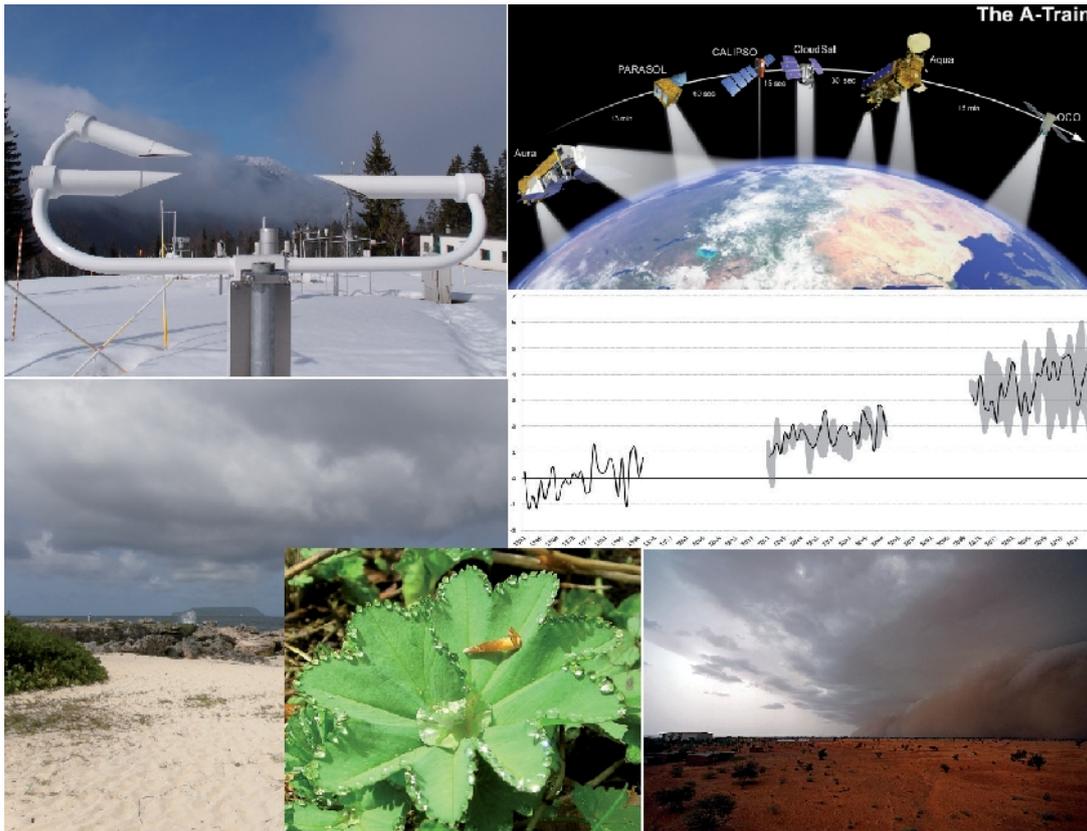


## Les climats régionaux : observation et modélisation



*Actes du colloque organisé à Grenoble  
du mercredi 5 au samedi 8 septembre 2012*

Editeurs scientifiques

**Sylvain BIGOT & Sandra ROME**

Colloque organisé par le Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement  
(LTHE, UMR 5564 UJF-CNRS-IRD), Université Joseph Fourier (Grenoble 1)  
Domaine Universitaire - BP 53, 38041 Grenoble cedex 9, France

# **Les climats régionaux : observation et modélisation**



**XXV<sup>ème</sup> COLLOQUE DE  
L'ASSOCIATION INTERNATIONALE  
DE CLIMATOLOGIE**



# **Les climats régionaux : observation et modélisation**

*Actes du colloque organisé à Grenoble  
du mercredi 5 au samedi 8 septembre 2012*

Editeurs scientifiques

**Sylvain BIGOT & Sandra ROME**  
(UJF - LTHE)

En partenariat avec :



Ce volume est édité par Sylvain Bigot (UJF-LTHE) et Sandra Rome (UJF-LTHE) dans le cadre du XXV<sup>ème</sup> colloque de l'Association Internationale de Climatologie (AIC), qui s'est tenu à Grenoble du 5 au 8 septembre 2012. Il rassemble les textes de 2 conférences invitées puis, dans l'ordre alphabétique selon le nom du premier auteur, les résumés élargis des 62 communications orales et des 65 posters validés par le Comité scientifique. Ce panel d'articles présente des recherches sur des espaces d'application divers (Europe, Afrique, Amérique du Sud et du Nord, océans Indien et Pacifique, zone polaire), confrontant des travaux issus de l'observation et de la modélisation numérique du climat.

## Composition du comité scientifique

BELTRANDO Gérard, Université Paris Diderot (France)	HENIA Latifa, Université de Tunis (Tunisie)
BEN BOUBAKER Habib, Université de la Manouba (Tunisie)	HINGRAY Benoît, CNRS-LTHE (France)
BONNARDOT Valérie, Université Rennes 2 (France)	KERGOMARD Claude, ENS-Paris (France)
BROU Télésphore, Université de la Réunion (France)	KRINNER Gerhard, CNRS-LGGE (France)
CAMBERLIN Pierre, Université de Bourgogne (France)	LEBEL Thierry, IRD-LTHE (France)
CANTAT Olivier, Université de Caen Basse-Normandie (France)	MADELIN Malika, Université Paris Diderot (France)
CARREGA Pierre, Université de Nice-Sophia Antipolis (France)	MAHE Gil, IRD-Hydrosciences (France)
DUBREUIL Vincent, Université Rennes 2 (France)	MORON Vincent, Université d'Aix-Marseille 1 (France)
DUMOLARD Pierre, Université Joseph Fourier (France)	PAGE Christian, CERFACS (France)
EL MELKI Taoufik, Université de La Manouba (Tunisie)	PLANCHON Olivier, CNRS-COSTEL (France)
ERPICUM Michel, Université de Liège (Belgique)	QUENOL Hervé, CNRS-COSTEL (France)
ETCHEVERS Pierre, Météo-France-CEN (France)	RONCHAIL Josyane, Université Paris Diderot (France)
FALLOT Jean-Michel, Université de Lausanne (Suisse)	SAGNA Pascal, Université Cheikh Anta Diop (Sénégal)
FAZZINI Massimiliano, Université de Ferrara (Italie)	SEGUIN Bernard, INRA (France)
FORTIN Guillaume, Université de Moncton (Canada)	SULTAN Benjamin, IRD-LOCEAN (France)
GALLEE Hubert, CNRS-LGGE (France)	ZAHARIA Liliana, Université de Bucarest (Roumanie)
GERBAUX Martin, SOGREAH - Groupe ARTELIA (France)	

*Le colloque a bénéficié de l'aide financière des partenaires suivants :*



## Tables des matières

Introduction .....	5
Préambule : 25 ANS DE RECHERCHES CLIMATIQUES À GRENOBLE (1967-1992) <i>Annick DOUGUÉDROIT</i> .....	11
LE PROJET AMMA, UN EXEMPLE D'ÉTUDE INTEGRÉE ET MULTIDISCIPLINAIRE SUR UN SYSTÈME CLIMATIQUE RÉGIONAL <i>Thierry LEBEL, Jean-Luc REDELSPERGER et Serge JANICOT</i> .....	15
UN EXEMPLE D'IMPACT CLIMATIQUE À L'ÉCHELLE RÉGIONALE : LE VIGNOBLE DE LAVAUX (LAC LÉMAN, SUISSE), PATRIMOINE DE L'UNESCO <i>Martin BENISTON</i> .....	29
VARIABILITÉ HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUE ET DYNAMIQUE DU COUVERT VÉGÉTAL DANS LE BASSIN DE L'OUÉMÉ À BÉTÉROU (BÉNIN, AFRIQUE DE L'OUEST) <i>Djafarou ABDOULAYE, Martin ASSABA, Expédit Wilfried VISSIN, François Cohovi TCHIBOZO et Michel BOKO</i> .....	39
ETUDE CLIMATOLOGIQUE DES LONGUES SÉRIES DES PRÉCIPITATIONS DANS LE NORD-OUEST DE L'ITALIE <i>Fiorella ACQUAOTTA et Simona FRATIANNI, avec la collaboration de Roberto AJASSA</i> .....	45
PARAMÉTRISATION PHYSIQUE DU MODÈLE ETA : PRÉVISION MÉTÉOROLOGIQUE EN ALGÉRIE <i>Abd El Hamid ADANE, Bachir HAMADACHE, Rabah NAILI et Kamel CHIKHAR</i> .....	51
VARIABILITÉ CLIMATIQUE ET PALUDISME A KARA, UNE VILLE DU NORD-TOGO <i>Essotalani ADEWI et Vincent DUBREUIL</i> .....	57
PLUIE MAXIMALE PROBABLE (PMP) : SYNTHÈSE DES DIFFÉRENTES MÉTHODES, ANALYSE DE LA MÉTHODE D'HERSHFIELD ET RETOUR D'EXPÉRIENCE D'ARTÉLIA <i>Lucie ALAZARD, Christian ODEYER et Luc BAZERQUE</i> .....	63
VARIATION SPATIO-TEMPORELLE DES FLUX SÉDIMENTAIRES DANS LA BASSE VALLÉE MONO-COUFFO (GOLFE DE GUINÉE) <i>Ernest AMOUSSOU, Michel BOKO, Pierre CAMBERLIN et Gil MAHE</i> .....	69
CARACTÉRISATION DES ÉVÈNEMENTS PLUVIOMÉTRIQUES EXTRÊMES DANS LE MOYEN ATLAS ET SES MARGES <i>Mhamed AMYAY, Zeineddine NOUACEUR, Abdellatif TRIBAK, Khalid OKBA et Ali TAOUS</i> .....	75
CHUTES DE GRÊLE ET PRÉVENTION DANS LE SUD DU BASSIN AQUITAIN (FRANCE) <i>Fernand AVILA</i> .....	81
RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITE DES SOLS AU STRESS HYDRIQUE PAR LES PRATIQUES DE L'AMENDMENT ORGANIQUE <i>Abdoulaye BADIANE, Dominique MASSE et Ndèye Y. BADIANE NDOUR</i> .....	87
VARIABILITÉ CLIMATIQUE ET FEUX EN NOUVELLE-CALÉDONIE <i>Renaud BARBERO et Vincent MORON</i> .....	93
LES MODÈLES GLOBAUX PROJETTENT-ILS PLUS DE BLOCAGES ANTICYCLONIQUES EN EUROPE POUR LE FUTUR ? <i>Alexandre BELLEFLAMME, Xavier FETTWEIS et Michel ERPICUM</i> .....	99
SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR EN SITUATIONS ANTICYCLONIQUES DANS LA RÉGION DU GRAND TUNIS <i>Rim BEN ABDALLAH et Jmaiel EL HAJRI</i> .....	105
GESTION DES CONDITIONS CLIMATIQUES EXTRÊMES EN MILIEU MEDITERRANÉEN : LE CAS DES FORTES CHALEURS EN TUNISIE <i>Habib Ben BOUBAKER et Ali GHARB</i> .....	111
PRÉVISION DES PRÉCIPITATIONS MENSUELLES PAR TIME DELAY NEURAL NETWORK <i>Khalida BENMAHDJOUR, Zohra AMEUR, Abd El Hamid ADANE et Soltane AMEUR</i> .....	117

LES BIAIS SYSTÉMATIQUES DES INDICATEURS GLOBAUX DE PRÉCIPITATION EN ZONES ARIDES ET MONTAGNEUSES : UN ESSAI D'ANALYSE RÉGIONALE <i>Jean-Claude BERGES et Gérard BELTRANDO</i> .....	123
IMPACTS DES RÉGIMES PLUVIOMÉTRIQUE ET HYDROLOGIQUE SUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DANS LA COMMUNE D'ADJOHOUN (BÉNIN) <i>Modestine V. BESSAN, Expédit W. VISSIN et Christophe S. HOUSSOU</i> .....	129
STRATÉGIES D'ADAPTATION AUX EFFETS DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE DANS LE BASSIN DE LA MÉKROU AU NORD-BÉNIN <i>Michel BOKO, Ernest AMOUSSOU, Expédit W. VISSIN, Sidonie C. HEDIBLE, Eugénie E. KEKE et Peter WESSIE</i> .....	135
ESTIMATION DU RETRAIT DE GLACIERS ALPINS DU NORD-OUEST ITALIEN SUR LE 21 <sup>ème</sup> SIÈCLE À L'AIDE D'UN MODÈLE EMPIRIQUE RÉGIONAL <i>Riccardo BONANNO, Antonello PROVENZALE, Christian RONCHI et Barbara CAGNAZZI</i> .....	141
APPORT DE LA MODÉLISATION CLIMATIQUE MÉSO-ÉCHELLE POUR ÉVALUER LE CHANGEMENT CLIMATIQUE À L'ÉCHELLE RÉGIONALE : APPLICATION VITICOLE (2041-2050) <i>Valérie BONNARDOT, Sylvie CAUTENET, Guy CAUTENET et Hervé QUÉNOL</i> .....	147
ÉVALUATION HYDROLOGIQUE EN TEMPS PRÉSENT DE LA CHAÎNE MODÈLE DE CIRCULATION GÉNÉRALE / MÉTHODES DE DESCENTE D'ÉCHELLE STATISTIQUE <i>Marie BOURQUI, Thibault MATHEVET, Benoît HINGRAY, Joël GAILHARD, Frédéric HENDRICKX, Matthieu LAFAYSSSE et Abdelkader MEZGHANI</i> .....	153
VARIABILITÉ INTRA-SAISONNIÈRE ET DIURNE DE LA PLUIE SIMULÉE PAR LES MODÈLES CLIMATIQUES DU PROGRAMME CORDEX EN AFRIQUE DE L'OUEST <i>Moctar CAMARA, Arona DIEDHIOU, Bamol Ali SOW, Samo DIATTA et Ibrahima MBAYE</i> .....	159
LA RÉGIONALISATION DES TYPES DE TEMPS EN FRANCE MÉTROPOLITAINE <i>Olivier CANTAT, Edwige SAVOURET et Abdelkrim BENSAID</i> .....	165
L'ENNEIGEMENT EXCEPTIONNEL DE FÉVRIER 2012 DANS LA RÉGION DE MOLISE (ITALIE CENTRALE) <i>Antonio CARDILLO, Massimiliano FAZZINI, Gérard BELTRANDO et Vincenzo ROMEO</i> .....	171
MODÉLISATION STATISTIQUE ET PHYSIQUE DE LA TEMPÉRATURE DANS L'AGGLOMÉRATION DE TUNIS : ÉTUDE COMPARATIVE <i>Sami CHARFI, Pierre CARREGA et Christophe YOHIA</i> .....	177
ANALYSE DES RELATIONS ENTRE LA VARIABILITÉ DE LA PLUVIOMÉTRIE ET LA DYNAMIQUE DE LA VÉGÉTATION : CAS DU FERLO (SÉNÉGAL) <i>Soukèye CISSÉ, Laurence EYMARD, Françoise PINSARD, Jacques André NDIONE et Amadou Thierno GAYE</i> .....	183
RISQUE DE POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR LA CÔTE SUD DE L'AGGLOMÉRATION DE SFAX (TUNISIE) : SENSIBILITÉ DE LA POPULATION VULNÉRABLE <i>Salem DAHECH et Riadh BOUAZIZ</i> .....	189
INTRODUCTION À UNE CLIMATOLOGIE FRACTALE <i>André DAUPHINÉ</i> .....	195
TENDANCES ET RUPTURES DES SÉRIES PLUVIOMÉTRIQUES DANS LA RÉGION MÉRIDIIONALE DE L'AMAZONIE BRÉSILIENNE <i>Nathan DEBORTOLI, Vincent DUBREUIL, Carlos HENKE et Saulo RODRIGUES FILHO</i> .....	201
VALIDATION PAR TÉLÉDÉTECTION SPATIALE DE L'ENNEIGEMENT DANS LES ALPES AUTRICHIENNES POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU DE LA VILLE DE VIENNE <i>Jean-Pierre DEDIEU, Christophe RANDIN et Massimiliano ZAPPA</i> .....	207
INFLUENCE DES SURFACES TERRESTRES SUR L'ERREUR D'ESTIMATION DES PRÉCIPITATIONS QUOTIDIENNES PAR SATELLITE EN AMAZONIE BRÉSILIENNE <i>Florian DELAHAYE, Vincent DUBREUIL, Luiz A. T. MACHADO, Pierre-Emmanuel KIRSTETTER et Romulo A. J. OLIVEIRA</i> .....	213

VARIABILITÉ BASSE-FREQUENCE DES PRÉCIPITATIONS AU SAHEL ET DES TEMPÉRATURES DE SURFACE DE L'OCÉAN ATLANTIQUE AU COURS DU DERNIER SIÈCLE <i>Bastien DIEPPOIS, Alain DURAND, Matthieu FOURNIER, Arona DIEDHIOU, Bernard FONTAINE, Nicolas MASSEI, Zeineddine NOUACEUR et David SEBAG</i> .....	219
LES SIGNATURES SPECTRALES DE L'ATMOSPHÈRE SOUMISE À L'INFLUENCE DES LIGNES DE GRAINS DANS LA ZONE SAHÉLIENNE <i>Bouya DIOP et Abdou Karim FAROTA</i> .....	225
VARIABILITÉ DE L'ACTIVITÉ VÉGÉTALE DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUÉMÉ (BÉNIN) : COMPARAISON ENTRE LES DONNÉES MODIS ET ÉCOCLIMAP-2 (2005-2007) <i>Thao T. P. DO et Sylvain BIGOT</i> .....	231
VARIATION DES EXTRÊMES PLUVIO-HYDROLOGIQUES DANS LE BASSIN INFÉRIEUR DU FLEUVE OUÉMÉ : DIAGNOSTIC ET MANIFESTATION <i>Blaise DONOU, Euloge OGOUWALE, Expédit VISSIN et Michel BOKO</i> .....	237
IMPACTS POTENTIELS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES CULTURES DU MAÏS ET DU COTON ET STRATÉGIES D'ADAPTATION DANS L'OUHAM EN CENTRAFRIQUE <i>Bertrand DOUKPOLO, Euloge OGOUWALE, Sylvain NDJENDOLE et Michel BOKO</i> .....	243
ÉVOLUTION DU COMPORTEMENT DU VENT ET DE SON POTENTIEL POUR LA PRODUCTION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE DURANT LES 30 DERNIÈRES ANNÉES : LE CAS DE LA BELGIQUE <i>Sébastien DOUTRELOUP, Xavier FETTWEIS et Michel ERPICUM</i> .....	249
LE LAC LAUVITEL : UN GUETTEUR ALPIN DES MODIFICATIONS ENVIRONNEMENTALES (MASSIF DES ÉCRINS, FRANCE) <i>Dominique DUMAS et Denis FIAT</i> .....	255
PRÉCIPITATIONS ANNUELLES À TUNIS CARTHAGE ET INDICES DE RADIOSONDAGES <i>Taoufik El MELKI</i> .....	261
COMPARAISON ENTRE ENREGISTREMENTS D'HYDROMÉTÉORES PROVENANT DE DISDROMÈTRES À LASER ET CUMULS DE PRÉCIPITATIONS PROVENANT DE PLUVIOGRAPHES TOTALISATEURS - EXEMPLES CHOISIS DANS DEUX SITES DISTANTS DE MOINS DE 40 KM EN RÉGION À RELIEF CONTRASTÉ ET EN CLIMAT TEMPÉRÉ OCÉANIQUE (CFB) <i>Michel ERPICUM, Nicolas JORION, Xavier PIRARD, Alexandre BELLEFLAMME, Bruno FRANCO, Sébastien DOUTRELOUP, Charlotte LANG, Arnaud SOUGNEZ, Xavier FETTWEIS</i> .....	267
INFLUENCE DE LA TOPOGRAPHIE ET DES ACCUMULATIONS D'AIR FROID SUR LES TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES EN SUISSE <i>Jean-Michel FALLOT</i> .....	273
SUR LES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES DE L'AUTOMNE 2011 EN LIGURIE : ANALYSE MÉTÉO-CLIMATIQUE DES ÉVÈNEMENTS ET FACTEURS AGGRAVANTS <i>Massimiliano FAZZINI, Gérard BELTRANDO, Carlo BISCI, Mario BARBANI et Vincenzo ROMEO</i> .....	279
LES AMBIANCES CLIMATO-TOURISTIQUES DE L'EXTRÊME NORD-OUEST DE LA TUNISIE <i>Mohamed FEKI</i> .....	285
VARIABILITÉ TEMPORELLE DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN DANS L'AGGLOMÉRATION RENNAISE À PARTIR DES PROJECTIONS DES MODÈLES RÉGIONAUX DE 2030 À 2100 <i>Xavier FOISSARD, Vincent DUBREUIL et Hervé QUÉNOL</i> .....	291
CHANGEMENTS DE LA PROPORTION DE NEIGE REÇUE DURANT LA SAISON HIVERNALE EN GASPÉSIE DEPUIS 1970 <i>Guillaume FORTIN et Bernard HÉTU</i> .....	297
LA VALEUR DE L'EAU STOCKÉE : UNE SIGNATURE CLIMATOLOGIQUE POUR LES ÉTUDES D'IMPACTS DU CHANGEMENT GLOBAL <i>Baptiste FRANCOIS, Benoit HINGRAY, Frédéric HENDRICKX et Jean-Dominique CREUTIN</i> .....	303
ANALYSE CLIMATIQUE DE L'ENNEIGEMENT ET ÉVALUATIONS DES ÉVÈNEMENTS EXTRÊMES SUR LES ALPES OCCIDENTALES D'ITALIE DANS LE CONTEXTE DU PROJET INTERREG STRADA <i>Simona FRATIANNI et Silvia TERZAGO, avec la collaboration de Marco CORDOLA</i> .....	309

TRANSPORT DE LA NEIGE PAR LE VENT EN TERRE ADÉLIE (ANTARCTIQUE). OBSERVATION ET MODÉLISATION AVEC LE MODÈLE ATMOSPHÉRIQUE RÉGIONAL (MAR) <i>Hubert GALLÉE, Alexandre TROUVILLIEZ, Cécile AGOSTA, Christophe GENTHON, Vincent FAVIER et Florence NAAIM-BOUVET</i> .....	315
UTILISATION DES INDICATEURS DU DÉFICIT HYDRIQUE DANS LES SYNTHÈSES BIOCLIMATIQUES MÉDITERRANÉENNES <i>Amor Mokhtar GAMMAR et Zouheir HLAOUI</i> .....	321
ANALYSE DE LA SÉRIE CLIMATIQUE DE TURIN DE 1870 À 2010 ET CONSIDÉRATIONS SUR L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN <i>Diego GARZENA, Simona FRATIANNI, Fiorella ACQUAOTTA et João Afonso ZAVATTINI</i> .....	327
LA BASSE TROPOSPHÈRE AU DÔME C, ANTARCTIQUE. MODÉLISATION AVEC LE MODÈLE ATMOSPHÉRIQUE RÉGIONAL (MAR) <i>Hubert GALLÉE, Christophe GENTHON et Delphine SIX</i> .....	333
LE NRC : UNE DÉCENNIE DE MESURES DE L'ÉQUIVALENT EN EAU DU MANTEAU NEIGEUX DANS LES MASSIFS MONTAGNEUX FRANÇAIS <i>Frédéric GOTTARDI, Paul CARRIER, Emmanuel PAQUET, Marie-Thérèse LAVAL, Joël GAILHARD et Rémy GARCON</i> .....	337
APPORTS DE LA TÉLÉDÉTECTION À LA VALIDATION HYDROLOGIQUE D'UN MODÈLE DE SURFACES CONTINENTALES : APPLICATION AUX RÉGIONS CIRCUM-ARCTIQUES <i>Isabelle GOUTTEVIN, Annett BARTSCH, Gerhard KRINNER</i> .....	343
LES PRÉCIPITATIONS – FACTEUR DE LA DYNAMIQUE DES VERSANTS DANS LE DÉFILÉ DU DANUBE (ROUMANIE) <i>Florina GRECU, Sorin CARABLAISĂ, Liliana ZAHARIA et Gabriela IOANA-TOROIMAC</i> .....	349
LA DYNAMIQUE DE L'EAU BIOCLIMATIQUE DANS LES GRANDS BASSINS DE CULTURES DU CAP BON-TUNISIE : ÉTUDE PRÉLIMINAIRE <i>Jmaiel EL HAJRI</i> .....	355
CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES PROPICES AU DÉCLENCHEMENT DES AVALANCHES AU QUÉBEC : UNE ANALYSE À PARTIR DES ACCIDENTS CONNUS DEPUIS 1872 <i>Bernard HÉTU et Guillaume FORTIN</i> .....	361
LES CYCLONES TROPICAUX INTENSES DE DEUX BASSINS OCÉANIQUES PROCHES, L'ATLANTIQUE NORD ET L'EST DU PACIFIQUE NORD (1980-2009) <i>Karl HOARAU, Florence PIRARD-HOARAU et Ludovic CHALONGE</i> .....	367
LES EFFETS DU RÉCHAUFFEMENT RÉCENT SUR LES GLACIERS DE L'ELBROUS (CAUCASE DU NORD) <i>Iulian-Horia HOLOBĂCĂ</i> .....	373
STRATÉGIES DE GESTION DES ÉCOSYSTÈMES VULNÉRABLES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LE BASSIN-VERSANT DU COUFFO <i>Constant HOUNDENOU, Henri S. V. TOTIN et Ernest AMOUSSOU</i> .....	379
LES OBSERVATEURS LOCAUX DU TEMPS HIVERNAL AU PETIT ÂGE GLACIAIRE : EXEMPLES FRANÇAIS ET HOLLANDAIS <i>Pierre HUAT et Alexis METZGER</i> .....	385
SCÉNARIO CLIMATIQUE ET RENDEMENTS DES CULTURES DANS LE MOYEN-BÉNIN (AFRIQUE DE L'OUEST) <i>Maman-Sani ISSA, Euloge OGOUWALE et Constant HOUNDENOU</i> .....	391
VERS UNE MEILLEURE CARTOGRAPHIE DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR EN ZONE DE MONTAGNE <i>Eric JABOT, Isabella ZIN, Thierry LEBEL, Alain GAUTHERON et Charles OBLED</i> .....	397
ANALYSE D'UNE ANNÉE D'ENREGISTREMENTS DES TEMPÉRATURES À PAS HORAIRE POUR ÉTABLIR UN MODÈLE SPATIAL D'INTERPOLATION <i>Daniel JOLY, Christian DEBORD et Marc RAYNAL</i> .....	403

LA VARIABILITÉ INTRA-SAISONNIÈRE DE LA CONVECTION DANS LE GOLFE DE GUINÉE : ANALYSE D'UN MODE DE VARIABILITÉ AUTOUR DE 15 JOURS <i>Pierre-Honoré KAMSU-TAMO, Serge JANICOT, David MONKAM et André LENOUE</i> .....	409
PRÉVISIBILITÉ DES HAUTES EAUX AVEC LE MODÈLE CONCEPTUEL GR2M DANS LE BASSIN-VERSANT DU ZOU AU BÉNIN (AFRIQUE L'OUEST) <i>Domiho Japhet KODJA, Expédit W. VISSIN, Ernest AMOUSSOU et Michel BOKO</i> .....	415
HOMOGENÉISATION ET RECONSTITUTION DE LONGUES SÉRIES HYDRO-CLIMATIQUES SUR LE BASSIN DE LA DURANCE <i>Anna KUENTZ, Thibault MATHEVET, Joël GAILHARD, Rémy GARÇON , Christian PERRET et Vazken ANDRÉASSIAN</i> .....	421
MODÈLES DE DESCENTE D'ÉCHELLE STATISTIQUE POUR LES ÉTUDES D'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE : TRANSFÉRABILITÉ TEMPORELLE ET INCERTITUDES ASSOCIÉES DANS LES PROJECTIONS HYDROLOGIQUES FUTURES <i>Mathieu LAFAYSSSE, Benoît HINGRAY, Abdelkader MEZGHANI, Joël GAILHARD et Laurent TERRAY</i> .	427
CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DES SITUATIONS THERMIQUES EXTRÊMES DANS LA TUNISIE CENTRALE : CAS DES STATIONS DE MONASTIR ET DE KAIROUAN <i>Leila LAHMAR et Latifa HENIA</i> .....	433
ÉVALUATION DES MODÈLES CLIMATIQUES RÉGIONAUX WRF ET MAR SUR LE SVALBARD <i>Charlotte LANG, Xavier FETTWEIS et Michel ERPICUM</i> .....	439
CONTRAINTES PÉDO-CLIMATIQUES ET STRATÉGIES D'ADAPTATION PAYSANNES DANS LA DÉPRESSION MÉDIANE D'ISSABA AU BÉNIN (AFRIQUE DE L'OUEST) <i>Mathieu C. LANOKOU, Euloge OGOUWALE et Fulgence AFOUDA</i> .....	445
MÉTHODOLOGIE POUR L'ÉTABLISSEMENT DU BILAN HYDRIQUE D'UNE TOURBIÈRE DE MONTAGNE : LE CAS DE LA TOURBIÈRE OMBROTROPHE DU LUITEL, ISÈRE, FRANCE <i>Jean-Paul LAURENT, Simon GERARD et Carole DESPLANQUE</i> .....	451
LE PORTAIL drias[CLIMAT] : MISE À DISPOSITION D'INFORMATIONS CLIMATIQUES RÉGIONALISÉES POUR LES ÉTUDES D'IMPACT ET D'ADAPTATION <i>Julien LÉMOND, Philippe DANDIN, Christian PAGÉ, Serge PLANTON, Robert VAUTARD, Michel DÉQUÉ, Laurent FRANCHISTÉGUY, Maryvonne KERDONKUFF, Laurent LI et Thomas NOEL</i> .....	457
LE CHANGEMENT CLIMATIQUE VA-T-IL DESTABILISER LA FILIÈRE VITI-VINICOLE DANS LE ROUSSILLON ? <i>Anne-Laure LERBOULLET, Gérard BELTRANDO, Douglas K. BARDSLEY et Eric ROUVELLAC</i> .....	463
VARIABILITÉ SPATIO-TEMPORELLE DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR (1950-2009) DANS LE DÉPARTEMENT DE LA DRÔME (RÉGION RHÔNE-ALPES, FRANCE) <i>Eve LEROY, Sandra ROME et Sylvain BIGOT</i> .....	469
IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'ENNEIGEMENT DE MOYENNE MONTAGNE : L'EXEMPLE DU SITE DU COL DE PORTE EN CHARTREUSE <i>Bernard LESAFFRE, Yves LEJEUNE, Samuel MORIN, Jean-Michel PANEL et Daniel PONCET</i> .....	475
CONDITIONS MÉTÉO-MARINES RESPONSABLES DES SUBMERSIONS MARINES EN MANCHE ORIENTALE : MÉTHODES INDUCTIVE ET NATURALISTE <i>Pauline LETORTU, Stéphane COSTA et Olivier CANTAT</i> .....	481
RÉSEAU DE COLLABORATIONS SCIENTIFIQUES ET THÈMES DE RECHERCHE DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DE CLIMATOLOGIE <i>Malika MADELIN</i> .....	487
TYPES DE CIRCULATION ASSOCIÉS AU FLUX DES ÉTÉSIENS DANS LA MER ÉGÉE <i>Panagiotis MAHERAS, Konstantia TOLIKA, Christina ANAGNOSTOPOULOU et Fotini KOLYVA-MACHERA</i> .....	493
LES TERRITOIRES DU RISQUE ET LE CLIMAT À LAVAL (1480-1537) <i>Jean-Pierre MARCHAND et Valérie BONNARDOT</i> .....	499
RÉGIONALISATION DES MODÉLISATIONS DE TEMPÉRATURES EN FRANCE POUR LA PÉRIODE 2071-2100 À PARTIR DU MODÈLE ARPÈGE-CLIMAT POUR LES SCÉNARIOS A1B, A2 ET B1 <i>Nicolas MARTIN, Pierre CARREGA et Cyriel ADNES</i> .....	505

ÉLÉMENTS CLIMATIQUES, INDICES BIOCLIMATIQUES ET SAISON GRIPPALE 2010-2011 DE L'AGGLOMÉRATION DE SFAX (TUNISIE MÉRIDIONALE) : COMPRÉHENSION ET RELATION <i>Wahida MEJRI</i> .....	511
LES INONDATIONS URBAINES À CURITIBA (BRÉSIL) <i>Francisco MENDONÇA</i> .....	517
MODÉLISATION CLIMATIQUE EN HIMALAYA AVEC LE MODÈLE MAR : APPORT D'UNE SIMULATION RÉGIONALE POUR L'ANALYSE DES CHAMPS DE PRÉCIPITATION ET DE COUVERTURE NEIGEUSE <i>Martin MENEGOZ, Hubert GALLÉE et Hans-Werner JACOBI</i> .....	523
VARIABILITÉ SPATIALE DU POUVOIR EXPLICATIF DE DIFFÉRENTS PRÉDICTEURS ATMOSPHÉRIQUES POUR L'ESTIMATION DES PRÉCIPITATIONS JOURNALIÈRES SUR LE TERRITOIRE FRANÇAIS <i>Abdelkader MEZGHANI, Benoit HINGRAY et Matthieu LAFAYSSÉ</i> .....	529
LE RÔLE DES BRISES THERMIQUES SUR LA VARIABILITÉ SPATIO-TEMPORELLE DES PM10 EN PAYS VENÇOIS (ALPES-MARITIMES, FRANCE) <i>Nicolas MICHELOT et Pierre CARREGA</i> .....	535
APPORT DE L'IMAGERIE SATELLITALE À L'ESTIMATION DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION RÉELLE JOURNALIÈRE DANS LE DELTA DE LA MEJERDA EN TUNISIE <i>Mustapha MJEJRA, Latifa HENIA et Vincent DUBREUIL</i> .....	541
ESTIMATION DES PRÉCIPITATIONS PAR IMAGERIE SATELLITAIRE BASÉE SUR LA MÉTHODE TAMSAT <i>Fatiha MOKDAD et Boualem HADDAD</i> .....	547
LE RÉGIME DE PLUIE D'UNE RÉGION MONTAGNEUSE MÉDITERRANÉENNE : ANALYSE STATISTIQUE À FAIBLE PAS DE TEMPS <i>Gilles MOLINIÉ, Davide CERESSETTI, Sandrine ANQUETIN, Jean-Dominique CREUTIN et Brice BOUDEVILLAIN</i> .....	553
PRÉCIPITATIONS TROPICALES : QUELLE PRÉVISIBILITÉ POTENTIELLE À L'ÉCHELLE INTRASAISSONNIÈRE ET LOCALE ? <i>Vincent MORON, Pierre CAMBERLIN, Nathalie PHILIPPON, Andrew W. ROBERSTON</i> .....	559
LE DÉFICIT D'HUMIDITÉ DANS LE SOL ET SON IMPACT SUR LES ACTIVITÉS AGRICOLES DANS LA HAUTE PLAINE SITUÉE ENTRE LES VALLÉES DES RIVIÈRES ARGEŞ ET PRAHOVA (ROUMANIE) – ÉTUDE DE CAS (AOÛT-NOVEMBRE 2011) <i>Ovidiu MURĂRESCU, Gica PEHOIU, George MURĂTOREANU et Rareş ȚURLOIU</i> .....	565
INDICES BIOMÉTÉOROLOGIQUES DANS LA RÉGION DU PIÉMONT (ITALIE) : ÉVALUATION DE L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE AVEC DES MODÈLES CLIMATIQUES RÉGIONAUX <i>Mariaelena NICOLELLA et Daniele CANE</i> .....	571
LES VAGUES DE CHALEUR DANS LA RÉGION LILLOISE DE 1950 À 2009 : LE CAS DU 15 AU 20 AOÛT 2009 <i>Caroline NORRANT-ROMAND</i> .....	577
ÉVALUATION DES RÉCENTS CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LE LITTORAL ATLANTIQUE MAURITANIEN <i>Zeineddine NOUACEUR, Benoit LAIGNEL et Bastien DIEPPOIS</i> .....	583
VULNERABILITÉ ÉCONOMIQUE DES POPULATIONS PAYSANNES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LE BÉNIN MÉRIDIONAL ET CENTRAL (AFRIQUE DE L'OUEST) <i>Euloge OGOUWALE, Maman-Sani ISSA et Akibou A. AKINDELE</i> .....	589
ÉVOLUTION RÉCENTE DES EXTRÊMES PLUVIOMÉTRIQUES EN AFRIQUE DE L'OUEST <i>Gérémy PANTHOU, Théo VISCHEL, Thierry LEBEL, Guillaume QUANTIN et Anne-Catherine FAVRE</i> .....	595
IMPACT DES VARIATIONS CLIMATIQUES SUR LA PHÉNOLOGIE AU SEIN DE DEUX ZONES ATELIERS : ALPES ET ARMORIQUE <i>Benoît PERRIMOND, Sylvain BIGOT et Hervé QUENOL</i> .....	601

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE À L'ÉCHELLE DE LA DRÔME : ANALYSE ET ÉVALUATION DES PROJECTIONS CLIMATIQUES ISSUES DU PROGRAMME SCAMPEI <i>Félix PHILIPPE, Sylvain BIGOT et Sandra ROME</i> .....	607
INFLUENCE DE L'ENSO SUR LES PRÉCIPITATIONS DE LA RÉGION À PLUIES D'HIVER D'AFRIQUE DU SUD <i>Nathalie PHILIPPON, Mathieu ROUAULT, Yves RICHARD, Alice FAVRE</i> .....	613
RECOURS À UNE CAMPAGNE DE MESURES TOPOCLIMATIQUES APPLIQUÉE POUR UNE ÉTUDE COMPARATIVE DE VARIABLES MÉTÉOROLOGIQUES CONCOMITANTES PROVENANT DES STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES DE BRUGGE ET DU MONT RIGI EN BELGIQUE <i>Xavier PIRARD, Nicolas JORION, Sébastien DOUTRELOUP, Xavier FETTWEIS et Michel ERPICUM</i> ...	619
SÉCHERESSES ET DÉFICIENCE HYDRIQUE DES SOLS DANS DES ZONES AGRICOLES DE LA SARDAIGNE DURANT LA PÉRIODE 1951-2010 <i>Maria Antonia PULINA</i> .....	625
SUIVI PAR TÉLÉDÉTECTION DE L'ÉVOLUTION DES SURFACES GLACIAIRES ET DE L'ALTITUDE DE LA LIGNE D'ÉQUILIBRE POUR LES ALPES FRANÇAISES : SENSIBILITÉ AUX PARAMÈTRES MORPHO-CLIMATIQUES POUR LA PÉRIODE 1984-2010 <i>Antoine RABATEL, Jean-Pierre DEDIEU, Anne LETREGUILLY et Delphine SIX</i> .....	631
ÉTUDE DE L'IMPACT SUR LES RESSOURCES EN EAU DE LA SÉCHERESSE PERSISTANTE RÉCENTE EN ALGÉRIE <i>Jean-Luc RAHUEL, Khier BOUGUERRA, Olivier CAYLA et Anne-Sophie JARDIN</i> .....	637
CARACTÉRISATION INTERANUELLE ET SAISONNIÈRE DU RÉGIME PLUVIOMÉTRIQUE DEPUIS 1973 DANS LA VALLÉE DU ZONGO ET L'ALTIPLANO (BOLIVIE) <i>Cinthya RAMALLO, Jean-Emmanuel SICART, Thierry LEBEL et Thomas CONDOM</i> .....	643
LACUNES ET COMPLEMENT DES MESURES DE PLUIES : QUEL IMPACT POUR LA SIMULATION DE RENDEMENTS AGRICOLES EN ZONE SAHÉLIENNE ? <i>Johanna RAMAROHETRA, Philippe ROUDIER et Benjamin SULTAN</i> .....	649
INFLUENCE DE LA TOPOGRAPHIE ET DE L'OCCUPATION DU SOL SUR L'INTENSITÉ ET LA SUPERFICIE DES CELLULES DE PLUIES INTENSES : PREMIERS RÉSULTATS SUR LE CENTRE-EST FRANÇAIS <i>Florent RENARD et Jacques COMBY</i> .....	655
LES PAROXYSMES BIO-THERMIQUES DANS LA RÉGION DE LA TUNISIE DU NORD <i>Mustapha RIAHI</i> .....	661
MODÈLES DE CLIMATS RÉGIONAUX : POTENTIELS ET LIMITES <i>Yves RICHARD, Pascal ROUCOU, Julien CRETAT, Thierry CASTEL et Benjamin POHL</i> .....	667
PRÉCIPITATIONS ET RENDEMENTS DES OLIVIERS DANS LA PROVINCE DE JAÉN (ANDALOUSIE), 1955-2009 <i>Josyane RONCHAIL, Céline MORCEL, Marianne COHEN et David LABAT</i> .....	673
ANALYSE SPATIALE ET TEMPORELLE DE LA VARIABILITÉ À MÉSO-ÉCHELLE DU RÉGIME PLUVIOMÉTRIQUE SAHÉLIEN DEPUIS LES ANNÉES 1950 <i>Aurélien ROSSI, Théo VISCHEL et Thierry LEBEL</i> .....	679
ÉLABORATION DES TEMPÉRATURES MENSUELLES À PARIS À PARTIR DES PLUS ANCIENNES OBSERVATIONS THERMOMÉTRIQUES <i>Daniel ROUSSEAU</i> .....	685
PRÉCIPITATIONS ET ÉMERGENCE DU RISQUE D'INONDATIONS À ZIGUINCHOR (SUD-OUEST DU SÉNÉGAL) <i>Tidiane SANE, Oumar SY et El Hadji Balla DIEYE</i> .....	691
PROJECTION DES RENDEMENTS ARACHIDIERS AU SÉNÉGAL À L'HORIZON 2040 AVEC UN MODÈLE D'ARBRE DE RÉGRESSION ET DE CLASSIFICATION <i>Mamadou Adama SARR, Ousmane SEIDOU, Christopher BRYANT et Jacques COMBY</i> .....	697
MICROCLIMAT D'UNE COMBE FROIDE DU JURA (RÉGION DU MARCHAIRUZ, VAUD, SUISSE) <i>Philippe SCHOENEICH</i> .....	703

ÉTUDE DES VARIATIONS CLIMATIQUES DE LA RÉGION CENTRE DU MAROC <i>Abdelali SEBBAR, Mohamed HSAINE, Hassan FOUGRACH et Wadi BADRI</i> .....	709
COMPARAISON DES MÉTHODES LOCALES D'ESTIMATION DES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES EN FRANCE EN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE <i>Jean-Michel SOUBEYROUX, Romain FANTIN, Jean-Michel VEYSSEIRE, François BORCHI, Federico GARAVAGLIA et Patrick ARNAUD</i> .....	715
IMPACT DE LA TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA MER SUR LES VENTS CÔTIERS <i>Bamol SOW, Patrick MARCHESIELLO, Moctar CAMARA, Christophe MESSAGER et Samo DIATTA</i> .....	721
LA VILLE DE DOUALA : ENTRE BAISSÉ DES PRÉCIPITATIONS ET HAUSSE DES TEMPÉRATURES <i>Gratien TCHIADEU, Joseph Magloire OLINGA OLINGA</i> .....	727
RELATIONS ENTRE LES CONDITIONS CLIMATIQUES ET LES RESSOURCES EN EAUX DANS LA DOBROGEA DU SUD (ROUMANIE) <i>Camelia Eliza TELTEU</i> .....	733
MODÉLISATION DE LA VARIABILITÉ SPATIALE DE LA NEIGE AU SOL SUR LES ALPES OCCIDENTALES ITALIENNES : LA VALEUR AJOUTÉE DE L'UTILISATION DES DONNÉES SATELLITAIRES MODIS <i>Silvia TERZAGO, Roberto CREMONINI et Simona FRATIANNI</i> .....	739
PERCEPTION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE PAR LES PROFESSIONNELS DU TOURISME : EXEMPLE DANS LE DÉPARTEMENT DE LA DRÔME (FRANCE) <i>Céline TRITZ, Sophie SCHIAVONE, Sandra ROME, Sylvain BIGOT, Léa DAVID et Isabelle POCHELON</i>	745
LES SÉCHERESSES ET LES AGRICULTEURS DES COTEAUX DU BAS-QUERCY <i>Bénédicté VEYRAC-BEN AHMED</i> .....	751
SIMULATION STOCHASTIQUE DE CHAMPS DE PLUIE À HAUTE RÉOLUTION AU SAHEL <i>Théo VISCHEL, Guillaume QUANTIN et Thierry LEBEL</i> .....	757
VARIABILITÉ CLIMATIQUE ET RISQUES PATHOLOGIQUES DANS LA COMMUNE LACUSTRE DES AGUÉGUÉS AU BÉNIN (AFRIQUE DE L'OUEST) <i>Expédit Wilfrid VISSIN</i> .....	763
CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET CRUES TORRENTIELLES EN MONTAGNE : QUELLES RELATIONS ? <i>Bruno WILHELM, Fabien ARNAUD, Pierre SABATIER, Charline GIGUET-COVEX et Jean-Jacques DELANNOY</i> .....	769
TENDANCES CLIMATIQUES ET MUTATIONS AGRICOLES DANS LE BASSIN DU ZOU AU BÉNIN (AFRIQUE DE L'OUEST) <i>Guy WOKOU, Euloge OGOUWALÉ, Ibouaïma YABI et Etienne DOMINGO</i> .....	775
MIGRATIONS DE L'ÉQUATEUR MÉTÉOROLOGIQUE ET PRÉCIPITATIONS AU SÉNÉGAL EN 2008 ET 2009 <i>Madiop YADE, Pascal SAGNA et Pierre Corneille SAMBOU</i> .....	781
LES SÉCHERESSES DES DERNIÈRES DÉCENNIES DANS LA PLAINE ROUMAINE <i>Liliana ZAHARIA, Gérard BELTRANDO, Gabriela IOANA-TOROIMAC, Gabriel MINEA et Florina GRECU</i> .....	787
ANALYSE DE QUELQUES CARACTÉRISTIQUES DE LA SAISON DES PLUIES DANS LE DÉPARTEMENT DU BORGOU (BÉNIN, AFRIQUE DE L'OUEST) <i>Soufouyane ZAKARI, Ibouaïma YABI, Euloge OGOUWALÉ et Michel BOKO</i> .....	793

# VULNERABILITÉ ÉCONOMIQUE DES POPULATIONS PAYSANNES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LE BÉNIN MÉRIDIONAL ET CENTRAL (AFRIQUE DE L'OUEST)

**Euloge OGOUWALE, Maman-Sani ISSA et Akibou A. AKINDELE**

*Laboratoire Pierre Pagny 'Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement', Université d'Abomey-Calavi 01 BP 526, Cotonou 01, Bénin. ogkelson@yahoo.fr, issa.42@live.com, akybson@yahoo.fr*

**Résumé :** Cette étude analyse la vulnérabilité économique des populations paysannes aux changements climatiques dans le Bénin méridional et central. En 2050, globalement, les températures augmenteront entre 1,5 et 2°C par rapport à la référence 1961-1990 et les pluies baisseront en moyenne de 20 %. Les données de sortie du DSSAT V.4 montrent que la baisse des rendements agricoles qui seraient de 10 à 30 % pour le scénario analogue sec et SRESB2/HadCM2, engendreront une chute des revenus agricoles de 13 à 40 % par rapport à la moyenne des revenus agricoles actuels.

**Mots-clés :** Bénin méridional et central, scénarios climatiques, rendement agricole, vulnérabilité socio-économique.

**Abstract:** *Peasant economic vulnerability to climate change in southern and central regions of Benin (West of Africa).*

*This study analyzes the economic vulnerability of peasant to climate change in southern and central Benin. In 2050, globally, temperatures will rise between 1.5 and 2°C above the 1961-1990 reference and the rains fall from 20%. The output of DSSAT V.4 show that the decrease of crop yields from 10 to 30% for dry scenario and SRESB2/HadCM2, will induce a decline of farm incomes from 13 to 40%.*

**Keywords:** *Southern and central Benin, climate scenarios, yield, socioeconomic vulnerability.*

## Introduction

Les changements climatiques auront des impacts sur l'agriculture des pays en développement (IPCC, 2001). Au Bénin, les travaux de Boko (1988), Afouda (1990), Houndénou (1999) et Ogouwalé (2001 et 2006) ont révélé que l'augmentation des températures et la forte variabilité de la pluviométrie et les différents contrastes saisonniers caractérisant le climat affectent significativement les rendements agricoles.

Dans le Bénin central et méridional, la production agricole reste fortement tributaire des précipitations. Dès lors, les changements climatiques majeurs peuvent affecter sérieusement les activités agricoles qui procurent les aliments aux populations et constituent la première source de revenus des paysans.

## 1. Matériels et méthodes

L'évaluation du climat futur est faite à partir de la définition de trois scénarios. Le scénario 1, le « scénario analogue sec » est basé sur une d'augmentation des températures de 2°C associée à une baisse de 20 % des précipitations par rapport à celles de la normale 1971-2000. Pour le scénario 2 « scénario analogue humide », il est supposé que les températures augmenteront de 1,5°C avec un accroissement de 20 % de la pluviométrie en référence à celle de normale 1961-1990. Le scénario 3, « SRESB2/HadCM2 » est construit en utilisant les modèles numériques de simulation que sont le Model for Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change et le Scenario Generator (MAGGIC SCENGEN). Ces modèles climatiques offrent des estimations de concentrations de gaz à effet de serre, de l'élévation du niveau de la mer, de la température et de la pluviométrie sur la période 1990-2100 (IPCC, 2001).

Pour évaluer l'impact des changements climatiques sur les rendements, six cultures à

savoir le maïs, le manioc, le niébé, l'arachide, l'igname et le riz ont été choisies en raison du fait qu'elles génèrent l'essentiel des revenus aux populations et certaines d'entre elles entrent dans les habitudes alimentaires et sont de loin les plus cultivées (INSAE, 2009).

Les données climatologiques futures (précipitations, températures, etc. en considérant l'échelle mensuelle) ont été injectées dans le DSSAT V.4, et qui utilise les résultats du modèle de photosynthèse élaboré par De Wit (1965) pour simuler les rendements agricoles dans lequel il est intégré une chaîne de protocoles statistiques dont la dernière séquence s'écrit :

$$B_{ne} = B_{np} \times MYRF \times WI \times SI \text{ et } RE = B_{ne} \times HI$$

où  $B_{ne}$  = biomasse nette estimée ou espérée en kg/ha ;  $B_{np}$  = biomasse nette potentielle en kg/ha ;  $MYRF$  = indice de réduction du rendement par le stress hydrique (0 à 1) ;  $WI$  = indice de possibilité de travail ;  $SI$  = indice de sol (0 à 1) ;  $RE$  = rendement espéré en kg ha<sup>-1</sup> ;  $HI$  = indice de récolte.

Ces rendements simulés ont été comparés à ceux du MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche) en considérant la moyenne de la période 1992-2010. Les implications économiques et partant les situations sociales de 2050 sont appréhendées à partir d'une analyse systémique qui permet d'évaluer les revenus par hectare et par culture testée, en considérant une hypothèse qui projette une évolution mais pas remarquable des situations économiques et en supposant qu'à l'horizon 2050, les prix actuels des produits agricoles connaîtront une augmentation de 10 % au plus si l'on se réfère à l'évolution des prix sur la période 1992-2010.

Les incidences de la baisse des rendements sur les revenus ont été évaluées en considérant par exemple un ménage qui emblave un hectare par culture ciblée au cours d'une année agricole et en supposant que ledit ménage cultivera la même superficie par culture en 2050.

## 2. Résultats

### 2.1. Situations agroclimatique et socio-économique de base

Le secteur d'étude est marqué par deux facettes climatiques. La première est caractérisée par un régime bimodal (partie méridionale) et la seconde par un climat de transition avec à la fois un régime unimodal (2 années sur 3) et un régime bimodal (1 année sur 3) selon Boko (1988) et Afouda (1990). La figure 1 présente les caractéristiques pluviométriques des deux régions d'étude.

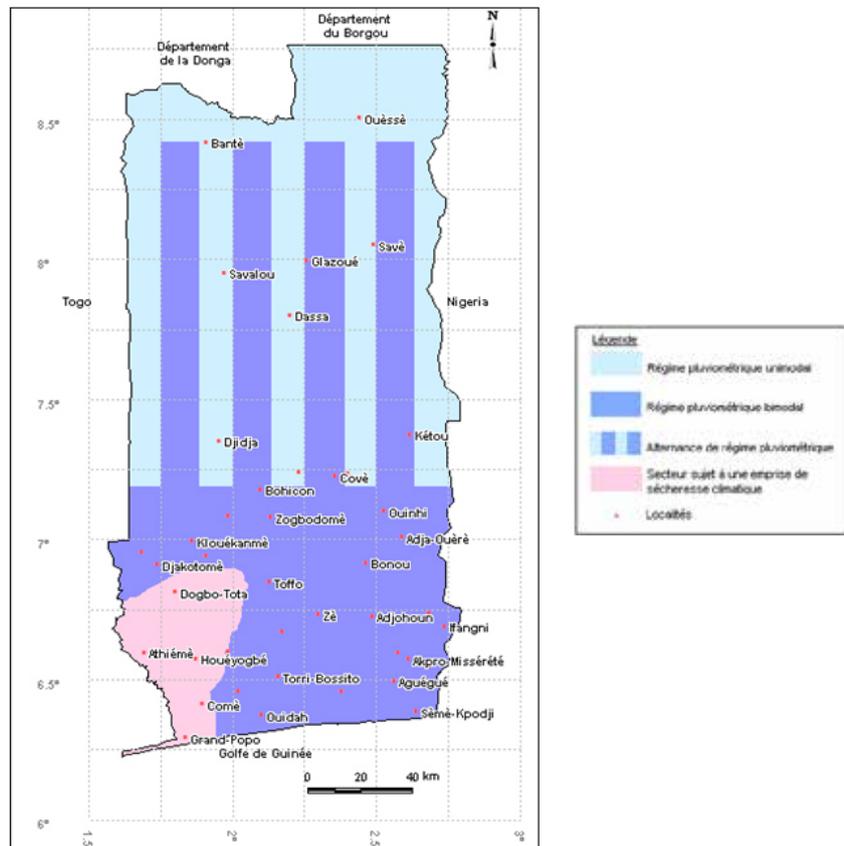
Le sud-ouest du Bénin méridional, marqué par la présence d'une emprise de sécheresse (diminution anormale des hauteurs de pluies sur une période significativement longue), est qualifié de diagonale de sécheresse par Bokonon-Ganta (1987). Dans le Bénin central, le changement où l'alternance du régime pluviométrique (unimodal ou bimodal) constitue, dans une certaine mesure, un facteur naturel limitant le développement des activités socio-économiques, notamment l'agriculture.

Pour atténuer les impacts qu'imposent ces climats, les populations paysannes ont développé des systèmes de production selon les terroirs, basés sur l'igname, le manioc, l'arachide et le maïs avec un mode d'exploitation des terres qui reste dominé par la culture sur brûlis avec peu d'intrants. Par ailleurs, les enquêtes et observations sur le terrain montrent que la culture séquentielle reste pour le paysan, le moyen d'utiliser toutes les possibilités agronomiques du sol sans l'épuiser.

Dans les deux régions d'étude, ce sont les revenus agricoles qui dominent la structure budgétaire avec une importance relative de 55 % (Ogouwalé, 2006). Le revenu net a été évalué à 97 977 F CFA par ménage et par an, contre une dépense moyenne de 114 065 F CFA

(Ogouwalé, 2006). Soixante dix pour cent des revenus sont consacrés à l'alimentation des ménages selon les données de l'INSAE (2009). Globalement, les ménages sont confrontés à une situation de déficit budgétaire. En dépit des efforts consentis par les différents acteurs du développement, rien ne laisse augurer d'une bonne perspective surtout que les tendances démographiques associées à la faible productivité dans tous les secteurs économiques vont probablement se poursuivre au cours des prochaines décennies.

**Figure 1 :** Statuts et contraintes pluviométriques dans le Bénin méridional et central (Ogouwalé, 2006).



## 2.2. Rendements futurs des cultures testées

Dans les conditions d'exploitation agricole connues et avec l'utilisation des variétés actuelles de cultures, les cultures testées sont vulnérables aux changements climatiques. Dans le Bénin méridional, les rendements du manioc seraient voisins dans le scénario analogue sec et SRESB2/HadCM2. Il en serait de même pour le maïs avec respectivement des rendements de 695 et 747 kg/ha (tableau 1).

**Tableau 1 :** Rendements (kg/ha) des cultures en 2050 par scénario climatique dans le Bénin méridional et central.

Scénarios Culture	Scénario analogue sec		Scénario analogue humide		Scénario SRESB2/ HadCM2	
	Bénin méridional	Bénin central	Bénin méridional	Bénin central	Bénin méridional	Bénin central
Arachide	510	513	794	1002	577	629
Igname	8544	4294	9715	12170	9404	7806
Maïs	695	704	897	1047	747	708
Manioc	7929	7962	9384	9281	7879	6606
Niébé	456	437	555	703	475	395
Riz	1681	1501	2381	2858	1849	1902

Source : Résultats de simulation par DSSAT V.4 (2006)

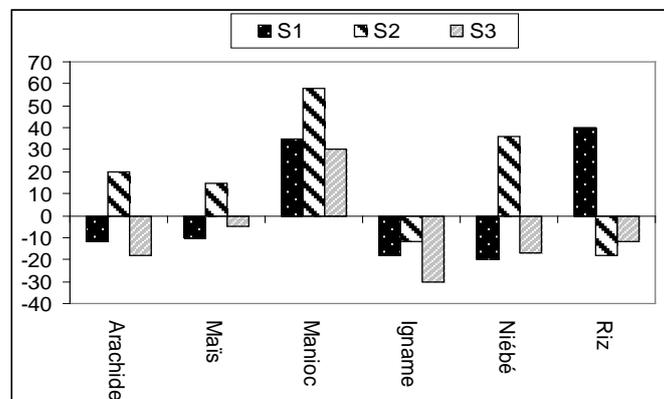
Bénin méridional

Bénin central

Dans le centre du Bénin, le rendement de l'arachide varierait énormément selon les scénarios. Il serait respectivement de 513, 1002 et 629 kg/ha dans les scénarios analogues sec, humide et SRESB2/HadCM2. De même, l'igname enregistrerait un rendement de 4294 kg/ha dans le scénario analogue sec alors qu'il serait trois fois plus élevé dans le scénario SRESB2/HadCM2. En clair, les rendements des cultures baisseraient de façon importante dans les scénarios 1 et 3. Avec la situation climatique du scénario 2, la chute des rendements serait moindre en comparaison à celle enregistrée dans les scénarios 1 et 3. Les conséquences économiques de ces scénarios seront probablement importantes.

### 2.3. Détérioration des revenus agricoles

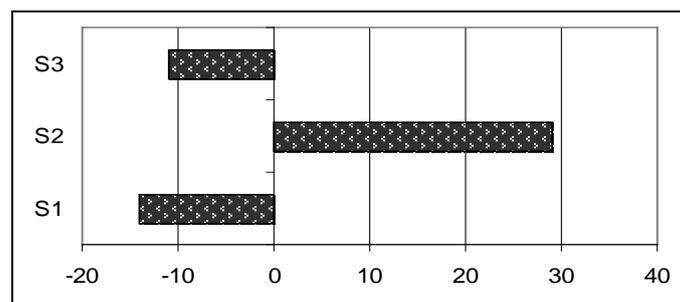
Les revenus par hectare des produits agricoles évolueraient selon les scénarios à l'horizon 2050 (figure 2). Au regard des données de la figure 3, on réalise que la baisse des revenus serait comprise entre 12 et 21 % selon le scénario 1. Les producteurs qui produisent principalement de l'igname et du niébé seraient les plus affectés. Dans le même temps, les revenus tirés de la culture du riz et du manioc augmenteraient respectivement de 35 et 33 %.



**Figure 2 :** Evolution comparée des revenus (%) par hectare à l'horizon 2050 selon les scénarios 1, 2 et 3.

Dans le cas du scénario 2, en dehors de la culture de l'igname et du riz dont les revenus générés chutent, le reste des cultures pourrait procurer des ressources assez appréciables aux populations paysannes. En général, les ressources générées par les cultures vont s'accroître, mais si les tendances actuelles se poursuivaient (inflation, augmentation du coût de vie, etc.), on peut se demander si ces ressources seront suffisantes au point de permettre aux populations de satisfaire leurs besoins, répondre à leurs obligations sociales à l'horizon de 2050.

Pour le scénario 3, les baisses des revenus seront importantes, hormis le manioc qui se singularise par une augmentation. Les revenus générés par la culture du niébé régresseraient de 30 %. Par ailleurs, si on considère un ménage qui cultive un hectare de chaque culture, l'évolution des revenus annuels se présentera tel qu'indiqué par la figure 3.



**Figure 3 :** Evolution annuelle des revenus générés par l'ensemble des cultures par scénario.

Dans les scénarios 1 et 3, les baisses des revenus annuels seraient comprises entre 10 et 14 % en 2050. Il en résulterait une nette dégradation des conditions de vie des populations. Par contre, ils connaîtraient une hausse d'environ 30 % selon le scénario 2. Les revenus par tête sont déjà faibles et l'incidence de la pauvreté est de 38,55 % en milieu rural contre 28,35 % en milieu urbain (INSAE, 2009). C'est dans ce contexte que malheureusement, l'unique ou la plus importante source de revenus des populations serait fragilisée par les changements climatiques. En somme, tout laisse présager que les changements climatiques, à cause de leurs effets négatifs sur l'agriculture, déboucheraient sur une accentuation de la pauvreté.

### 3. Discussions et conclusion

Pour l'évaluation de la vulnérabilité des rendements des cultures aux changements climatiques, il est supposé que les cultures subissent une contrainte homogène au cours des phases de leur croissance (germination, floraison, maturation, etc.), ce qui n'est pas le cas. Par ailleurs, l'évolution des facteurs sociaux, économiques ou encore l'évolution de l'action des insectes ravageurs au fur et à mesure des changements dans la répartition spatio-temporelle des paramètres climatiques, reste à être mieux prise en compte. De même, le scénario SRESB2 ne règle pas tous les problèmes liés à l'élaboration de scénarios socioéconomiques, même s'il constitue une bonne base pour l'examen de facteurs importants tels que la croissance et les tendances démographiques, la conjoncture économique et les changements technologiques (IPCC, 2001). Les émissions suggérées par ledit scénario sont donc à relativiser.

En outre dans ce travail, l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre liée aux activités humaines est supposée être le seul responsable des changements climatiques. Or, Berger (1992) indique que les changements du climat dépendent d'abord du jeu de plusieurs facteurs dont les variations du bilan radiatif du globe terrestre. Mieux, si les modèles climatiques convergent pour montrer que le monde tropical sera marqué par un réchauffement, pour les précipitations, certains de ces modèles prévoient des précipitations accrues et d'autres des périodes plus sèches dans les régions tropicales et des incertitudes subsistent quant à l'aptitude des modèles à simuler la variabilité naturelle de manière réaliste et l'importance des changements à venir (Parry, 1990 ; Issa, 1995). C'est dire donc que les incidences des changements climatiques sur les productions agroalimentaires et les revenus agricoles restent à être réévaluées dès que ces incertitudes seront levées. Par ailleurs, les possibilités d'adaptation des paysans, les progrès sur le plan agronomique (mise à jour des cultivars adaptés) ainsi que la question d'accès à la terre sont encore à mieux appréhender pour affiner les résultats des simulations des rendements agricoles. Après toutes ces réserves, les rendements obtenus ici avec ceux de Issa (1995), utilisant le GCM (HadCM2), sont comparables dans les scénarios 1 et 2.

Pour ce qui concerne le choix des cultures, cette étude n'embrasse pas l'ensemble des productions réalisées chaque année dans le centre du Bénin. Il aurait été intéressant d'adjoindre à cette liste de cultures testées, l'anacarde, actuellement très cultivé dans la région et générant d'importants revenus annuels aux populations.

Au terme de ce travail, deux points essentiels sont à retenir : (1) l'agriculture des régions étudiées, déjà sujettes à de forte variabilité pluviométrique est potentiellement vulnérable à un climat modifié. En effet, par rapport aux rendements compilés dans le compendium des statistiques agricoles du MAEP, les pertes potentielles seraient plus importantes dans les scénarios 1 et 3 par rapport au scénario 2. (2) La vulnérabilité économique des populations paysannes induira une augmentation numérique des pauvres dans un contexte où le coût de vie augmentera au regard du système économique actuel. Cette situation aurait pour corollaires l'impossibilité de s'offrir les soins de santé, l'incapacité de payer les frais de

scolarisation, etc. dans la mesure où les simulations effectuées attestent globalement, par exemple, d'une baisse de revenus de 10 à 34 % dans le scénario 1.

### Références bibliographiques

Afouda F., 1990 : *L'eau et les cultures dans le Bénin central et septentrional : étude de la variabilité des bilans de l'eau dans leurs relations avec le milieu rural de la savane africaine*. Thèse de doctorat nouveau régime. Paris IV Sorbonne, 428 p.

Berger A., 1992 : *Les climats de la Terre : Un passé pour quel avenir ?* De Boeck Wesmael, Bruxelles, 479 p.

Boko M., 1988 : *Climat et communautés rurales au Bénin, rythmes climatiques et rythmes de développement*. Thèse de doctorat d'Etat, Dijon, Université de Bourgogne, 605 p.

Bokonon-Ganta E. B., 1987 : *Les climats de la région du Golfe du Bénin. (Afrique Occidentale)*. Thèse de doctorat du 3<sup>ème</sup> cycle, Paris IV, Sorbonne, 248 p + Annexes.

De Wit, C.T., 1965 : *Photosynthesis of leaf canopies*. Center for Agriculture Publications and Documentation, Wageningen, Agric. Res. Rep., 663, 57 p.

Houndénu C., 1999 : *Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide : l'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation*. Thèse, Université de Dijon, 382 p.

INSAE [Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique], 2009 : *Enquête Modulaire Intégrée sur les Conditions de Vie des Ménages*. Cotonou, 33 p.

IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] (2001) : *Incidences de l'évolution du climat dans les régions : Rapport spécial sur l'évaluation de la vulnérabilité en Afrique*. Island Press, Washington, 53 p.

Issa M. S., 1995 : *Impacts potentiels d'un changement climatique dû au doublement du CO<sub>2</sub> atmosphérique sur l'agriculture en République du Bénin*. Université Senghor d'Alexandrie, DESS, 113 p.

MAEP [Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche] (1992, 1997, 2002, 2006 et 2010) : *Compendiums des statistiques agricoles de plusieurs campagnes*. Cotonou.

Ogouwalé E., 2001 : *Vulnérabilité/adaptation de l'agriculture aux changements climatiques dans le Département des Collines*. Mémoire de maîtrise, DGAT/UAC, 119 p.

Ogouwalé E., 2006 : *Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire*. Thèse unique de doctorat de l'UAC, 302 p.

Parry M., 1990: *Global environmental change, Human and Policy Dimensions*. Special issue of an assessment of the global effects of climate change under SRES emissions and socio-economic scenarios, United Nations University, University of East Anglia, UK, 99 p.