

I.R.D.

Institut de Recherche pour le Développement



Rapport de mission

Du 31 août au 6 septembre 2009

« *Extrêmes climatiques : genèse, modélisation et impacts* »

XXII^{ème} Colloque de L'Association Internationale de Climatologie
Université Roumaine de Cluj, Roumanie

Georges Nizinski
Anh Galat-Luong
Gérard Galat

Institut de Recherche pour le Développement, IRD-Unité de Recherche 060 « Climat et Fonctionnement des Agro-écosystèmes – rôle de l'agrobiodiversité dans la stabilité de la production », Centre de Montpellier, B.P. 64501, 911 Avenue Agropolis, 34394 Montpellier cedex 5, Téléphone : 04-67-41-61-00, Fax: 04-67-41-63-30 ;
E-mail: georges.nizinski@ird.fr

Ce rapport contient:

A) Cadre général de la mission

B) Déroulement de la mission

C) Résultats de la mission

- **Annexe n°1** – Programme du XXII^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, du mardi 1 au samedi 5 septembre 2009, Université « Babes-Bolyai » de Cluj-Napoca, Roumanie
- **Annexe n°2** – Les problématiques scientifiques développées lors du Colloque
- **Annexe n°3** – Les liste et adresses des participants
- **Annexe n°4** – Exposé n°1 du 2 septembre 2009; Session 4 : Aspects bioclimatiques et adaptation (1/2) - « Aspects bioclimatiques de la nécrose corticale de l'hévéa en Côte d'Ivoire »
- **Annexe n°5** – Exposé n°2 du 2 septembre 2009 ; Session 4 : Aspects bioclimatiques et adaptation (1/2) - « Une conséquence du réchauffement climatique : les chimpanzés filtrent leur eau de boisson »
- **Annexe n°6** – Exposé n°3 du 2 septembre 2009; Session 4 : Aspects bioclimatiques et adaptation (2/2) - « L'impact du changement climatique sur les variations des populations de grands vertébrés à leur extrême limite de répartition est-il fonction de leur régimes alimentaires »

A) Cadre général de la mission

Nous avons participé au XXII^{ème} Colloque « *Extrêmes climatiques: genèse, modélisation et impact* » (www.AIC_2009_Cluj-Napoca.ro) (Annexe n°1) organisé par l'Association Internationale de Climatologie¹ et La Faculté de Géographie de l'Université « Babes-Bolyai » de Cluj-Napoca, Roumanie.

Le colloque a eu lieu du 1^{er} au 5 septembre 2009 à Cluj-Napoca en Roumanie sous le patronage du Recteur de l'Université « Babes-Bolyai », Université fêtant son 90^{ième} anniversaire (1919-2009). Le colloque se déroulé pour la session inaugurale à « Aula Magna » (mardi le 1^{er} septembre) et dans le complexe hôtelier « Universitas » pour les conférences.

Nous remercions Michel Erpicum², Professeur de l'Université de Liège, Belgique (Président de l'Association Internationale de Climatologie – AIC), et les Professeurs Ionel Haidu³ et Florin Moldovan⁴ (Faculté de Géographie de l'Université « Babes-Bolyai » de Cluj-Napoca) pour leur accueil et leur aide.

Notre mission en Roumanie avait trois objectifs: 1^{er}) répondre à l'invitation du Professeur Sylvain Bigot⁵ de l'Université Joseph Fourier (Grenoble) et de Gérard Beltrando de l'Université Paris Diderot (Rédacteur en Chef de la revue « Climatologie »); 2^{ème}) faire connaître les activités de l'IRD et en particuliers nos activités de recherche en bioclimatologie au sein de l'Unité de Recherche 060 « Clifa », aux membres de l' Association Internationale de Climatologie (AIC) et à tous les chercheurs réunis pour les trois conférences du 2 septembre; et 3^{ème}) établir une éventuelle collaboration scientifique avec les laboratoires présents.

¹ Association Internationale de Climatologie, www.climato.be/aic/association/bureau.html; Michel Erpicum, Président

² Michel Erpicum, Professeur, Université de Liège, Climatologie et Topoclimatologie, Département de Géographie, Bâtiment B11 Sart Tilman, B-4000 Liège, Belgique

³ Ionel Haidu, Professeur; Facutatea de Geografie, Catedra de Geografie Fizica, Str Clinicilor nr 5-7, 400006 Cluj-Napoca, Romania, téléphone : (40) 264 596 116 ; fax : (40) 264 597 988 ; e-mail : ionel.haidu@ubbcluj.ro

⁴ Florin Moldovan, Facutatea de Geografie, Catedra de Geografie Fizica, Str Clinicilor nr 5-7, 400006 Cluj-Napoca, Romania, e-mail : florin.moldovan@ubbcluj.ro

⁵ Sylvain Bigot, Professeur; Université Joseph Fourier, Grenoble 1, Laboratoire des Transfert en Hydrologie et en Environnement – UMR 5564 ; Institut de Géographie Alpine, 14bis avenue Marie Reynoard, 39100 Grenoble, téléphone : 04-76-82-20-75 ; fax : 04-76-82-20-01, e-mail : sylvain.bigot@ujf-grenoble.fr

Cette mission a pu avoir lieu grâce à l'appui financier de l'IRD, UR 060 - Clifa « Climat et Fonctionnement des Agro-écosystèmes – rôle de l'agrobiodiversité dans la stabilité de la production ».

Ce colloque a permis à la communauté scientifique travaillant sur le climat, en zones tempérée, polaire et tropicale de l'Afrique et de l'Amérique du Sud d'entrer en contact et de définir des méthodes et des cadres appropriés pour un travail en commun (les zones climatiques évoquées France (IRD, Universités, INRA, CNRS, Météo France), Afrique du Sud, Algérie, Argentine, Belgique, Brésil, Bulgarie, Canada, Cameroun, Grèce, Hongrie, Italie, Liban, Madagascar, Maurétanie, Roumanie, Russie, Sénégal, Suisse, Togo et Tunisie). Les problématiques scientifiques sont développées dans l'Annexe n°2.

De nombreuses spécialités étaient représentées: climatologie, hydrologie, écophysologie, bioclimatologie, foresterie, agronomie, économie, météorologie; 157 scientifiques de 21 pays y participaient (liste et adresses des participants dans l'annexe n°3); 100 contributions ont été exposées (65 exposés et 35 posters).

Nous y avons présenté trois communications : 1^{er}) « Aspects bioclimatiques de la nécrose corticale de l'hévéa en Côte d'Ivoire » (Annexe n°4); 2^{ème}) « Une conséquence du réchauffement climatique : les chimpanzés filtrent leur eau de boisson » (Annexe n°5) et 3^{ème}) « L'impact du changement climatique sur les variations des populations de grands vertébrés à leur extrême limite de répartition est-il fonction de leurs régimes alimentaires » (Annexe n°6).

B) Déroulement de la mission

La mission s'est déroulée d'après le programme préparé par l'équipe organisatrice AIC_2009_Cluj, coordonnée par Professeur Ionel Haidu. Il y a eu huit sessions de travail – 65 exposés et 35 posters:

- Session n°1 « Extrêmes climatique hivernaux » (1/2) (quatre exposés) et (2/2) (trois exposés et un poster);
- Session n°2 « Genèse des extrêmes climatiques » (1/2) (quatre exposés) et (2/2) (trois exposés et trois posters);
- Session n°3 « Extrêmes climatiques – extrêmes hydriques » (1/2) (cinq exposés) et (2/2) (trois exposés et deux posters);
- Session n°4 « Aspects bioclimatiques et adaptation » (1/2) (cinq exposés) et (2/2) (trois exposés et un poster);
- Session n°5 « Analyse et modélisation » (1/2) (cinq exposés) et (2/2) (quatre exposés et trois posters);
- Session n°6 « Risques, impacts et gestion » (1/2) (cinq exposés) et (2/2) (cinq exposés et deux posters);
- Session n°7 « Étude de cas particuliers » (1/2) (quatre exposés) et (2/2) (quatre exposés et trois posters);
- Session n°8 « Les extrêmes dans le contexte de changement global » (1/2) (quatre exposés) et (2/2) (quatre exposés et deux posters).

Une excursion était organisée dans le nord de la Roumanie dans la région de Maramures (du 4 au 5 septembre 2009).

Nous avons coordonné la Session n°4, lors de deux séances : 1^{er}) Gérard Galat « *Aspects bioclimatiques et adaptation* » (1/2) et 2^{ème}) Georges Nizinski « *Aspects bioclimatiques et adaptation* » (2/2).

Nous avons débattu de la possibilité d'élargir ce projet à d'autres partenaires travaillant sur des plantations de ligneux en zone tempérée et tropicale. Nous avons abordé les aspects pratiques de fonctionnement de cette éventuelle collaboration: échanges d'informations, propriété des résultats, politique de publication, organisation du réseau, nouveaux sites et perspectives de développement du réseau.

- **Lundi, le 31 août 2009** : départ de Paris pour Cluj.

- Mardi, le 1 septembre** (Annexe n°1 – Programme): La session inaugurale (a) de 9h00 à 9h30: cérémonie d'ouverture – Andrei Marga (le recteur de l'Université « Vabes-Bolyai »), Michel Erpicum (le président de l'Association Internationale de Climatologie), Danut Petrea (le doyen de la Faculté de Géographie); (b) de 9h30 à 13h00: Conférences Invités : Jean-Luc Mercier (le professeur de l'Université de Strasbourg), Dan Balteanu (directeur de l'Institut de Géographie de l'Académie Roumaine), Constanta Boroneant (Le Directeur de Recherche, Autorité Nationale de Météorologie, Roumanie), Pangiotis Maheras (le Professeur de l'Université de Thessaloniki, Grèce), Bernard Seguin (Le Responsable de la mission Changement Climatique de l'INRA, France); de 15h00-16h20 - Session n°1 « Extrêmes climatique hivernaux » (1/2) (Salle « Universitas »; coordinateurs - M. Fazzini et S. Bigot); de 16h20-16h20 - Session n°1 « Extrêmes climatique hivernaux » (2/2) (Salle « Universitas »; coordinateurs – A. Hufty et G. Fortin); de 15h00-16h20 - Session n°2 « Genèse des extrêmes climatiques » (1/2) (Salle « Casa de Oaspeti »; coordinateurs - O. Planchon et Gh. Neamu); de 16h20-16h20 - Session n°2 « Genèse des extrêmes climatiques » (2/2) (Salle « Casa de Oaspeti »; coordinateurs – J. Comby et V. Dubreuil); de 17h40-18h00 – Discussion et clôture de la session n°1 (Salle « Universitas ») et n°2 (Salle « Casa de Oaspeti »).
- Mercredi, le 2 septembre** : (a) de 9h00 à 11h00 - Session n°3 « Extrêmes climatiques – extrêmes hydriques » (1/2) (Salle « Universitas »; coordinateurs – G. Beltrando et L. Zaharia); de 14h20 à 15h40 - Session n°3 « Extrêmes climatiques – extrêmes hydriques » (2/2) (Salle « Universitas »; coordinateurs – F. Vinet et F. Grecu); de 9h00 à 11h00 - Session n°4 « Aspects bioclimatiques et adaptation » (1/2) (Salle « Casa de Oaspeti »; coordinateurs – F. Grégoire et G. Galat); de 14h20 à 15h40 - Session n°4 « Aspects bioclimatiques et adaptation » (2/2) (Salle « Casa de Oaspeti »; coordinateurs – A. Gammar et J. Nizinski); de 15h20-15h40 – Discussion et clôture de la session n°3 (Salle « Universitas ») et n°4 (Salle « Casa de Oaspeti »); de 16h00 à 18h00 - Session n°5 « Analyse et modélisation » (1/2) (Salle « Universitas »; coordinateurs – L. Jaeger et G. Blanchet); de 16h00 à 18h00 - Session n°5 « Analyse et modélisation » (2/2) (Salle « Universitas »; coordinateurs – J.M. Fallot et C.V. Patriche); de 16h00 à

18h00 - Session n°6 « Risque, impacts et gestion » (1/2) (Salle « Casa de Oaspeti »; coordinateurs – M. Erpicum et M. Vandiepenbeeck); de 17h40-18h00 – Discussion et clôture de la session n°6 (1/2) (Salle « Casa de Oaspeti »); fin de la 2^{ème} journée.

- **Jeudi, le 3 septembre** : (a) de 9h00 à 10h40 - Session n°6 « Risques, impacts et gestion » (2/2) (Salle « Casa de Oaspeti »; coordinateurs – P. Carrega et W. Endlicher); de 11h00 à 12h20 - Session n°7 « Étude de cas particuliers » (1/2) (Salle « Universitas »; coordinateurs – P. Paul et H. Ben Boubaker); de 14h20 à 16h00 - Session n°7 « Étude de cas particuliers » (2/2) (Salle « Universitas »; coordinateurs – A. Douguédroit et Gh. Mahara); de 11h00 à 12h20 - Session n°8 « Les extrêmes dans le contexte de changement global » (1/2) (Salle « Casa de Oaspeti »; coordinateurs – S. Rome et Z. Nouaceur); de 14h20 à 16h00 - Session n°7 « Les extrêmes dans le contexte de changement global » (2/2) (Salle « Casa de Oaspeti »; coordinateurs – R. Juvanon du Vachat et H. Quéno); de 15h40-16h00 – Discussion et clôture de la session n°8 (Salle « Casa de Oaspeti »); de 16h00 à 18h00 : Session de posters – Synthèse des posters, discussions, allocution de clôture du colloque. Fin de la 3^{ème} journée. De 17h00 à 18h30 : Assemblée Générale de l'Association Internationale de Climatologie. Salle de conférence, Salle « Universitas ».
- **Vendredi, le 4 septembre** : (a) de 7h30 à 20h30 Excursion en Maramures : (a) Visite du Musée de minéralogie de Baia Mare; (b) visite du Mémorial des Victimes du Communisme et de la Résistance à Sighet; (c) visite du Cimetière joyeux du village de Sapanta.
- **Samedi, le 5 septembre** : (a) de 7h30 à 20h30 Excursion en Maramures : (a) Visite géographique du Maramures; (b) visite de l'Église du bois de Barsana; (c) visite des lacs salés de Ocna Sugatag.
- **Dimanche, le 6 septembre**: départ de Cluj pour Paris.

C) Résultats de la mission

1^{er}) Les réunions de travail nous ont permis de discuter avec la communauté scientifique travaillant sur le climat, d'entrer en contact avec des chercheurs que nous ne connaissions que par leurs publications et de définir des méthodes et des cadres appropriés pour un éventuel travail en commun. Lors de nos conférences de nombreuses spécialités étaient représentées: hydrologie, écophysologie, bioclimatologie, foresterie, génétique, agronomie, économie.

2^{ème}) Nous y avons présenté trois communications : 1^{er}) « Aspects bioclimatiques de la nécrose corticale de l'hévéa en Côte d'Ivoire » (Annexe n°4); 2^{ème}) « Une conséquence du réchauffement climatique : les chimpanzés filtrent leur eau de boisson » (Annexe n°5) et 3^{ème}) « L'impact du changement climatique sur les variations des populations de grands vertébrés à leur extrême limite de répartition est-il fonction de leur régimes alimentaires » (Annexe n°6).

3^{ème}) Michel Erpicum (Président de l'AIC), Sylvain Bigot (Rédacteur en Chef de la revue « Climatologie ») de l'Université Joseph Fourier (Grenoble) et Gérard Beltrando de l'Université Paris Diderot nous ont demandé de faire partie du Comité d'Organisation du XXIII^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie qui aura lieu au mois de septembre 2010 à Rennes; nous avons accepté leur proposition.

4^{ème}) La documentation de l'IRD a acheté la collection complète de la revue « Climatologie », revue de très bonne facture scientifique et en langue française, donc fortement prisée par les étudiants francophones.

5^{ème}) Nous avons été invité pour participer à un congrès intitulé « Continents under Climate Change », qui aura lieu du 21 au 23 avril 2010 à Humboldt-Universität, à Berlin en Allemagne. Nous avons soumis trois publications qui seront exposées oralement (a) « Is Lord Derby's Eland, the world's largest antelope, able to adapt its diet if dryness increases? » (Auteurs - Galat G., Galat-Luong A. et Nizinski J.J.) ; (b)

« Canopy resistance measurement of the savannah in the Kouilou basin (Congo-Brazzaville) » ; (c) « Sustainability of Eucalyptus plantations in the Kouilou basin (Congo-Brazzaville) », (auteurs - Nizinski J.J., Galat G. et Galat-Luong A.).

Annexe n°1

Programme du XXII^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, du mardi 1 au samedi 5 septembre 2009, Université « Babes-Bolyai » de Cluj-Napoca, Roumanie

Annexe n°2

Les problématiques scientifiques développées lors du Colloque

Annexe n°3

Liste et adresses des participants

Annexe n°4

Exposé n°1 du 2 septembre 2009

De 9h00 à 9h30

Exposé n°1 du 2 septembre 2009

ASPECTS BIOCLIMATOLOGIQUES DE LA NÉCROSE CORTICALE DE L'HÉVÉA EN CÔTE D'IVOIRE (DIAPO n°1)

Georges J. NIZINSKI, Gérard GALAT et Anh GALAT-LUONG

Institut de Recherche pour le Développement,
Unité de Recherche: « Climat et fonctionnement des agro-écosystèmes – rôle de l'agrobiodiversité dans la stabilité
de la production » - UR 060 CLIFA

DIAPO n°1 – Tout d'abord, je remercie le comité d'organisation de m'avoir permis d'être présent à ce colloque et en particulier je remercie Professeur Ionel Haidu, coordinateur de ce colloque.

En introduction on va commencer par définir le domaine d'étude de la bioclimatologie, domaine qui est peut-être éloigné de vos intérêts scientifiques.

J'aborderai maintenant l'intérêt des études en bioclimatologie.

Les conceptions actuelles du cycle de l'eau reposent sur l'appréciation du fait que le champ et ses composantes – le sol, la plante, l'atmosphère – constituent une entité physique dynamique dans laquelle les processus de circulation de l'eau sont interdépendants comme les maillons d'une chaîne.

Dans ce système unifié appelé « Sol – Plante – Atmosphère – Continuum », la circulation de l'eau se fait d'un niveau d'énergie potentielle élevé vers un autre moins élevé, si on admet que le concept de « potentiel de l'eau » est applicable au sol, à la plante et à l'atmosphère.

Ainsi, la circulation de l'eau comprend le mouvement de l'eau du sol vers les racines, l'absorption par les racines, le transport des racines vers les branches et à travers le xylème jusqu'aux feuilles, l'évaporation dans les cavités intercellulaires des feuilles, la diffusion de la vapeur d'eau à travers les stomates vers la couche d'air calme au niveau de la feuille et à travers la couche d'air turbulente à partir de laquelle la vapeur d'eau diffuse dans l'atmosphère extérieure.

La bioclimatologie se situe donc au carrefour de plusieurs disciplines:

- la physique de l'eau du sol (étude du sous-système « sol »),

- l'écophysiologie végétale (sous-système « plante »)
- la micro météorologie (sous-système « atmosphère ») et
- la climatologie :

le climatologie utilise les données bio-climatologiques dans leurs études et dans leur modélisation de la circulation générale de l'atmosphère.

L'atmosphère est l'un des systèmes étudiés par la climatologie, avec les trois autres systèmes que sont les océans, les continents et la cryosphère.

C'est sur les continents, à proximité de la surface du sol, qu'ont lieu des phénomènes essentiels dans le déterminisme du climat (rayonnement, évapotranspiration).

Les continents sont le siège de phénomènes de transfert de masse (vapeur d'eau) et d'énergie (chaleur latente d'évaporation) qui sont objets d'étude de la bioclimatologie.

La micro-météorologie établit, entre autres objets d'étude, les profils verticaux des caractéristiques de l'état de l'atmosphère (température, humidité de l'air, vent...) dans la couche limite de surface (de 0 à 30 m au dessus du sol); c'est dans cette couche que la variabilité (dans l'espace et dans le temps) de ces caractéristiques est la plus prononcée.

L'étude des phénomènes physiques qui interviennent dans les trois sous systèmes (sol – plante - atmosphère) et qui se déroulent simultanément à des « régimes différents » pose le problème des différentes échelles d'espace et de temps en bioclimatologie:

- il convient de distinguer l'échelle phénoménologique (les processus réels) et
- les échelles imposées par les méthodes de mesure et par la modélisation.

Les phénomènes étudiés le sont du niveau de la feuille à celui de l'individu, de l'ensemble des individus d'un peuplement jusqu'à l'échelle régionale.

Les échelles de temps des phénomènes mesurés vont de la seconde (bilan énergétique) à quelques jours (modification de l'indice foliaire) à la semaine ou plus (teneur en eau du sol, absorption racinaire).

Une autre caractéristique qui se rencontre dans tout essai de compréhension mécaniste d'un système complexe est le fait que l'on ne dispose pas encore de méthode expérimentale pour appréhender certains phénomènes, ainsi la mesure des gradients et flux microscopiques de l'eau au voisinage immédiat des racines (les méthodes de mesure de la teneur en eau du sol et du potentiel hydrique du sol reposent sur la détection d'un volume de sol relativement grand qui englobe ces micro-gradients.

DIAPO n°2 – J'ai été sollicité par deux chercheurs de l'IRD, l'un biochimiste l'autre phytopathologiste qui travaillent sur la nécrose corticale de l'hévéa, pour ajouter un volet écophysiologique et bioclimatologique à cette étude.

La nécrose corticale est une pathologie du tronc de l'hévéa des hévéas cultivés en plantations, plantations qui ont une vocation industrielle pour le caoutchouc et pour le bois d'œuvre.

DIAPO n°3 – Nous avons travaillé au Ghana, puis en Côte d'Ivoire

DIAPO n°4 – La station d'étude se trouve au sud de la Côte d'Ivoire, le climat y est représentatif du climat général de la zone forestière humide.

Il y a deux saisons des pluies caractérisées par une importante variabilité dans le temps et dans l'espace, d'avril à juin et de septembre à novembre, avec des précipitations moyennes annuelles de $P_i=2065 \text{ mm an}^{-1}$, une évapotranspiration potentielle de 1365 mm an^{-1} soit $3,7 \text{ mm jour}^{-1}$,

DIAPO n°5 – Localisation de la placette d'étude – P20 au sein de la plantation

DIAPO n°6 – Vue générale de la placette d'étude – P20: futaie d'hévéas (clone PB-260) plantée en janvier 1996 à l'état de plantules issues de boutures, plantules d'environ 0,3 m de hauteur, plantées en rangs orientés nord-sud avec un écartement de 4 m entre deux individus d'une même ligne et un écartement de 6 m entre deux lignes

DIAPO n°7 – Caractéristiques morphologiques du peuplement de la station d'étude P20

DIAPO n°8 – Fréquence des circonférences des troncs à 1,30 m de la surface du sol du peuplement de la station d'étude P20

DIAPO n°9 – Surface supérieure d'un billot prélevé au niveau de la jonction de greffage sur le tronc mis dans un bain de Phoxine B d'un individu « sain »

DIAPO n°10 – Surface supérieure d'un billot prélevé au niveau de la jonction de greffage sur le tronc mis dans un bain de Phoxine B d'un individu « nécrosé »

DIAPO n°11 – Matériels et méthodes utilisés lors de missions en Cote d'Ivoire en 2004

DIAPO n°12 – **DIAPO n°13** – Les formules de Penman et de Monteith ont été utilisées pour estimer l'évapotranspiration potentielle et l'évapotranspiration réelle du couvert. Nous avons utilisé les données météorologiques de la station installée à environ cinq kilomètres des peuplements étudiés. Les valeurs de l'évapotranspiration potentielle et réelle ont été calculées chaque vingt minutes, puis cumulées sur les durées correspondant aux intervalles de mesures des potentiels et des résistances.

DIAPO n°14 – Dans nos conditions expérimentales les quantités d'eau transpirées quotidiennement par l'hévéa sont celles absorbées par les racines, le flux d'eau à travers l'hévéa pouvant être considéré comme conservatif, soit: $Abs \approx Tr$.

Par simplification, nous réduirons l'hévéa à trois compartiments: le compartiment « feuilles », le compartiment « tronc » qui est le greffon, le compartiment « racines » qui est le porte-greffe; la jonction de greffage délimite physiquement deux portions du tronc réel mais dans notre schéma de compartiments, elle délimite le compartiment «racines» et du compartiment «tronc»

DIAPO n°15 – Station météorologique du site d'étude (mesures à 2 m au-dessus de la surface du sol: capteur de photons, humidité relative de l'air et température moyenne de l'air, vitesse

du vent, rayonnement global et rayonnement net; température moyenne du sol à 0,05 m et 0,15 m; les mesures sont stockées sur une centrale d'acquisition de données

DIAPO n°16 – Mesure de la température des feuilles à l'aide d'un thermo radiomètre

DIAPO n°17 – Mesures de la résistance stomatique avec un poromètre

DIAPO n°18 – Mesure du potentiel foliaire avec une chambre à pression

DIAPO n°19 – Préparation du micro-psychromètre de Dixon pour les mesures de potentiel hydrique du xylème au niveau de la jonction de greffage

DIAPO n°20 – Mesure du potentiel hydrique du sol avec un tensiomètre

DIAPO n°21 – Mesure de la teneur en eau du sol

DIAPO n°22 – Plantation d'hévéas des individus « sains » et « nécrosés » à Bongo, placette d'étude: résistance stomatique; potentiel hydrique moyen journalier des feuilles; potentiel hydrique moyen du xylème (des troncs et des racines) et potentiel hydrique du sol mesuré lors de la période du 11 au 22 mai 2004;

DIAPO n°23 – Plantation d'hévéas des individus « sains » (indice S) et « nécrosés » (indice N) à Bongo, placette d'étude: résistance stomatique; potentiel hydrique moyen journalier des feuilles; potentiel hydrique moyen du xylème (des troncs et des racines) et potentiel hydrique du sol mesuré lors de la période du 5 au 18 septembre 2004

DIAPO n°24 – Plantation d'hévéas des individus « sains » et « nécrosés » à Bongo, placette d'étude; transpiration moyenne journalière et conductance hydraulique du xylème (des troncs et des racines) lors de la période du 11 au 22 mai et du 5 au 18 septembre 2004

DIAPO n°25 – Moyennes journalières du potentiel du xylème pour les individus « sains » et « nécrosés », en mai et en septembre 2004

DIAPO n°26 – Relation entre le gradient de potentiel hydrique au travers la jonction et le potentiel hydrique du tronc.

DIAPO n°27 – Relation entre la résistance stomatique et le rayonnement incident à l'échelle de la feuille

DIAPO n°28 – La nécrose serait une pathologie due à une modification de la répartition du Carbone, et on retrouve là une des pistes exploitées en biochimie sur des dérivés cyanhydriques du latex qui s'avèreraient toxiques pour les tissus:

- (a) les hévéas cultivés sont tous greffés chez les individus nécrosés le greffage induirait une vascularisation anormale au niveau de la jonction de greffage
- (b) d'où stress hydrique, quelle que soit la disponibilité en eau et en particuliers si cette disponibilité est faible

- (c) d'où une entrée de Carbone inférieure à celle des individus sains due à une plus grande résistance stomatique
- (d) le compartiment – latex, tissus producteurs de latex – serait en priorité affecté: ce qui signifie la mise en place de la nécrose.

DIAPO n°29 – Je vous remercie de votre attention

Annexe n°5

Exposé n°2 du 2 septembre 2009

De 14h20 à 14h50



Exposé n°3 du 2 septembre 2009

UNE CONSEQUENCE DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE : LES CHIMPANZES FILTRENT LEUR EAU DE BOISSON (DIAPO n°1)

Anh GALAT-LUONG, Gérard GALAT et Georges J. NIZINSKI

Institut de Recherche pour le Développement,
Unité de Recherche: « Climat et fonctionnement des agro-écosystèmes – rôle de l'agrodiversité dans la stabilité
de la production » - UR 060 CLIFA

Mesdames, Messieurs, tout d'abord, je vous remercie tous d'être ici pour cette conférence.

Je vous remercie de votre attention

Annexe n°6

Exposé n°3 du 3 septembre 2009

De 11h00 à 11h30

Exposé n°2 du 2 septembre 2009

L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES VARIATIONS DES POPULATIONS DE GRANDS VERTEBRES EST-IL FONCTION DE LEURS REGIMES ALIMENTAIRES ?

(**DIAPO n°1**)

Gérard GALAT, Anh GALAT-LUONG et Georges J. NIZINSKI

Institut de Recherche pour le Développement,
Unité de Recherche: « Climat et fonctionnement des agro-écosystèmes – rôle de l'agrodiversité dans la stabilité
de la production » - UR 060 CLIFA

Mesdames, Messieurs, tout d'abord, je vous remercie tous d'être ici pour cette conférence.

- 1 L'impact du changement climatique sur les variations des populations de grands vertébrés est-il fonction de leurs régimes alimentaires ?
Gérard Galat
Anh Galat-Luong
Georges Nizinski
[en rouge = superflu, mais peut servir pour répondre aux questions]
- 2 L'impact du changement climatique sur les variations des populations de grands vertébrés est-il fonction de leurs régimes alimentaires ?
nous nous demandons si le changement climatique a modifié la végétation, et donc s'il a eu un impact sur les populations de grands vertébrés en fonction de leurs régimes alimentaires
- 3 Conditions d'étude, Méthodologie Pour tester l'impact des variations climatiques sur la grande faune, nous avons :
 - analysé certains aspects majeurs des changements climatiques d'une aire protégée soudanienne ;
 - évalué les conséquences qu'ils sont susceptibles de provoquer sur la production végétale ;
 - analysé les variations de densité dans le temps des populations de quatorze espèces de grands vertébrés terrestres consommateurs primaires ;

- 4 en Afrique
 - 5 En Afrique de l'Ouest
 - 6 au Sénégal oriental
 - 7 le climat a-t-il changé ?
 - 8 1950-1959
 - 9 1960-1969
 - 10 1970-1979
 - 11 1980-1989
 - 12 1990-1994
 - 13 Site d'étude: le Parc national du Niokolo Koba
Singe vert
 - 14 Site d'étude: le Parc national du Niokolo Koba
carte
 - 15 Conditions climatiques
- tenté de déterminer d'éventuelles relations entre ces variations et les stratégies alimentaires, omnivores, pisseurs ou brouteurs, de ces grands vertébrés.
 Pour cela, nous nous situons en Afrique,...
 Au Sénégal,
 Plus précisément au Sénégal oriental, où se trouve le Parc national du Niokolo Koba, où nous avons effectué l'étude que nous vous présentons aujourd'hui.
 Et nous nous demandons dans quelle mesure le climat a changé dans cette zone:
 Pour mémoire, le contexte climatique, où l'on voit l'avancée de la sécheresse et le déficit pluviométrique sur le site d'étude. Suivons la régression de la zone à plus de 1000 mm de pluies annuelles
 Ici pour la décennie 1950-1959
 Ici pour la décennie 1960-1969
 Ici pour la décennie 1970-1979 , où l'on voit l'apparition de la sécheresse sur la région sud est.
 Ici pour la décennie 1980-1989
 Ici pour les 5 ans 1990-1994
 Ces changements climatiques qui se produisent donc depuis une cinquantaine d'années, en particulier l'accroissement de la sécheresse, ont une influence sur la nature de la production primaire, dont les variations des proportions herbacées-ligneux notamment devraient se répercuter sur les dynamiques des populations des consommateurs primaires qui en dépendent. L'analyse de l'évolution pluviométrique met en évidence la transition d'une période humide avant 1969, pendant laquelle les précipitations annuelles de la zone soudanienne étaient supérieures à 1000mm, vers une période de sécheresse débutant en 1970 et à la fin de laquelle la pluviométrie annuelle n'est plus que de l'ordre de 700mm.
 La diminution des précipitations, alliée au réchauffement climatique, provoque la raréfaction des eaux de surface, une ressource essentielle pour la grande faune sauvage, particulièrement sous les conditions extrêmes des tropiques en fin de saison sèche. Les rares points d'eau subsistants croupissent rapidement et deviennent impropres à la consommation.
 Le site test retenu est l'une des plus grandes aires protégées d'Afrique de l'Ouest, le Parc national du Niokolo Koba.
 Situation du site d'étude par rapport au Sénégal, à la Gambie, à la Guinée Bissau et à la Guinée.
 Sa surface est de 8 175 km².
 De mai à septembre, la saison des pluies est caractérisée par une importante variabilité dans le temps et dans l'espace. Elle débute par une migration d'air humide et instable (alizés australs, du sud au nord), avec des précipitations moyennes annuelles de $P_i=1076 \text{ mm an}^{-1}$, une évapotranspiration

potentielle de 2114 mm an⁻¹ ($E_p=5,2$ mm jour⁻¹), un rayonnement global moyen annuel journalier de 20,4 MJ jour⁻¹, une durée d'insolation moyenne journalière de 7,9 heures, une température moyenne de l'air de 28,6 °C, avec le maximum à 35,2 °C et le minimum à 21,9 °C, une humidité relative de l'air de 56,3 %, une vitesse moyenne du vent de 1,4 m s⁻¹

[NB: Le référé avait voulu supprimer toutes ces valeurs = si nécessaire, tu peux passer vite en ne parlant que de la pluie et de la température]

- | | | |
|----|--|--|
| 16 | Les formations végétales
la savane boisée arbustive | Les formations végétales les plus répandues sont la savane boisée arbustive |
| 17 | la savane boisée arborée | Et la savane boisée arborée. Les savanes boisées représentent plus de 85% des paysages et c'est sur cette formation que nous avons établi notre modèle. |
| 18 | la savane | Les autres formations végétales sont la savane,... |
| 19 | la steppe | la steppe |
| 20 | la steppe non boisée | la steppe non boisée appelée localement bowal |
| 21 | la rôneraie | la rôneraie |
| 22 | la bambuseraie | la bambuseraie |
| 23 | la forêt claire et sèche | la forêt claire et sèche |
| 24 | la forêt galerie | la forêt galerie |
| 25 | Les prairies d'inondation | Les prairies sont de rares prairies de mares de décrue. |
| 26 | l'embroussaillage | Qui présentent une tendance à « l'embroussaillage » visible, comme ici au fond |
| 27 | Méthode: modélisation de l'évolution de la production végétale | Nous avons testé notre modèle sur la savane arborée à strate herbacée continue et à 5 à 25 % de recouvrement du sol par les couronnes d'arbres, qui est le type de savane dominante en surface. Nous avons estimé l'évolution de la production de Masse Sèche de la strate herbacée et des feuilles de la strate ligneuse à partir de l'analyse de l'évolution des précipitations incidentes (P_i). Nous avons calculé les productions de matière sèche à partir des précipitations incidentes annuelles (P_i) et de l'efficacité d'utilisation de l'eau des strates herbacée et ligneuse (k). Celle-ci est issue du modèle de De Wit $Y_d/E_t = k/E_p$ (où Y_d = production de M.S., en kg M.S. ha ⁻¹ ; E_t = transpiration du couvert, en mm ; E_p = évapotranspiration potentielle, en mm ; k = un paramètre propre à chaque espèce ou formation, kg M.S. ha ⁻¹ mm ⁻¹). |
| 28 | Méthode: Production moyenne en volume | En zone soudano-sahélienne, pour la strate ligneuse, k est de 0,3 m ³ bois ha ⁻¹ an ⁻¹ mm ⁻¹ ; on a donc une production moyenne en volume du bois des arbres; pour la strate herbacée, k se situe dans la fourchette de 0,88 à 1,73 kg M.S. ha ⁻¹ mm ⁻¹ |
| 29 | • Méthode: Production de Masse Sèche des feuilles des arbres | Nous avons estimé la production de Masse Sèche des feuilles des arbres de la strate ligneuse, qui nécessite de connaître : <ul style="list-style-type: none"> • le nombre d'arbres par hectare caractéristique de cette savane et (b) la biomasse des feuilles présente sur un individu. Le nombre d'arbres par hectare a été calculé en reprenant les relations allométriques d'un collègue botaniste entre le |

- recouvrement du sol par les couronnes d'arbres, le volume de bois sur pied et le diamètre à la base du tronc.
La biomasse des feuilles présente sur un individu a été estimée d'après les travaux d'autres collègues : $(BM_{\text{feuilles}} = 1,09 * (C)^{1,89})$; où BM = biomasse des feuilles, en g ; C = circonférence du tronc à 1,30 m du sol, en cm).
- 30 • Méthode: les Pour les dénombrements des animaux, nous avons utilisé la méthode du *line transect*, qui est le standard actuel des dénombrements terrestres de faune. Les dénombrements de faune sont effectués par du personnel bien formé,
• *Line transect* : Standard
- 31 • Méthode: les , en saison sèche, en absence d'aléas climatiques, aux horaires où les animaux sont aisés à détecter, en début de matinée, dès l'aube et en fin d'après-midi, jusqu'au crépuscule. [Ici, l'éléphant qui se déplace SUR le transect est plus aisé à détecter que la lionne qui se repose dissimulée dans l'herbe haute]
- saison sèche
- 32 • Méthode: les Les relevés sont analysés à l'aide du logiciel *DISTANCE* qui est le standard depuis 15 ans. La théorie est fondée sur l'hypothèse que la distribution des visibilitées suit une loi simple, comme l'exponentielle négative qui prédit qu'on voit d'autant moins bien que l'objet est éloigné. Lors de l'analyse des données, on retient le meilleur ajustement à l'histogramme des fréquences des distances au transect, qui nous fournit la probabilité de détection, et, plus concrètement, une estimation de la Distance Effective de Détection des individus de l'espèce concernée [= la largeur de la bande sur laquelle on considère que l'on connaît le nombre d'animaux, dénombrés + non vus]. Connaissant la distance parcourue et ainsi l'aire sur laquelle on a dénombré les animaux, on obtient la densité.
[exemple : Ici, les lionnes sont SUR le transect (distance perpendiculaire au transect = 0m), les babouins sont loin du transect (distance perpendiculaire au transect = 100m),]
[le plateau de la courbe de droite traduit un déficit des animaux sur et proches du transect et donc qu'ils ont fui à l'approche des dénombreurs]
- 33 • Méthode: les stratégies Nous avons distingué 3 types de stratégies alimentaires: les pisseurs mangeur d'herbe, les brouteurs qui consomment les feuilles des arbres, les omnivores, qui mangent de tout
- 34 • Méthode: comparaison Nous avons comparé la campagne de dénombrements 1990-1993 à celle 1994-1998 en appliquant les mêmes méthodes aux deux périodes.
de deux campagnes de dénombrements
L'analyse des données climatiques porte sur les périodes 1989-1992 et 1993-1997 puisque les épisodes pluvieux influençant la végétation et donc la dynamique des populations animales ont lieu à la saison des pluies de l'année précédent les dénombrements.
- 35 Résultats déficit pluviométrique continu La moyenne annuelle des précipitations de 1940 à 1998 est de 1076 mm.
A l'exception de 1994, les périodes d'étude ont été l'objet d'un déficit pluviométrique continu : 1024 mm pour 1989-1992 (24% de $P_{1940-98}$) avec un déficit annuel moyen de 256 mm et 468

36 Résultats: Pi, ETP, ...

mm (10% de $P_{i1940-98}$) pour 1993-1997 avec un déficit annuel moyen de 167 mm, soit un déficit cumulé total de 1640 mm. Les données météorologiques proviennent de deux stations de référence Kédougou: 12°34' de latitude Nord; 12°13' de longitude d'Ouest et Tambacounda: 13°46' de latitude Nord; 13°41' de longitude d'Ouest); il y a une saison des pluies caractérisée par une importante variabilité dans le temps et dans l'espace, de mai à septembre qui débute par la migration d'air humide et instable (alizés australs, du sud au nord), avec des précipitations moyennes annuelles de $P_i=1.076 \text{ mm an}^{-1}$, une évapotranspiration potentielle de 2.114 mm an^{-1} ($E_p=5,2 \text{ mm jour}^{-1}$), un rayonnement global moyen annuel journalier de $20,4 \text{ MJ jour}^{-1}$, une durée d'insolation moyenne journalière de 7,9 heures, une température moyenne de l'air de $28,6 \text{ °C}$ ($t_{\text{max}}=35,2 \text{ °C}$, $t_{\text{min}}=21,9 \text{ °C}$), une humidité relative de l'air de 56,3 %, une vitesse moyenne du vent de $122,3 \text{ km jour}^{-1}$.

37 Résultats production annuelle de M.S

La production annuelle de M.S. des feuilles de ligneux se situe de 178 à $335 \text{ kg M.S. ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ et celle des herbacées de notre type de savane à recouvrement des ligneux de 5 à 25% est estimée de 1057 à $1339 \text{ kg M.S. ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$.

38 • Résultats: productions annuelles

Si on considère la réduction de la production de M.S. des herbacées et des feuilles des ligneux (a) pour la période de 1989 à 1992, cette réduction s'est située de 253 à $321 \text{ kg M.S. ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ pour la strate herbacée et s'est située de 42 à $80 \text{ kg M.S. ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ pour les feuilles de la strate ligneuse, soit 24 % de moins que la production de M.S. moyenne calculée de 1940 à 1998; (b) de 1994 à 1998, cette réduction s'est située de 119 à $151 \text{ kg M.S. ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ pour la strate herbacée et s'est située de 20 à $37 \text{ kg M.S. ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ pour les feuilles de la strate ligneuse, soit 11 % de moins que la production de M.S. moyenne; ces valeurs intègrent la variabilité du recouvrement, la variabilité de la valeur k , la variabilité issue des différentes méthodes d'estimation de la production de M.S. Bien que la période 1994-1998 ait été moins déficitaire en précipitations incidentes que la période de 1990-1993, l'impact de la réduction des précipitations incidentes sur la production de M.S. de la savane a été plus marqué pour cette période de 1994 à 1998 à cause de l'épuisement antérieur de la réserve en eau du sol (analyses à partir des modèles du bilan hydrique du sol; zone racinaire des herbacées exploitant une profondeur de 0,30 (herbacées annuelles) à 2,00 m (herbacées pérennes) de profondeur du sol).

Avec une perspective de réduction des précipitations incidentes pour les années futures de 12 % (et avec une augmentation de la température moyenne de l'air d'environ de 2 °C), la savane devrait évoluer d'une savane boisée de 5 à 25 % avec strate herbacée dense et continue vers une savane avec strate herbacée réduite en faveur d'une strate ligneuse arbustive.

Impact of climatic change on the primary production of the savannah

There is a reduction of the herb DM production and the tree leaf biomass (a) for the period from 1989 to 1992 - this reduction varies from 254 to $321 \text{ kg DM ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ and from 43 to $81 \text{ kg DM ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ for the herb and tree leaf biomass respectively (24% less than the mean annual value of DM for the period

1940-1998); (b) from 1993 to 1997 - this reduction varies from 146 to 185 kg DM ha⁻¹ year⁻¹ and from 25 to 47 kg DM ha⁻¹ year⁻¹ for the herb and tree leaf biomass respectively (14% less than the mean annual value of DM for the period 1940-1998) (Figure 3). Although the period 1993-1997 had a lower rainfall deficit than that of 1989-1992, the impact of the rainfall reduction on the Dry Matter production of the savannah was more pronounced for 1993-1997 because the available soil water content was strongly reduced during the period of 1989-1992 (analysis obtained from the soil-water balance model; rooting zone of herbs ranges from 0.3 for the annuals to 2.0 m for the perennials of the soil's depth).

As a result, grazers should be more affected by increasing dryness than browsers and omnivorous species because the reduction of herb production ranged from 4 to 6 times higher than that of trees leaves, respectively for herbs and tree leaves, being over 8 studied years from 1.6 to 2.0 t DM ha⁻¹ and from 0.3 to 0.5 t ha⁻¹.

- 39 densités des populations animales L'analyse des variations des densités des populations animales porte sur le relevé de 5 562 contacts enregistrés de chaque côté le long de 12 450 km de transects.
- 40 Tableau Voici l'ensemble des résultats pour les treize espèces de mammifères et l'espèce d'oiseau si nous comparons la campagne 1990-1993 à la campagne 1994-1998. Les résultats sont accompagnés de leurs intervalles de confiance à 95%, dans les colonnes min et max. Nous allons les examiner dans le détail tout de suite, mais on remarque déjà que le nombre total de rencontres d'animaux d'animaux ou de groupes d'animaux a diminué de moitié, 1 848 contacts contre 3 730, et que les augmentations de densité importantes, de plus de 15%, en vert, sont rares, alors que les diminutions, en rouge, sont nombreuses.
- 41 Phacochère Les différences de densité des espèces entre les deux périodes montrent : - une augmentation de 85% pour le Phacochère ;
- 42 Babouin De 15% pour le Babouin ;
- 43 Singe vert - une relative stabilité pour le Singe vert,
- 44 Patas pour le Patas,
- 45 Hippotrague pour l'Hippotrague,
- 46 Ourébi pour l'Ourébi,
- 47 Calao d'Abyssinie pour le Calao d'Abyssinie,
- 48 Céphalophe à flancs roux , pour le Céphalophe à flancs roux ,
- 49 Bubale une forte tendance à la diminution, de -50%, pour le Bubale
- 50 Cobe defassa De 25% pour le Cobe defassa
- 51 Sylvicapre De 43% pour le Céphalophe Grimm ou Sylvicapre
- 52 Guib harnaché De 26% pour le Guib harnaché
- 53 Cobe de Buffon une tendance nette à la diminution, de 62%, pour le Cobe de Buffon,
- 54 • Résultats: Variations de densité forte diminution < 50% Et une tendance très forte à la diminution, la pire, de 73%, pour le Buffle.

- Buffle: - 72,5%
- 55 • Discussion: espèces stables ou en augmentation
- Il apparaît ainsi que :
- les espèces stables ou en augmentation sont essentiellement des espèces « généralistes », de régime alimentaire omnivore (Phacochère, Babouin, Singe vert, Patas, Calao d'Abyssinie),
- Généralistes
 - Régime alimentaire omnivore
 - Phacochère, Babouin, Singe vert,
 - Patas, Calao d'Abyssinie
- 56 • Discussion: espèces stables ou en augmentation
- ainsi que celles qui peuvent se contenter d'aliments relativement peu nutritifs, mais ingérés en grandes quantités, comme l'Hippotrague, et celles qui, de par leur aptitude à sélectionner les regains après le passage du Buffle, sont capables de survivre avec des ressources limitées comme l'Ourebi,
- Aliments peu nutritifs ingérés en grandes quantités
 - Hippotrague
 - Ressources limitées
 - Ourebi
- 57 • Discussion: espèces en forte régression
- les espèces en forte régression sont les paiseurs les plus exigeants sur la qualité des prairies, comme le Bubale, le Cobe defassa, le Guib harnaché, le Cobe de Buffon, le Buffle, avec l'exception du Guib harnaché.
- Paiseurs
 - Bubale, Cobe defassa,
 - Guib harnaché, Cobe de Buffon,
 - Buffle
- [nous savons par ailleurs que le guib est l'espèce la plus appréciée et la plus braconnée]**
- 58 Conclusion: l'impact des variations du climat sur la faune via la production végétale
- L'analyse de l'évolution du climat pendant notre période d'étude a montré un déficit pluviométrique continu. La modélisation de l'impact de ce déficit pluviométrique continu sur la production végétale laisse penser que les herbacées doivent être plus affectées que les feuilles de ligneux. L'analyse de l'évolution des populations animales en fonction de leurs stratégies alimentaires montre que les paiseurs sont plus affectés que les brouteurs et, a fortiori, que les omnivores.
- 59 climat végétation stratégies alimentaire Embroussaillement populations animales
- En conclusion, Les fluctuations des effectifs des populations animales apparaissent ainsi comme la résultante de l'impact du climat sur la végétation modulé par leurs stratégies alimentaires, paiseurs / brouteurs, spécialistes / généralistes. Ajoutée à l'influence de la sécheresse, la diminution de l'impact des paiseurs sur la strate herbacée pourrait accentuer l'embroussaillement et la régression des prairies des plaines inondations, réduisant ainsi davantage les ressources alimentaires des paiseurs. Pour les grands vertébrés consommateurs primaires du Parc National du Niokolo Koba, le

changement climatique, en particulier l'accroissement de la sécheresse, apparaît, au moins en partie et pondéré par leurs stratégies alimentaires, comme un paramètre important du succès ou de l'échec des populations animales

60 Merci de votre attention

Je vous remercie de votre attention

