Excel : effectuer les opérations en appliquant la

formule : _____ sachant que les données des T^on et T^oX sont disponibles en valeurs simulées, en valeurs projetées et par scénarios.

3.4.9. Corrélation entre les pluies annuelles observées et simulées

Dans Excel, activez le programme XLSTAT :



- cliquer sur (Modélisation des données), puis (Régression linéaire)
- sélectionner les données correspondant aux séries temporelles des colonnes comme présentées dans le tableau ci-dessous

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1		Bambari		Bangui		Berberati		Bossembélé		Bossangoa		Ndélé		Bouar	
2		Pluies observées	Pluies simulées	Pluies observées	Pluies simulées	Pluies observées	Pluies simulées	Pluies observées	Pluies simulées	Pluies observées	Pluies simulées	Pluies observées	Pluies simulées	Pluies observées	Pluies simulées
3	1971	1268.2	1241.2	1372.9	1072.9	1626	1526	1386	1230.0	1386	1268.9	1160.3	1168.9	1425	1379.9
4	1972	1334	1304.0	1324.5	1224.5	1646	1590	1508	1425.0	1508	1534.6	1150.4	1134.6	1411.6	1410.2
5	1973	1206.1	1175.1	1437.4	1537.4	1344.3	1244.3	1192	1136.0	1192	1104.4	1008.5	1004.4	1397.3	1230.3
6	1974	1467.8	1407.8	1384	1484	1546.1	1454.1	1515	1401.0	1515	1363.9	1185.4	1063.9	1336	1304.0
7	1975	1541.6	1501.6	1695.1	1795.1	1626	1526	1329	1488.4	1329	1099.5	1162.1	1103.5	1564.9	1478.4
8	1976	1553.1	1503.1	1715.9	1615.9	1724	1684	1365	1402.0	1365	1375.9	1235.3	1075.9	1335.7	1233.0
9	1977	1517.1	1417.1	1828.6	1800.6	1636.1	1536.1	1217	1206.2	1217	1181.2	1022.8	1031.2	1297.3	1298.8
10	1978	1428.7	1388.7	1576.7	1500.7	1463.5	1363.5	1659	1522.0	1659	1322.6	1183.6	1122.6	1739	1787.5
11	1979	1611.2	1511.2	1602.8	1502.8	1670.1	1570.1	1089	1077.4	1089	1269.4	1075.3	1169.4	1395.3	1315.4
12	1980	1605.2	1505.2	1277.1	1377.1	1694.2	1594.2	1290	1248.8	1290	1042.3	1029	1042.3	1559.6	1524.0
13	1981	1564.3	1564.3	1526.4	1626.4	1577.7	1477.7	1173	1121.5	1173	1089.5	1235.2	1189.5	1202.8	1278.4
14	1982	1700.4	1704.4	1361.6	1161.6	1502.3	1402.3	1202	1229.0	1202	1264.3	955.4	1264.3	1555.8	1508.5
15	1983	1010.1	1010.1	1417.9	1317.9	1310	1410	1268	1263.0	1268	1008.4	1114.4	1108.4	1384.6	1370.0
16	1984	1445.1	1445.1	1383.9	1300.9	1531.9	1431.9	1312	1398.5	1312	1121.6	862.8	862.6	1458.2	1452.0
17	1985	1611.3	1511.3	1439.7	1539.7	1588.2	1388.2	1199	1139.5	1199	1123.9	1203.9	1123.9	1397.4	1293.0
18	1986	1333.5	1300.5	1235.5	1135.5	1494.3	1466.3	1201	1232.5	1201	1149.8	977.1	900.7	1570.1	1515.2
19	1987	1293.6	1203.6	1555.3	1444.3	1502.1	1402.1	1259	1290.4	1259	1220.9	921.6	875.9	1234.7	1281.5
20	1988	1285.3	1200.3	1630.2	1530.2	1441.9	1341.9	1444	1444.2	1444	1302.6	1060.8	1002.6	1352.4	1370.9
21	1989	1584	1504.0	1092.3	1192.3	1495.9	1485.9	1135	1155.7	1135	1086.2	1080.4	1086.2	1454.1	1333.8
22	1990	1200.8	1750.8	1478.2	1378.2	1573	1503	1298	1215.3	1298	1202.4	940.3	975.4	1514.9	1449.5
23	1991	1422	1382.0	1199.3	1299.3	1354.9	1254.9	1309	1333.4	1309	1305.4	1036.3	1105.4	1554.5	1563.0
24	1992	1463.4	1403.4	1423.3	1323.3	1452.7	1352.7	1441	1475.7	1441	1236.2	987.36	950.2	1404.4	1418.8
25	1993	1128.6	1108.6	1447.2	1347.2	1455.7	1455.7	1298	1219.2	1298	1253.5	1306.5	1053.5	1577.8	1568.6
26	1994	1316.5	1186.5	1295.7	1195.7	1270	1150	1275	1169.8	1275	1272.2	1435.5	1372.2	1295.7	1221.5
27	1995	1540.6	1500.6	1224.3	1124.3	1575.9	1575.9	1635	1452.0	1635	1559.5	1353.5	1359.5	1424.3	1223.6
28	1996	1200	1100.0	1605.7	1505.7	1400.1	1394.1	1478	1297.9	1478	1337.5	1234.1	1437.5	1605.7	1632.9
29	1997	1738.9	1101.9	1636.9	1536.9	1376.1	1366.1	1740	1298.3	1740	1407.9	934.4	1107.9	1636.9	1673.6

- Cliquer sur les onglets de la première boîte de dialogue pour régler les préférences :



- Valider en cliquant sur OK
- Voici le rapport généré par XLSTAT

XLSTAT 2012.4.03 - Régression linéaire - le 10/22/2012 à 13:55:45
Y / Quantitatives : Classeur = data_Correl-annuel_PSim-Pobs-71-00.xls / Feuille = IData71-2000 / Plage = 'IData71-2000'!\$C\$2:\$C\$32 / 30 lignes et 1 colonne
X / Quantitatives : Classeur = data_Correl-annuel_PSim-Pobs-71-00.xls / Feuille = IData71-2000 / Plage = 'IData71-2000'!\$B\$2:\$B\$32 / 30 lignes et 1 colonne

Intervalle de confiance (%) : 99

Tolérance : 0.0001

Statistiques descriptives :

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Pluies simulées (mm)	30	0	30	1010.100	1750.800	1377.573	182.584
Pluies observées (mm)	30	0	30	1010.100	1700.400	1413.140	171.595

Matrice de corrélation :

Variables	Pluies observées (mm)	Pluies simulées (mm)
Pluies observées (mm)	1.000	0.782
Pluies simulées (mm)	0.782	1.000

Régression de la variable Pluies simulées (mm) :**Coefficients d'ajustement :**

Observations	30.000
Somme des poids	30.000
DDL	28.000
R ²	0.611
R ² ajusté	0.597
MCE	13426.529
RMCE	115.873
MAPE	3.852
DW	1.944
Cp	2.000
AIC	287.080
SBC	289.882
PC	0.444

Analyse de la variance :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	1	590830.880	590830.880	44.005	< 0.0001
Erreur	28	375942.799	13426.529		
Total corrigé	29	966773.679			

*Calculé contre le modèle Y=Moyenne(Y)***Paramètres du modèle :**

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (99%)	Borne supérieure (99%)
Constante	202.098	178.458	1.132	0.267	-291.030	695.225
Pluies observées (mm)	0.832	0.125	6.634	< 0.0001	0.485	1.178

Equation du modèle :

$$\text{Pluies simulées (mm)} = 202.097527423265 + 0.831818366127962 * \text{Pluies observées (mm)}$$

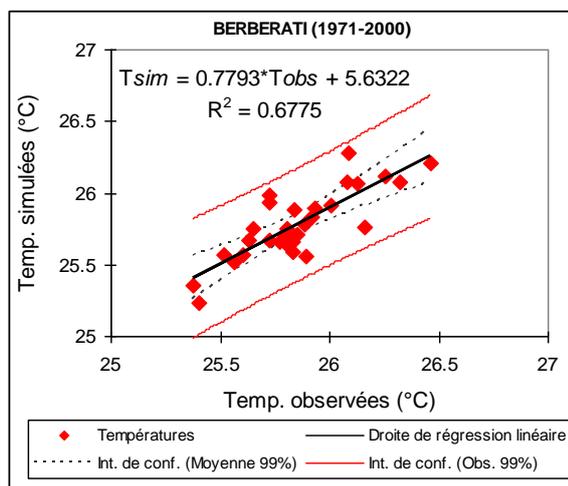
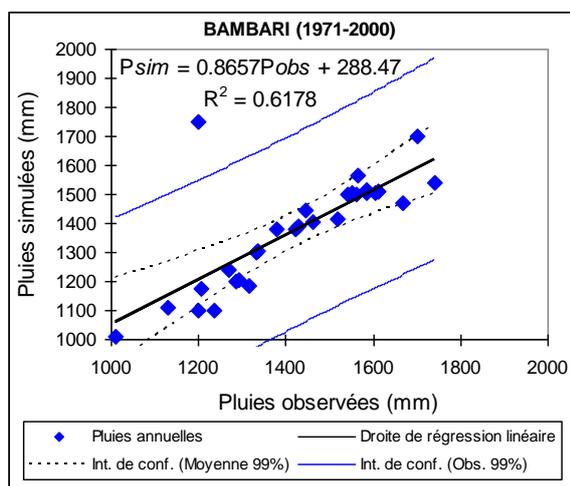
Coefficients normalisés :

Source	Valeur	Ecart-type	t	Pr > t	Borne inférieure (99%)	Borne supérieure (99%)
Pluies observées (mm)	0.782	0.118	6.634	< 0.0001	0.456	1.107

La même procédure peut être appliquée aux températures

Corrélation des pluies (mm) simulées et observées

Corrélation des T°C simulées et observées



Ecarts entre les valeurs observées et simulées des Précipitations/Températures

Ecarts mensuels et annuels moyens des températures et du pourcentage des précipitations sont calculés à partir des valeurs observées et simulées sur la période de référence (PR) 1971-2000. Les erreurs absolues : Valeurs simulées (VS) – Valeurs observées (VO) ; les erreurs relatives $(1 * (VS - VO) / VO) * 100$

3.4.10. Variabilité interannuelle des pluies observées, simulées et projetées

Tableau des pluies observées (1971-2000), simulées (1971-2000) et projetées A2/B1 (2071-2100)

117		=(F17-G17)/H17																
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Berbérati 1971-2000								Berbérati 2071-2100									
2	Pluies	Moy	Ecart-t	Indices	Pluies	s	Moy	Ecart-t	Indices		Pluies	Moy	Ecart-t	Indices	Pluies	Moy	Ecart-t	Indices
3	1971	1627	1505	124.6	0.974	1596.4	1486	127.635	0.864	2071	1363.2	1486.1	164.8	-0.746	1892.8	1486	195.61	2.0789
4	1972	1647	1505	124.6	1.133	1670.9	1486	127.635	1.4477	2072	1385.1	1486.1	164.8	-0.613	1955.5	1486	195.61	2.3995
5	1973	1344	1505	124.6	-1.292	1284.3	1486	127.635	-1.581	2073	1535.0	1486.1	164.8	0.297	1733.4	1486	195.61	1.2643
6	1974	1546	1505	124.6	0.3272	1494.1	1486	127.635	0.0625	2074	1026.9	1486.1	164.8	-2.787	1918.4	1486	195.61	2.2101
7	1975	1626	1505	124.6	0.9692	1596.1	1486	127.635	0.8617	2075	1196.3	1486.1	164.8	-1.759	1568.1	1486	195.61	0.4191
8	1976	1724	1505	124.6	1.7574	1784.2	1486	127.635	2.3354	2076	1113.5	1486.1	164.8	-2.261	1800.1	1486	195.61	1.6053
9	1977	1636	1505	124.6	1.0495	1596.1	1486	127.635	0.8617	2077	1074.3	1486.1	164.8	-2.499	1447.9	1486	195.61	-0.1955
10	1978	1464	1505	124.6	-0.336	1423.5	1486	127.635	-0.491	2078	1473.8	1486.1	164.8	-0.075	1808.9	1486	195.61	1.6501
11	1979	1670	1505	124.6	1.3224	1580.1	1486	127.635	0.7363	2079	1138.7	1486.1	164.8	-2.108	1800.7	1486	195.61	1.6083
12	1980	1694	1505	124.6	1.5158	1634.2	1486	127.635	1.1602	2080	1154.6	1486.1	164.8	-2.012	1926.9	1486	195.61	2.2531
13	1981	1578	1505	124.6	0.5808	1497.7	1486	127.635	0.0907	2081	1067.0	1486.1	164.8	-2.544	1846.9	1486	195.61	1.8443
14	1982	1502	1505	124.6	-0.024	1482.3	1486	127.635	-0.03	2082	1330.8	1486.1	164.8	-0.943	1939.6	1486	195.61	2.3185
15	1983	1310	1505	124.6	-1.565	1370.4	1486	127.635	-0.907	2083	1138.0	1486.1	164.8	-2.113	1873.3	1486	195.61	1.9791
16	1984	1532	1505	124.6	0.2132	1491.9	1486	127.635	0.0453	2084	1062.9	1486.1	164.8	-2.568	2243.5	1486	195.61	3.8718
17	1985	1588	1505	124.6	0.665	1488.2	1486	127.635	0.0163	2085	1515.9	1486.1	164.8	0.181	1814.5	1486	195.61	1.6785
18	1986	1494	1505	124.6	-0.089	1466.3	1486	127.635	-0.155	2086	1061.0	1486.1	164.8	-2.58	1718.6	1486	195.61	1.1884
19	1987	1502	1505	124.6	-0.026	1462.1	1486	127.635	-0.188	2087	1055.1	1486.1	164.8	-2.616	2172.1	1486	195.61	3.5067
20	1988	1442	1505	124.6	-0.509	1391.9	1486	127.635	-0.738	2088	1257.1	1486.1	164.8	-1.39	1470.9	1486	195.61	-0.0777
21	1989	1496	1505	124.6	-0.076	1445.9	1486	127.635	-0.315	2089	1494.2	1486.1	164.8	0.049	1639.7	1486	195.61	0.7849
22	1990	1574	1505	124.6	0.5479	1503.3	1486	127.635	0.1346	2090	1431.1	1486.1	164.8	-0.334	1919.6	1486	195.61	2.2162
23	1991	1355	1505	124.6	-1.207	1254.9	1486	127.635	-1.812	2091	1090.8	1486.1	164.8	-2.399	1446.9	1486	195.61	-0.2006
24	1992	1453	1505	124.6	-0.422	1372.7	1486	127.635	-0.889	2092	1079.3	1486.1	164.8	-2.469	1678.9	1486	195.61	0.9866
25	1993	1456	1505	124.6	-0.398	1505.7	1486	127.635	0.1534	2093	1040.3	1486.1	164.8	-2.706	1428.2	1486	195.61	-0.2962
26	1994	1270	1505	124.6	-1.886	1350.2	1486	127.635	-1.065	2094	1059.7	1486.1	164.8	-2.588	1635.5	1486	195.61	0.7637
27	1995	1576	1505	124.6	0.5663	1675.9	1486	127.635	1.4869	2095	1277.0	1486.1	164.8	-1.269	1868.9	1486	195.61	1.9568
28	1996	1400	1505	124.6	-0.845	1494.1	1486	127.635	0.0625	2096	1175.1	1486.1	164.8	-1.888	1836.7	1486	195.61	1.7923
29	1997	1375	1505	124.6	-1.044	1305.2	1486	127.635	-1.418	2097	1190.8	1486.1	164.8	-1.792	1865.8	1486	195.61	1.9412
30	1998	1449	1505	124.6	-0.453	1348.9	1486	127.635	-1.075	2098	1231.7	1486.1	164.8	-1.544	1925.1	1486	195.61	2.244

- La variabilité interannuelle est déterminée sur la base du calcul des indices et d'anomalies

centrées et réduites, par la fonction statistique suivante : $x_i^* = \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma(x)}$ où :

x_i^* = Indice pour l'année i , x_i = la valeur de la variable,
 \bar{X} = la moyenne de la série et $\sigma(x)$ = l'écart type de la série

- Les moyennes des données simulées sont utilisées pour la détermination des indices et anomalies standardisés projetés.

Dans Excel, sélectionner les colonnes des anomalies observées, simulées et projetées pour réaliser le graphique dont les résultats sont présentés (ci-dessous)

Projection pluviométrique est obtenue en appliquant un facteur multiplicatif à la climatologie observée : **MODELE_PROJ (P) = OBS_CLIM * (MODELE_FUT / MODEL_CLIM)**

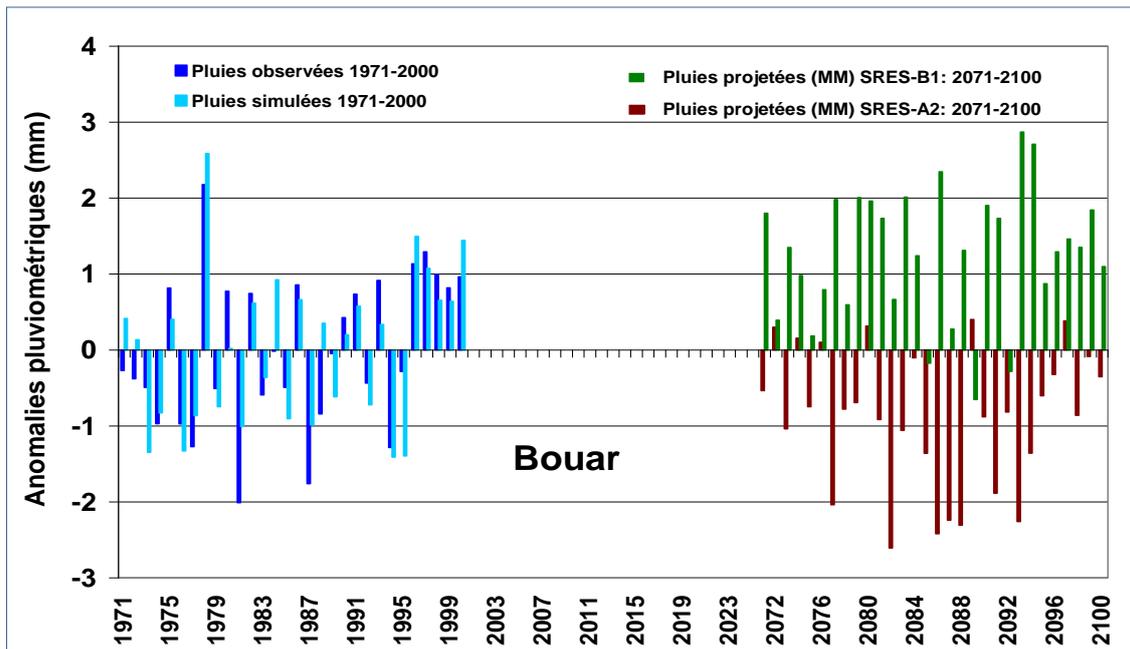
- OBS= OBSERVATIONS 1971-2000 (données observées stationnelles)
- OBS_CLIM = CLIMATOLOGIE MENSUELLE OBSERVEE (1971-2000)
- MODEL_CLIM = CLIMATOLOGIE MENSUELLE DU MODELE (1971-2000)
- MODELE_FUT = PREVISION DU MODELE (2071-2100)
- MODELE_PROJ = PROJECTIONS SELON LE MODELE

Prévisions des T° sont faites en calculant les écarts entre les T° prévues par le modèle et la climatologie du même modèle sur la période de référence 1971-2000.

Projection est obtenue en additionnant des écarts à la climatologie observée (données observées stationnelles) : **MODELE_PROJ (T°) = OBS_CLIM + (MODELE_FUT - MODEL_CLIM)**

Modèle = **M3G** (Moyennes MultiModèles Globaux)

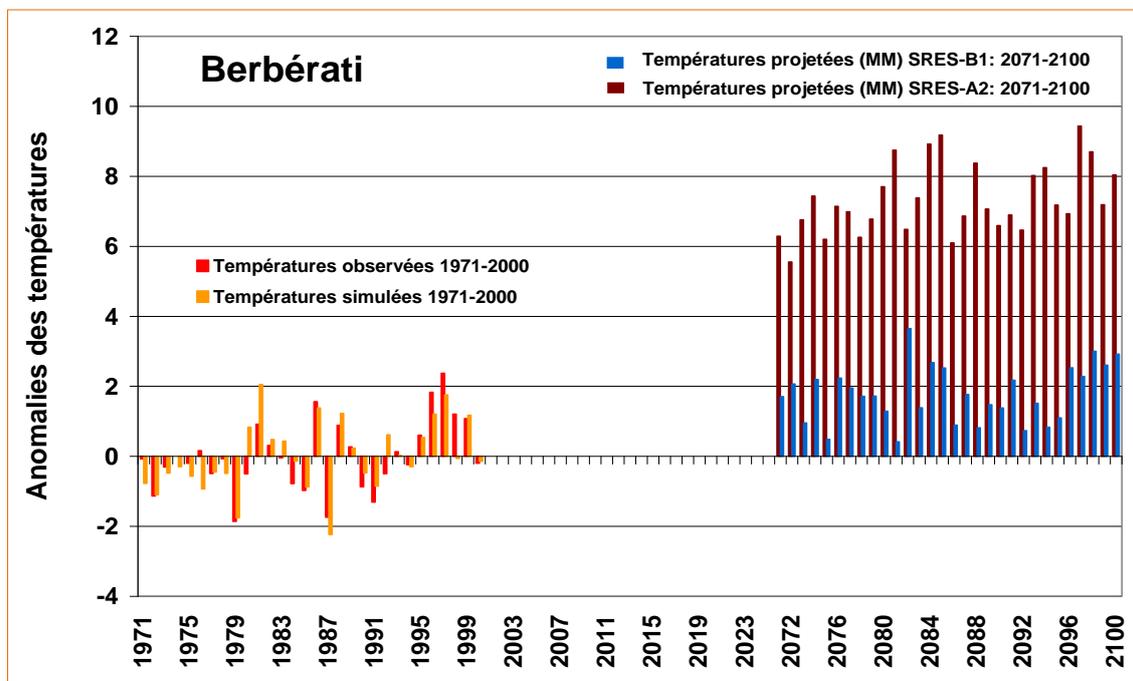
Pluies observées, simulées et projetées SRES-A2 et B1



3.4.11. Variabilité interannuelle des températures observées, simulées et projetées

☞ Procédure identique que celle des précipitations

Températures observées, simulées et projetées SRES-A2 et B1



*Ecarts entre les Pluies moyennes observées (1971-2000)
et les moyennes des multimodèles des Pluies projetées (2071-2100)
avec les SRESA2 et B1 à BOUAR*

Pluies observées	Pluies proj-A2	Ecarts absolus (mm)	Ecarts relatifs (%)	Pluies proj-B1	Ecarts absolus (mm)	Ecarts relatifs (%)
1426	1018.8	-406.9	-29	1671.4	245.7	17
1412	1463.8	52.2	4	1475.6	64.0	5
1397	1240.5	-156.8	-11	1608.6	211.3	15
1336	1445.9	109.8	8	1557.6	221.5	17
1565	1302.5	-262.4	-17	1446.8	-118.1	-8
1336	1437.4	101.7	8	1531.5	195.8	15
1297	1097.9	-199.4	-15	1696.4	399.1	31
1739	1297.7	-441.5	-25	1503.9	-235.3	-14
1395	1311.0	-84.3	-6	1700.0	304.7	22
1560	1471.1	-88.5	-6	1693.7	134.1	9
1203	1275.8	73.0	6	1662.1	459.3	38
1556	1007.6	-548.2	-35	1513.6	-42.2	-3
1385	1253.3	-131.3	-9	1700.9	316.3	23
1458	1404.8	-53.4	-4	1593.5	135.3	9
1397	1205.2	-192.2	-14	1397.0	-0.4	0
1570	1037.4	-532.7	-34	1913.9	343.8	22
1235	1065.5	-169.2	-14	1459.4	224.7	18
1352	1055.3	-297.1	-22	1603.3	250.9	19
1454	1469.0	14.9	1	1330.6	-123.5	-8
1515	1281.3	-233.6	-15	1685.3	170.4	11
1555	1121.9	-432.6	-28	1662.1	107.6	7
1404	1291.5	-112.9	-8	1395.8	-8.6	-1
1578	1062.7	-515.1	-33	1819.9	242.1	15
1296	1205.7	-90.0	-7	1797.8	502.1	39
1424	1325.4	-98.9	-7	1542.4	118.1	8
1606	1052.7	-553.0	-34	1600.8	-4.9	0
1626	1481.9	-144.0	-9	1624.3	-1.6	0
1588	1126.0	-461.8	-29	1748.1	160.3	10
1565	1090.0	-475.3	-30	1816.2	250.9	16
1584	1047.7	-536.1	-34	1712.9	129.1	8

*Ecarts entre les Températures moyennes observées (1971-2000)
et les moyennes des multimodèles des Températures projetées (2071-2100)
avec les SRESA2 et B1 à BERBERATI*

Températures observées	Températures projetées-A2	Ecarts	Températures projetées-B1	Ecarts
25.834	29.174	3.3404	26.1931	0.3592
25.562	28.778	3.2161	26.5803	1.0181
25.775	29.429	3.654	26.0115	0.2366
25.854	29.795	3.9409	26.7118	0.8575
25.802	29.128	3.3254	25.5976	-0.205
25.895	29.637	3.7423	26.4221	0.5271
25.727	29.552	3.8245	26.2535	0.5261
25.835	29.159	3.3239	26.1961	0.3608
25.376	29.439	4.0636	26.1975	0.8217
25.724	29.939	4.2154	26.0927	0.3688
26.089	30.503	4.4143	25.8807	-0.208
25.932	29.282	3.3498	26.6641	0.7319
25.842	29.766	3.9243	26.1165	0.2749
25.653	30.596	4.9427	26.4285	0.7751
25.602	30.737	5.1349	26.3916	0.7894
26.253	29.072	2.8188	25.9963	-0.257
25.405	29.485	4.0798	26.2078	0.8024
26.08	30.303	4.223	25.778	-0.302
25.922	29.594	3.672	25.1378	-0.784
25.629	29.339	3.7102	26.7153	1.0861
25.517	29.503	3.9864	26.3066	0.7901
25.725	29.271	3.5457	25.9582	0.233
25.887	30.111	4.2245	26.1478	0.2611
25.791	30.233	4.4424	25.9811	0.1902
26.008	29.655	3.6469	26.0461	0.0384
26.322	29.523	3.201	26.3927	0.0707
26.462	30.874	4.4124	25.3323	-1.13
26.162	30.478	4.3161	26.5071	0.345
26.13	29.662	3.5315	26.0117	-0.118
25.802	30.121	4.3191	26.1375	0.3351

Conclusion

Ce guide est un outil conçu pour répondre aux besoins de tout apprenant désireux de maîtriser les méthodes clés de traitement des données et d'acquérir les connaissances nécessaires à la réalisation des cartes/graphiques en géosciences de l'environnement, notamment en climatologie. Ces applications vont de calculs simples à la production de divers types de tableaux et graphiques souvent complexes rencontrés dans les rapports de laboratoire ou de travaux scientifiques.

L'utilisation du programme XLSTAT vient de sa convivialité et de son interface graphique. Après quelques minutes de prise en main, l'interface rend facile et efficace l'utilisation de méthodes parfois très complexes qui requièrent dans d'autres logiciels des heures d'apprentissage. L'architecture du logiciel a considérablement évolué au cours des 5 dernières années afin de prendre en compte les progrès d'Excel, et les problèmes de compatibilité entre les différentes plates-formes. Le logiciel s'appuie aujourd'hui sur le Visual Basic Application pour les interfaces et le C++ pour les calculs.

Bibliographie

1. CMIP3 : <http://cip.csag.uct.ac.za>
2. CRU (*Unité de Recherche en Climatologie*) : <http://www.cru.uea.ac.uk/data>, de l'Université de East Anglia, Norwich au Royaume-Uni.
3. DDC (*Data Distribution Centre*) : <http://www.ipcc-data.org/ddc>,
4. Guide d'utilisation de xlstat, 352 p : www.xlstat.com
5. Moreau P., Morie P. Microsoft Excel 2007, utilisation avancée, Ref. PK0303, 19 p
6. Piller A. 2007 : Statistique descriptive, manuel d'exercices corrigés et rappels de cours. Premium éditeur, 136 p
7. Société française de statistique : <http://www.sfds.asso.fr>