

## ANNEXES – CR par WP et Unités

### **WP1 Biologie et évolution des agents infectieux émergents (BGPI, CMAEE, PVBMT)**

**Animateur-trice :**

**Michel Peterschmitt, BGPI**

**Geneviève Libeau, CMAEE**

#### **WP1.1 et WP1.3. UMR PVBMT et UMR BGPI**

Modèle *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV)

Modèle *Xanthomonas citri*

Jean-Michel Lett, Olivier Pruvost, Christian Verniere, Gaël Thébaud

#### **1 – Le projet *Tomato yellow leaf curl virus* TYLC**

##### **UMR PVBMT (Equipe 1)**

##### **Approche expérimentale in planta - Environnements variables**

Objectif : Déterminer les positions du génome associées à l'adaptation à l'hôte, les réseaux d'interactions multiples mises en jeu par le virus dans son adaptation et l'espace séquentiel exploré par les virus.

Stratégie : Inoculer différentes espèces de plantes hôtes en laboratoire de confinement (prévue premier semestre 2012) et caractériser moléculairement la descendance virale par pyroséquençage (deuxième semestre 2012).

##### **Résultats 2012**

Dans le cadre de la deuxième phase du projet pilote Génoscope intitulé VirPop, nous avons testé la faisabilité d'une approche basée sur les nouvelles stratégies de séquençage (NGS) pour étudier l'importance de la plante hôte dans la capacité d'évolution virale, les schémas de diversification virale et les profils de recombinaison. Quatre populations virales issues de tomate sensible (Farmer) et résistantes (TY2) en infections simples et mixtes ont été transmises au Génoscope. Les données NGS sont actuellement en cours d'analyse. Parallèlement à cette activité de validation de la nouvelle stratégie de séquençage, nous avons initié dans le laboratoire de confinement NS3 des inoculations virales simples et mixtes de différentes espèces de plantes cultivées et non cultivées, dans le cadre de la poursuite du projet en 2013.

- Budget 2012 : 15000 euros de frais de Séquençage Haut Débit

- Dépenses engagées sur 2012 (Année 2) dans le cadre d'un compte prévisionnel de séquençage chez Beckman Coulters Genomics à hauteur de 15000 euros. Le bon de commande est le CAC-RU11213210.

##### **Approche en conditions naturelles au champ - Écosystème réunionnais**

Objectif : Caractériser expérimentalement les paramètres épidémiologiques responsables de

la dynamique épidémiologique observée depuis 10 ans dans le bassin maraîcher réunionnais.

### Résultats 2012

La caractérisation en conditions naturelles et expérimentales des traits biologiques des deux souches de TYLCV ont permis de paramétrer un modèle de prédiction de l'évolution à long terme de leur dynamique de coexistence. Dans le cadre d'une collaboration entre les UMR PVBMT et BGPI, l'ensemble de ces travaux sur la caractérisation des paramètres épidémiologiques impliqués dans la dynamique spatio-temporelle du TYLCV dans un environnement tropical insulaire est en cours de rédaction pour une soumission au journal *PLoS Pathogens* intitulée : "Long-term viral competition monitoring: a case of epidemiological rescue" par Péréfarres Frédéric, Thébaud Gaël, Lefeuvre Pierre, Hoareau Murielle, Chiroleu Frédéric, Reynaud Bernard and Lett Jean-Michel.

- Budget 2012 : 3000 euros frais de mission.
- Dépenses engagées sur 2012 : frais de mission dans le cadre de la participation de Jean-Michel Lett et Alexandre De Bruyn aux prochaines Rencontres de Virologie Végétale à Aussois du 13 au 17 janvier 2013.
- ⌘ Frais d'Avion AR Lett : 1335 euros
- ⌘ Frais d'Avion AR De Bruyn : 1335 euros
- ⌘ Frais d'Inscription Lett : 317.73 euros
- TOTAL : 2987.73 euros.

### **UMR BGPI Equipe 2**

#### **Fait marquants**

- Papier accepté dans PLoS One qui présente des résultats originaux sur la dynamique d'apparition de recombinaisons in planta et sur l'évaluation de leur potentiel d'émergence
- Démarrage d'une thèse sur l'émergence de virus recombinants en milieu naturel; Collaboration avec l'ENA de Meknès et partenariat privé avec Gautier Semence. Des outils de détection de génomes recombinants ont été mis au point par la thésarde, Zineb Belabess (faculté des Sciences de Meknès), au cours de son accueil à BGPI (financement ATP)
- Démarrage d'une thèse sur l'évaluation du risque d'émergence de pseudo recombinants du TYLCV en association avec des ADN satellites (thèse cofinancée ANSES-CIRAD). Le matériel biologique nécessaire à cette thèse a été produit au cours de l'accueil post doctorale de Fidèle Tiendrébéogo de l'INERA du Burkina Faso (financement ATP)

#### **Résultats détaillés**

Sur le modèle Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV, genre *Begomovirus*), nous avons poursuivi nos travaux sur les déterminants et facteurs d'émergence en relation avec la recombinaison virale.

### ***In vitro***

Une banque de recombinants aléatoires du TYLCV avait été générée *in vitro* par la société Protéus à Nîmes. Un échantillon de 47 recombinants choisis aléatoirement a été testé pour leur capacité à s'accumuler intra-plante (Vuillaume et al. 2011, PLoS Pathogen). Sur la base de ces phénotypes d'accumulation, une analyse QTL a été réalisée pour identifier la ou les régions du génome qui explique la variance de l'accumulation virale intra-plante.

### ***En condition contrôlée***

L'étude de la dynamique d'émergence des recombinants du TYLCV sur tomate a été poursuivie et achevée lors de cette deuxième année du projet. Un total de 35 plantes de tomates avaient été inoculées avec le TYLCV et le Tomato leaf curl Comoros Virus (ToLCKMV) une espèce virale isolée au Comores. Les résultats montrent que la recombinaison peut être détectée dès 18 jours post-inoculation (jpi). Nous avons montré l'année passée que les recombinants qui émergent dans ces plantes co-inoculées, évoluent sous l'influence de la sélection et de la dérive. Cette dérive pourrait s'expliquer par un goulot d'étranglement que subi la population virale lors de la colonisation de la plante qui selon nos estimations ne serait que de 11 génomes entre 18 jpi et 30 jpi. Nous avons testé le potentiel d'émergence de recombinants considérés comme sélectionnés positivement dans les plantes sur la base de leur fréquence d'isolement. Nous avons montrés qu'ils sont tous infectieux. Pour deux d'entre eux nous avons aussi testé leur compétitivité en co-inoculation avec les clones parentaux et pour le plus virulent des deux, son efficacité à être transmis par vecteur. Ces deux recombinants sont potentiellement capables d'émerger dans des cultures de tomate car leur accumulation virale et la transmission par vecteur est équivalente ou intermédiaire à celle des parents (Urbino et al, PLoS One accepté avec révision).

Au cours de cette deuxième année du projet, nous avons démarré les travaux prévus sur la pseudo-recombinaison entre le TYLCV et des ADNs satellites naturellement associés à un bégomovirus africain du gombo, le Cotton leaf curl Gezira virus (CLCuGV). L'importance économique d'une telle émergence est attestée par la littérature – la virulence du TYLCV peut s'en trouver fortement aggravée – mais on ne connaît pas la stabilité de l'association TYLCV-ADNs satellites notamment au cours de sa transmission par l'aleurode vecteur. Nous avons créé des constructions agroinfectieuses du CLCuGV et de 3 composants satellites. Les constructions agro-infectieuses sont en cours de tests sur différentes espèces hôtes. Nous avons d'ores et déjà pu montrer que l'un des composants satellites augmente la virulence du TYLCV ce qui confirme le risque d'une telle association en milieu naturel. Les recherches sur la pseudo-recombinaison font l'objet d'une thèse qui a débuté au 1er Novembre 2012

### ***Au champ***

Le suivi de la recombinaison **au champ** sur le modèle TYLCV a été poursuivi avec notre partenaire marocain de l'ENA de Meknès. Le Maroc est un site géographique très favorable pour le suivi de la recombinaison en milieu naturel car le Maroc héberge non seulement le TYLCV mais également le Tomato yellow leaf curl Sardinia virus (TYLCSV), un bégomovirus apparemment indigène dont la gamme d'hôte chevauche celle du TYLCV. Des cas de co-infection ont été détectés sur plusieurs espèces hôtes telles que la tomate, la fève, le petit pois, le haricot, la mauve. A l'aide de tests PCR multiplexes des génomes recombinants TYLCV/TYLCSV ont été détectés sur tomate mais également sur haricot et petit pois. Des recombinants ont été détectés au Nord et Sud du Maroc dans des agro-écosystèmes isolés

l'un de l'autre ce qui suggère qu'il n'y a probablement pas de filiation entre ces deux populations de recombinants et qu'ils sont issus de générations indépendantes. Les parents TYLCV des recombinants détectés à Agadir proviennent de deux souches distinctes, TYLCV-Mild et TYLCV-Israël (TYLCV-IL). Sur haricot des recombinants des deux sortes TYLCV-Mild/TYLCSV et TYLCV-IL/TYLCSV ont été détectés alors que sur tomate, seul le recombinant TYLCV-IL/TYLCSV a été détecté. Un test multiplexe a été mis au point pour détecter simultanément sur un même échantillon des recombinants et des virus potentiellement parentaux de l'espèce TYLCV et TYLCSV. Une co-infection de génomes recombinants et parentaux n'a été détectée que dans un seul échantillon, ce qui suggère que dans les autres cas les recombinants ont déjà franchi une première étape dans le processus d'émergence. En effet, l'absence de parents suggère que les recombinants n'ont pas été générés dans les plantes analysées mais seraient déjà en circulation dans l'environnement via l'aleurode vecteur, *Bemisia tabaci*. Un recombinant a été détecté sur des plantes de tomate d'une variété tolérante qui présente des symptômes inhabituelles d'infection virale. L'hypothèse d'un contournement de la résistance par ce recombinant est à l'étude. En fin d'année, nous avons lancé une vaste prospection dans la région d'Agadir pour déterminer le degré de dissémination d'un recombinant isolé sur des variétés tolérantes de tomate. La recombinaison au champ fait l'objet d'une thèse qui a démarré le 1<sup>er</sup> janvier 2012

### **Rapprochement entre les résultats attendus et les résultats obtenus : les objectifs initiaux de l'année ont-ils été atteints ? Sinon pourquoi ?**

Des résultats ont été obtenus sur la recombinaison virale selon les 3 approches que nous nous étions fixées pour cette ATP, à savoir, in vitro, in planta et au champ. Nous avons cependant concentrés nos efforts sur certains objectifs considérés comme prioritaire selon les critères décrits ci-dessous.

- la finalisation et soumission d'un manuscrit, aujourd'hui accepté dans PLoS One, sur les résultats obtenus sur la recombinaison selon l'approche in planta. Ce second article sur la recombinaison nous permettra d'augmenter nos chances sur de futurs appels d'offres.
- la détermination de la prévalence des recombinants de TYLCV en milieu naturel et l'estimation de leur potentiel d'émergence. Cet objectif avait été mis en veilleuse avec le départ de notre première thésarde marocaine, Sanae El Montaser, qui a été recrutée par le gouvernement marocain en juillet 2011. Grâce à A Tahiri, notre partenaire marocain, une deuxième thésarde a pu reprendre le flambeau en mai 2012. Il était important de rattraper le retard lié à cette interruption de thèse car nous sommes engagés dans une collaboration avec un partenaire privé sur cet objectif
- L'étude sur la pseudo-recombinaison entre le TYLCV et des ADN satellites a mobilisé beaucoup d'effort cette année pour préparer le matériel biologique nécessaire au démarrage d'une thèse sur ce sujet. En effet, nous avons pu obtenir un co-financement de l'ANSES et du CIRAD sur un sujet de thèse en relation avec cet objectif : « Causes et conséquences du maintien d'ADN satellites dans les populations de bégomovirus ».

Du fait des priorités que nous nous sommes fixés, certains objectifs n'ont pas pu être abordés :

- La recherche de mutations adaptatives sur la banque de recombinants in-vitro

- Les outils de détection in situ des virus parentaux mis au point en 1<sup>er</sup> année n'ont pas encore été utilisés. Il est prévu de les utiliser en 3<sup>e</sup> année pour estimer l'association du TYLCV et des ADNs satellites au niveau cellulaire et pour déterminer la multiplicité d'infection (MOI).

- La réémergence annuel du TYLCV sur tomate dans le Nord-Est du Maroc a été expliqué en première année par la contamination de la fève et du haricot, deux cultures hivernales qui pourraient jouer le rôle de plante relai du TYLCV en l'absence de culture de tomate. L'approche génétique qui visait à soutenir l'une ou l'autre des hypothèses de réémergence ou de ré-introduction, nous paraissait de ce fait moins prioritaire.

#### **Problèmes rencontrés :**

Melle Zineb Belabess, l'étudiante qui a remplacé la thésarde qui a été recruté par le gouvernement marocain, n'a pu venir à BGPI qu'au mois de mai 2012. Cependant, grâce à la motivation et aux compétences de cette étudiante à s'engager dans une thèse, nous avons pu limiter le retard sur les études de la recombinaison au champ

Grâce à la bonne collaboration avec le partenaire marocain de l'ENA de Meknès, nous avons pu surmonter la défection de la première thésarde marocaine recrutée en juillet 2011 par le gouvernement marocain. Une étudiante a pu être inscrite à la Faculté des Sciences de Meknès fin 2011 pour poursuivre le projet.

Michel Peterschmitt a été rapporteur d'une thèse sur la peste porcine africaine préparée à l'UMR CMAE par Vincent Michaud

#### **IMPACT SUR LA COOPÉRATION SCIENTIFIQUE**

Les problèmes de contournement de la résistance au TYLCV chez de la tomate a suscité un rapprochement avec Gautier Semence, un partenaire privé qui est implanté au Maroc. Nous avons tout d'abord effectué une prestation de service sur la caractérisation de recombinants potentiellement contournant. Puis nous nous sommes engagés sur un contrat de collaboration.

#### **VALORISATION DES RÉSULTATS**

##### **Within-host dynamics of the emergence of Tomato yellow leaf curl virus recombinants**

Cica Urbino, Serafin Gutierrez, Anna Antolik, Nabila Bouazza, Juliette Doumayrou, Martine Granier, Darren, P. Martin and Michel Peterschmitt. Research article in Plos One

**Is it possible to be "better" than wild type TYLCV?** Urbino C., Antolik A., Bouazza N., Granier M., Blanc S., Peterschmitt M. 2012.: [Abstract]. In : AAB Virology Group ; Society for General Microbiology. Advances in Plant Virology, Dublin, Ireland, 28-30 March 2012. s.l. : s.n., 1 p. Advances in Plant Virology , 2012-03-28/2012-03-30, Dublin, Irlande.

## BILAN FINANCIER

Autorisation de dépenses	22 719
Accueil de Fidèle Tiendrébéogo (Post Doc de l'INERA, Burkina Faso)	2 498
Accueil de Zineb Belabess (Thésarde ENA Meknès, Maroc)	3 308
Fonctionnement de laboratoire	16 811
Total dépenses	22 617
Solde	102

BGPI (Equipe 2)	Description des dépenses	Année 3
Fonctionnement de laboratoire	Extractions d'ADN par la technique « Dellaporta »	700
	Extraction d'ADN par des kits « Quiagen »	200
	4 Kit qPCR TaqMan	1680
	Consommable de biologie moléculaire	1500
	2 kits TempliPhi	336
	Détection de recombinants par HRM	1000
	Séquençage 100 génomes complets	2500
	Fonctionnement du local de confinement NS3	800
	5 kits de PCR mutliplexe	1075
	Hybridation in-situ, qPCR (10 sondes)	2000
	Production de 2 Anticorps anti-protéine de capsid TYLC	2000
	Cytométrie	900
	Protoplastation	500
Publication	Frais de publication dans PLoS One	1200
Missions	Participation congrès	2000
	2 mission de Zineb Belabess	8000
	<b>Total</b>	<b>26391</b>

Le financement demandé pour 2013 dépasse sensiblement le budget initialement prévu en raison du démarrage de 2 thèses qui renforcent considérablement l'équipe 2 de BGPI sur la thématique de l'émergence du TYLCV.

## **UMR BGPI (Equipe 1)**

Gaël Thébaud, Sylvie Dallot, Sonia Borron, Gérard Labonne

### **Modélisation du développement épidémique du *Plum pox virus***

Objectif : Modéliser la dynamique épidémio-évolutive du PPV en combinant des informations épidémiologiques (localisation et date d'échantillonnage) et génétiques (génomomes viraux complets).

Résultats 2012 :

En collaboration avec l'Unité BioSP (INRA, Avignon) et le groupe du Pr. Daniel Haydon (Université de Glasgow), nous avons développé un modèle épidémio-évolutif permettant d'inférer les chaînes de transmission du virus, ainsi qu'un ensemble de paramètres épidémiologiques (distances et dates de transmission). Dans un premier temps, cette méthode a été appliquée à deux épidémies de fièvre aphteuse pour lesquelles les données nécessaires étaient disponibles.

Afin de transposer cette méthode au PPV, nous avons continué à développer un modèle épidémiologique et à acquérir des données de génomes complets du PPV:

- dans le cadre de son stage de M2, Roland Paire a modifié un modèle de développement épidémique du PPV afin d'intégrer des interventions humaines visant à gérer la maladie ;
- dans le cadre de son stage de M2, Mathilde Lefort a développé une méthode bayésienne permettant de fournir une première estimation de la fonction de dispersion du PPV par ses pucerons vecteurs ;
- dans le cadre de son stage de M2, Emilie Bertranpetit a séquencé 93 génomes complets de PPV à partir d'isolats issus d'arbres contaminés dans la zone d'étude.

Production scientifique :

- Morelli M.J., Thébaud G., Chadœuf J., King D.P., Haydon D.T., Soubeyrand S. (2012) A Bayesian inference framework to reconstruct transmission trees using epidemiological and genetic data. *PLoS Computational Biology* 8(11): e1002768.
- Paire R. (2012) Modélisation de stratégies de gestion de la Sharka. Rapport de Master 2 Modélisation des Systèmes Biologique (Université Rennes 1).
- Lefort M. Estimation de la fonction de dispersion du *Plum pox virus* par les pucerons vecteurs. Rapport de Master 2 Ingénierie Mathématique (Université de Nantes).
- Bertranpetit E. (2012) Reconstruction des événements de dissémination du *Plum pox virus* dans un foyer de maladie via l'analyse du polymorphisme viral. Rapport de Master 2 Dynamique des Interactions Parasite-Hôte-Environnement (Université Montpellier 2).

### **Modélisation de l'avantage sélectif d'une souche sévère de TYLCV**

Objectif : Estimer la valeur sélective relative de deux souches de TYLCV à partir d'échantillonnages de terrain et de composants de la valeur sélective mesurés au laboratoire.

Résultats 2012 :

Nous avons construit un modèle statistique de transmission vectorielle, deux modèles d'estimation de différences de valeur sélective des souches Mild et IL du TYLCV ainsi qu'un modèle épidémiologique représentant leur dynamique temporelle de coexistence. Ces modèles, paramétrés avec les données obtenues par l'UMR PVBMT dans le volet 1.2.3.2 de

l'ATP (Caractérisation expérimentale des paramètres épidémiologiques du TYLCV), ont permis de quantifier le nombre de génomes viraux efficacement transmis par l'insecte vecteur, d'estimer le différentiel de valeur sélective des deux souches virales et de prédire leur coexistence à long terme du fait des co-infections.

Production scientifique :

- Péréfarres F., Thébaud G., Lefeuvre P., Chiroleu F., Rimbaud L., Hoareau M., Reynaud B., Lett J.-M. Mixed infections beat the expectations: a case of epidemiological rescue between two viral strains. (article en préparation)

Budget 2012

Autorisation de dépenses 2012 : 12057 €

Dépenses engagées sur 2012 :

- gratification stage M2 E. Bertranpetit : 2180,25 €

- fonctionnement : 308,90 €

- séquençage : 9560 €

TOTAL : 12049,15 €

Résumé des besoins financiers pour 2013 :

Nous aurons besoin en 2013 de 5.000 € pour séquencer les derniers échantillons de PPV de la zone étudiée afin de pouvoir appliquer la méthode développée en 2012 au jeu de données PPV.

Les résultats de la collaboration PVBMT/BGPI seront présentés lors du Workshop in Virus Evolution (Penn State University, 7-10/03/2012), ce qui engendrera une dépense estimée à 1.500 €.

## **2 – Le Modèle *Xanthomonas citri***

### *Surveillance globale du pathogène*

Nous avons développé un deuxième schéma MLVA (MultiLocus VNTR Analysis) minisatellites dont la taille du motif de base varie de 12 à 217 pb ciblant 32 loci. Ces loci ayant une vitesse d'évolution plus lente peuvent être dans un objectif de surveillance globale et d'analyse des relations des souches à large échelle. Les souches éthiopiennes A\* (à spectre d'hôtes restreint) sont clairement séparées des autres souches africaines A (à large spectre d'hôtes) mais aussi d'autres souches A\* ne permettant pas de les raccrocher à un groupe connu de souches. Parmi les souches du Mali, les souches ST1 (caractérisées par une analyse de séquences de gènes de ménage) se différencient et sont fortement connectés au réseau dense principal incluant les souches A asiatiques et américaines. Les souches maliennes ST3 sont fortement connectées aux souches sénégalaises, avec lesquelles elles partagent un haplotype, et à des souches de l'Inde et du Pakistan (travail de thèse de Mlle Alice Leduc). Ce schéma MLVA minisatellites devrait être intégré à une base de données en ligne en cours de développement (fin 2013).

### *Analyse des émergences en Afrique*

Deux collections de souches de populations invasives ont été analysées en 2012.

La collection de souches sénégalaises (n=526) a été entièrement génotypé par le schéma MLVA microsatellites ciblant 14 loci. Sa faible diversité génétique ( $H_T=0,37$ ) et l'analyse des relations de descendance entre individus (76,1% des individus appartiennent à des complexes clonaux) suggèrent une introduction récente et une situation de type épidémique. Deux populations génétiquement différenciées ont pu être inférées regroupant 397 et 129 isolats bactériens. Ces deux populations sont géographiquement réparties de façon hétérogène. L'existence d'haplotypes partagés dans différentes régions supporte de la dispersion de la maladie par transport lié aux activités humaines.

La diversité génétique des 321 souches éthiopiennes est légèrement plus faible que celle au Sénégal ( $H_T = 0,28$ ). Aucune structuration n'a été révélée par l'approche STRUCTURE. L'analyse des relations de descendance par eBurst a révélé l'existence de 14 complexes clonaux regroupant 87,8% des individus suggérant la nature fortement épidémique de cette population et son expansion récente. Les 8 vergers collectés sont génétiquement différenciés (thèse de Mlle Alice Leduc).

Un scénario probable est qu'une seule population ait été introduite, se soit multipliée en pépinière et dispersée lors de la plantations des vergers

L'accueil d'une généticienne des populations/évolutionniste de l'UMR BGPI va permettre d'appréhender de nouvelles analyses de coalescence pour tester ce scénario et estimer des paramètres démographiques (analyses en 2013).

Nous avons récemment reçu des échantillons d'agrumes infectés du Burkina Faso et caractérisé la présence de *X. citri* pv. *citri*. Nous attendons de nouveaux échantillons pour affiner la description de cette nouvelle émergence géographique de la maladie en Afrique, possiblement en lien avec la proximité de foyers maliens.

#### Prévisions pour 2013

Les analyses de génétique des populations doivent se poursuivre pour les 3 cas d'émergence. Un premier article devrait être soumis.

La caractérisation de l'émergence du chancre bactérien au Burkina Faso sera complétée.

Les données du schéma minisatellites seront intégrées à une base de données en ligne dans un but de surveillance globale.

#### Dépensé et engagé pour 2012

	PVBMT ( <i>X. citri</i> )			PVBMT (TYLCV)		
	F	E	F Mission			F Mission
<b>CRÉDIT</b>	9500	11200	2000	15000		3000
<b>ENGAGEMENT DE L'ANNÉE</b>	1963 + 6880	11200	1248,45 (avion) + env. 600	15000		2987,73
<b>SOLDE</b>	657	0	env. 150	0		12,27

## Prévisions et demande pour 2013 : Fonctionnement F et missions M

	TYLC PVBMT		TYLC BGPI		X. citri	
	F	M	F	M	F	M
	2000 <sup>a</sup>		5000 <sup>b</sup>	1500	1500 <sup>a</sup> 2000 <sup>c</sup>	4000

<sup>a</sup> coût de publication

<sup>b</sup> séquençage

<sup>c</sup> typage souches Burkina Faso

### WP1.2. CMAEE

Les équipes de Virologie et d'Epidémiologie (CMAEE) se proposent dans le WP1 de répondre aux questions : (1) de l'épidémiologie moléculaire de virus animaux et de leur dynamique évolutive, (2) de la diversité génétique des virus chez l'animal. Les virus pris comme modèles sont NDV, le virus de maladie aviaire de Newcastle, et le PPRV, virus de la peste des petits ruminants, caractérisés par une grande plasticité du génome et diffusant par les mouvements d'animaux. Cette plasticité et cette diffusion par la mobilité animale sont à l'origine de l'émergence de nouvelles souches colonisant de nouveaux territoires. D'autre part, les paramètres épidémiologiques lors des foyers cliniques, et l'effet de ces virus sur la productivité animale, sont recueillis pour permettre ultérieurement la construction de modèles épidémiologique (transmission virale) et économique (coût des maladies et coût bénéfice des interventions).

#### Activité scientifique du WP1 pour l'année :

- Virologie et épidémiologie du PPRV

Pour le modèle ruminant (PPRV), des enquêtes épidémiologiques et des collectes de virus ont été entreprises dans des foyers de PPR survenus au Sénégal et en Mauritanie, grâce à une collaboration étroite avec l'ISRA (Dakar) et le CNERV (Nouakchott), ainsi que les Services Vétérinaires Nationaux de ces deux pays. Cette collaboration concerne ainsi deux des réseaux régionaux de santé avec lesquels nous renforçons nos collaborations : le Réseau euro-méditerranéen de santé animale pour l'Afrique du Nord (REMESA) et le Réseau Ouest et Centre Africain des laboratoires vétérinaires de diagnostic de l'influenza aviaire et des autres maladies transfrontalières (RESOLAB), tous deux supportés par la FAO et l'OIE. La démarche est d'associer les données virales à des données épidémiologiques pour comprendre les processus bio-écologiques, et aboutir à une cartographie dynamique des risques sanitaires. In fine, les connaissances produites devraient permettre la mise en œuvre de mesures de prévention et de contrôle plus efficaces.

Des prélèvements biologiques ont été réalisés dans les régions d'élevage des deux pays sur plus 600 animaux. Quarante-six souches de PPRV ont été identifiées sur une séquence

diagnostique d'environ 300 paires de bases du génome viral et plusieurs d'entre elles ont été isolées (travail encore en cours). La proximité phylogénétique des souches virales des deux pays a été montrée. Un constat important est l'émergence du génotype 2 dans cette région, prévalant jusqu'ici en Afrique centrale. Il semble que le génotype 1 auquel appartenait des souches isolées historiquement en 1968 et 1994 dans cette région, soit maintenant éteint, ce qui est conforté par des données produites pour d'autres pays de la région (Sierra Leone [6]). D'autre part, la proximité génétique des souches sénégalaises et mauritaniennes du PPRV confirme la communauté épidémiologique des deux pays, conséquence probable des mouvements de transhumance et commerciaux de petits ruminants.

Les stratégies de contrôle de la PPR (ou d'autres maladies liées à la mobilité animale) doivent intégrer cette réalité pour une lutte efficace contre cette maladie. De plus, le PPRV de lignée 2 identifié au Sénégal et en Mauritanie est complètement différent du PPRV de lignée 4 identifié au Maroc et dans toute l'Afrique du Nord, depuis son émergence rapportée en Egypte en 2006 [2], probablement en provenance du Soudan [3, 4]. Un résultat important de cette ATP est ainsi de favoriser une hypothèse de diffusion du PPRV en Afrique du Nord d'Est en Ouest, par rapport à une introduction directe au Maroc depuis la Mauritanie. Cela sera à confirmer par la recherche et la caractérisation du PPRV dans le nord de ce pays. L'effet de l'infection par le PPRV sur la productivité caprine a été évalué lors d'une enquête épidémiologique faite au Sénégal dans les troupeaux trouvés positifs au PPRV, en comparaison de troupeaux non infectés, identifiés dans les mêmes régions agro-écologiques. L'enquête, effectuée à l'aide de la méthode d'enquête transversale 12MO [5], a concerné plus de 1000 chèvres dans 25 troupeaux. Elle a montré une forte augmentation de la mortalité dans les troupeaux infectés (40% vs 15% dans les troupeaux témoins), notamment chez les chevreaux, ainsi qu'une forte incidence des avortements (taux annuel de 25% vs. 5% dans les troupeaux témoins). La productivité caprine a chuté fortement dans les troupeaux atteints, réduisant à néant l'exploitation des chevreaux pour la vente ou l'auto-consommation familiale. Ces travaux devront être répétés sur une large gamme d'agro-écosystèmes et d'espèces / races de petits ruminants pour une évaluation correcte du coût de la PPR, et du ratio coût / bénéfice de son contrôle. Une première publication sera écrite en 2013 pour rapporter les résultats de cette enquête.

Les perspectives pour PPRV sont l'estimation de l'accumulation des mutations dans le circuit de diffusion au niveau du terrain. La réponse à cette question passe par l'actualisation du répertoire des souches circulant, le séquençage du génome complet des virus adaptés à chaque espèce hôte pour évaluer la contribution de chacun des gènes à l'adaptation. Les récoltes de PPRV sur foyers et leur séquençage ont été initiées et se poursuivront sur 2012 et 2013 (1 thèse AIRD obtenue en complément de l'ATP et 2 x Master II épidémiologie) au Sénégal, en Mauritanie et en Guinée Conakry. Ce pays est intégré dans l'étude à la faveur d'un stage de master II en épidémiologie, afin de vérifier l'extinction de la lignée 1 du virus : les dernières données disponibles pour le PPRV datent du début des années 1990 pour ce pays. Ce travail doit également permettre de recueillir des données sur l'effet du PPRV sur la productivité des petits ruminants avec des génotypes ovins et caprins très différents rencontrés au Nord du Sénégal et en Mauritanie : moutons djallonké et chèvres guinéennes.

D'autre part, des travaux vont être entrepris en 2013 en collaboration avec les Services vétérinaires nationaux pour caractériser la mobilité des petits ruminants (commerce, transhumance) en Mauritanie et au Sénégal et rassembler les informations dans un système d'information. Après analyse de cette mobilité, il est envisagé à terme de rassembler les

deux approches (transmission locale du PPRV et transmission à distance via la mobilité animale) dans un modèle unique permettant la simulation d'épidémie dans des régions ou agro-écosystèmes, et fournir ainsi un outil d'évaluation ex ante des stratégies de contrôle. Il est également envisagé d'étudier la diversité génétique du virus lors de l'infection naturelle d'un individu. Un premier essai méthodologique de métagénomique du vaccin PPRV Nigeria 75-1 (séquençage haut-débit et analyse bioinformatique) sera réalisé en début 2013.

Notre vision du contrôle de la PPR, notamment pour l'Afrique, a été résumée dans un papier de revue et de synthèse soumis à la revue *Veterinary Microbiology*. Une version révisée selon les remarques des reviewers vient d'être envoyée au journal [1].

- Phylogénie, phylogéographie et évolution du NDV

Pour le modèle aviaire (NDV), des reconstructions phylogénétiques exhaustives ont été conduites dans le but de proposer une nomenclature définitive des génotypes. Ces reconstructions ont porté sur 110 génomes complets, 653 séquences complètes du gène F, 1760 séquences partielles du gène F, et sur 314 séquences complètes du gène H. Parmi toutes ces séquences, se trouvaient des séquences de souches isolées dans le cadre du projet FSP-Gripavi : 24 souches de NDV isolées, 12 à Madagascar, 5 en Ethiopie et 7 au Mali. Les souches isolées à Madagascar mettent en évidence un nouveau génotype, le génotype XI et celles de l'Ethiopie et du Mali, respectivement les génotypes XIV et probablement XV. Ces travaux ont été soumis à la revue PLoS One et sont en cours de révision. L'impact de la découverte de nouveaux génotypes en Afrique sur la protection induite n'a pas pu être mise en œuvre au Mali comme initialement prévu en raison de travaux importants de biosécurité à faire pour contrôler les infections expérimentales. Les travaux ont pris du retard compte-tenu de l'évolution défavorable de la situation politique dans ce pays. Toutefois, les travaux dans l'animalerie ont été achevés fin novembre et permettent d'envisager une réalisation de l'essai de protection en début 2013. Les recherches suivantes consisteront à ré-évaluer l'évolution moléculaire de ce virus en croisant avec le temps (datation) et la localisation (phylogéographie). Pour ce faire, un chercheur malgache est présent à Montpellier de mi-novembre à fin décembre 2012 pour initier le travail.

Au cours de cette ATP, il y a eu acquisition d'outils bioinformatiques spécialisés, permettant la calibration d'horloge moléculaire : Phylogénie (approches bayésiennes / maximum de vraisemblance) et datation (BEAST/PAML) ainsi que l'élaboration d'une base de données sur la migration animale (voir WP3).

#### Références citées dans cette partie

- [1] Albina, E., Kwiatek, O., Minet, C., Lancelot, R., Servan de Almeida, R., and Libeau, G. (2013). Peste des petits ruminants, the next eradicated animal disease? *Veterinary Microbiology*, Submitted.
- [2] El-Rahim, I. H. A. A., Sharawi, S. S. A., Barakat, M. R., and El-Nahas, E. M. (2010). An outbreak of peste des petits ruminants in migratory flocks of sheep and goats in Egypt in 2006. *Rev. Sci. Tech.*, 29(3):655–662.
- [3] Khalafalla, A. I., Saeed, I. K., Ali, Y. H., Abdurrahman, M. B., Kwiatek, O., Libeau, G., Abu Obeida, I., and Abbas, Z. (2010). An outbreak of peste des petits ruminants (PPR) in camels in the Sudan. *Acta Trop.*, 116(2):161–165.
- [4] Kwiatek, O., Ali, Y. H., Saeed, I. K., Khalafalla, A. I., Mohamed, O. I., Obeida, A. A., Abdelrahman, M. B., Osman, H. M., Taha, K. M., Abbas, Z., Harrak, M. E., Lhor, Y., Diallo,

- A., Lancelot, R., Albina, E., and Libeau, G. (2011). Asian lineage of peste des petits ruminants virus, Africa. *Emerg. Infect. Dis.*, 17(7):1223–1231.
- [5] Lesnoff, M. (2008). Evaluation of 12-month interval methods for estimating animal-times at risk in a traditional African livestock farming system. *Prev. Vet. Med.*, 85(1-2):9 – 16.
- [6] Munir M, Zohari S, Suluku R, Leblanc N, Kanu S, Sankoh FA, Berg M, Barrie ML, Ståhl K. Genetic characterization of peste des petits ruminants virus, Sierra Leone. *Emerg Infect Dis.* 2012 Jan;18(1):193-5.

Le calendrier de l'ATP a été respecté et les activités soutenues, et accompagnées de plusieurs publications. Il y a eu rapprochement et collaboration pour les équipes animales et végétales basées sur Montpellier. L'équipe CMAEE a utilisé les infrastructures et logistiques des autres équipes pour les études quantitatives de mutants viraux.

### **IMPACT SUR LES RELATIONS INTER-DEPARTEMENT OU INTER-DISCIPLINAIRES**

L'ATP contribue au développement et à la mise en place d'une animation scientifique de site avec des échanges / participations aux conférences sur le site de Baillarguet et au partage de l'équipement lourd (robot d'extraction d'acides nucléiques dans le laboratoire P3, microscopie, PCR-quantitative etc..). Il est envisagé la participation de membres référents des différentes UR aux comités de suivi de thèse.

Les travaux sur l'épidémiologie et l'économie de la PPR utilisent des méthodes et outils élaborés par l'UMR Selmet qui sera associée aux valorisations scientifiques.

### **IMPACT SUR LA COOPÉRATION SCIENTIFIQUE**

Le projet d'ATP a permis cette année de consolider un dispositif partenarial régional avec les pays situés sur un des axes majeurs de diffusion de la PPR vers l'Afrique du Nord et l'Europe : Sénégal, Mauritanie, Mali, Maroc au travers de projets de jumelage financés par l'OIE et de formations diplômantes (thèses et masters). Concernant NDV, cette ATP sert de relais avec le projet GRIPAVI et permet de maintenir les liens avec les pays partenaires notamment Madagascar, l'Éthiopie, le Mali et la Mauritanie.

- Réalisation d'opérations de jumelage entre laboratoires de référence de l'OIE (UMR CMAEE) et laboratoires du Sud (Maroc, réalisé ; Sénégal-Mali, en cours). Les partenariats bilatéraux ont été développés dans le cadre des réseaux régionaux existant : Réseau Euro-Méditerranéen de Santé Animale REMESA, et RESOLAB en lien avec les organisations internationales OIE, FAO).
- Thèse AIRD-Sud d'Habib Salami (étudiant ivoirien) en co-encadrement avec l'ISRA LNERV Sénégal sur le sujet « Diffusion d'un virus et évolution de son génome dans des populations de ruminants domestiques. Application à l'épidémiologie moléculaire et à la surveillance de la peste des petits ruminants. »
- Stage post-doc d'Olivier Fridolin Maminiana mi-novembre – fin décembre 2012
- Thèse en alternance de Marthin Dakouo (soutenance en 2013) LCV, Bamako, Mali.
- Master II en épidémiologie SEMHA d'Ahmed Salem Ould Sidi Mahmoud « Impact économique de la PPR en Mauritanie ». Thèse envisagée à suivre sur financement du SCAC de Nouakchott.
- Mastère spécialisé (Label conférence des grandes écoles) Santé publique (EHESP) de

Sébastien Grech-Angelini « Etude de l'effet de la peste des petits ruminants sur la productivité des troupeaux caprins au Sénégal ».

### 8VALORISATION DES RÉSULTATS

- Grech-Angelini, S. Étude de l'effet de la peste des petits ruminants sur la productivité des troupeaux caprins au Sénégal. Mastère spécialisé (label Conférence des Grandes Ecoles) de santé publique. Institut Pasteur, Ecole des Hautes Etudes de Santé Publique, Centre National des Arts et Métiers, 2012.
- Hammoumi et al. New genotypes of avian paramyxoviruses type I identified in West-Africa provide new outcomes for phylogeny reconstruction. PLoS One (en révision).
- Holz CL, Albina E, Minet C, Lancelot R, Kwiatek O, Libeau G, Servan de Almeida R. RNA interference against animal viruses: how morbilliviruses generate extended diversity to escape small interfering RNA control. J Virol. 2012 Jan;86(2):786-95. Epub 2011 Nov 9.
- Sidi Mahmoud El Arbi, A. S. Contribution à l'étude épidémiologique de la peste des petits ruminants en Mauritanie. Master II de Santé Publique, Université Paris Est-Créteil, Université Paris Sud, École Nationale Vétérinaire d'Alfort, 2012.

### BILAN FINANCIER

En 2012, la somme de 27476,8€ a été allouée au WP1.4, CMAEE. La somme d'environ, 28 500€ a été dépensée en réactifs et séquençage sur ce WP. Un total de 57 335 € avait été alloué à l'UR CMAEE pour la gestion des parts WP1 + WP3.

Concernant le budget prévisionnel du WP1, les sommes non allouées à ce WP en 2011 (année 1) ont été reportées en 2012 et 2013. Les sommes retranchées en 2011 (entre parenthèse jaune) étaient mise à disposition des autres WPs, (5 500 € en jaune sur le budget 2012). Il est donc demandé pour les activités de 2013 la somme de 41 500 Euros, comprenant 18 000 Euros de réactifs biologiques, 3 000 Euros de séquençage, pathotypage in vivo 15 500€ et 5 500 € de déplacement et missions terrain (soutien au thésard).

Budget WP1 CMAEE:

	année 1	année 2	année 3	total
Thésard (bourse AIRD 2011 soumise)	0	0	0	0
Réactifs courant de biologie moléculaire	18 000	18 000	18 000	54 000
Biopuces	0 (2000)	0 (2000)	0 (2 000)	0
Séquençage	5 000	10 000	3 000	18 000
Pathotypage in vivo			15 000	15 000
Ordinateur	0 (2000)			0
Valorisation (Publication/congrès)	0 (1500)	0 (1500)	0 (1 500)	0
frais de mission	0	5 500	5 500	11 000
<b>Total</b>	<b>23 000</b>	<b>33 500</b>	<b>41 500</b>	<b>98 000</b>



**WP2. Logiques et stratégies des différents acteurs de l'émergence sanitaire aux niveaux local, national et international. Les conditions d'une meilleure articulation.**

- Figuié, Muriel, ES, MOISA
- Binot, Aurélie, ES, AGIRS

**RÉSULTATS**

L'année 2 a été consacrée aux thèmes « Gouvernance internationale », (GT1) « Politiques nationales, Zimbabwe » GT2 et « acteurs locaux de la surveillance » (Thaïlande, Zimbabwe »).

GT1: une publication est maintenant sous presse dans la revue (à FI) « Journal of Risk Research ». Les travaux sur la gouvernance internationale été poursuivis et développés en y intégrant la composante environnementale, à travers l'étude du rôle des organisations internationales type WCS, WWF.

GT2. Une analyse de la politique mise en œuvre par le Zimbabwe pour la gestion de la fièvre aphteuse a été réalisée mais en partie interrompue par la démission en Aout 2012 du doctorant recruté en Novembre 2011.

GT3 et 5. Des travaux sur la surveillance informelle ont été conduits en Thaïlande donnant lieu à la soutenance d'un master et montrant le poids des structures et normes locales, des arrangements interpersonnels dans la structuration et le fonctionnement des réseaux de surveillance. Un travail similaire a été initié en novembre 2012 au Zimbabwe par un étudiant zimbabwéen (Mphil de 18 mois).

Notre Work Package a été à l'initiative de la journée d'animation transversale (12/12/2012) sur les approches globales de la santé.

Les activités programmées pour l'année 2 étaient les suivantes :

<b>Activités programmées</b>	<b>% de réalisation</b>	<b>Cause de l'écart</b>	<b>remarques</b>
<b>GT1. Politiques internationales :</b> interviews d'experts (FAO, OMS et OIE). Etude rôle des organisations environnementalistes	70%	Les entretiens avec les experts FAO et OMS non pas été réalisés (démission du doctorant, congés maternité). Pour l'OIE, ils n'ont été que partiellement conduits.	Report des activités non réalisées sur 2013
<b>GT2. Politiques nationales</b> Maroc : approfondissement des résultats obtenus en année 1	50%  non réalisé pour le Maroc réalisé pour le Zimbabwe		Fin du terrain Maroc

Démarrage Zimbabwe			
<b>GT3.GT5 Acteurs locaux de la surveillance</b> Vietnam Thaïlande + Approche économique.	100%		Des travaux similaires ont été initiés au Zimbabwe
<b>GT4. Animation scientifique</b>	100%		Le thème du séminaire transversal a été adapté aux évolutions du projet

### **GT1. Niveau international**

- Les travaux sur la gouvernance internationale ont été poursuivis et développés en y intégrant la composante environnementale, à travers l'étude du rôle des organisations internationales type WCS, WWF (bibliographie, entretiens, voir annexe 2). Ce travail est à poursuivre en 2013.  
Une publication sur les nouvelles formes de gouvernance des risques sanitaires est maintenant sous presse dans une revue (à FI) :  
M.Figuié (à paraître en 2013). Towards a global governance of risks: international health organisations and the surveillance of emerging infectious diseases. *Journal of Risk Research*
- Concernant les travaux sur l'épidémiologie animale au niveau de l'OIE ; et en France (F.Buton CNRS), des entretiens ont été réalisés auprès d'acteurs clefs de l'épidémiologie animale en France, et des archives privées ont été réunies ; le terrain de l'OIE s'avère plus difficile, car ses responsables sont peu disponibles, mais là encore des documents ont été récupérés auprès de la documentaliste de l'organisation. La poursuite de ce programme en 2013 dépendra en partie des possibilités de collaboration avec un chercheur post-doc de l'INRA qui travaille également sur ces questions.

### **GT2. Niveau national**

- Fièvre aphteuse au Zimbabwe : les recherches (bibliographiques et entretiens avec les autorités locales) ont démarré fin 2012-2013. Une communication a été proposée et retenue pour la conférence organisée par le groupe thématique « Risk and Uncertainty » de l'association européenne et l'association internationale de sociologie, en 2013 :  
Figuié M., Fouilleux E.: " Farmers and vets: do "production diseases" exist?". Communication , Mid term conference "Risk and Uncertainty: ontologies and methods", University of Amsterdam, The Netherlands 23-25 January 2013
- Vietnam : Poursuite de la thèse de Mme Nguyen Minh Huong (sociologue Vietnam) à Amsterdam, encadrement Muriel Figuié CIRAD, Christian Broer, Univ. d'Amsterdam (Sociologie).

### **GT3 et GT5. Acteurs locaux de la surveillance.**

- **surveillance Thaïlande** (voir annexe 2 et 3) : Des entretiens avec les éleveurs de volailles et les autres acteurs locaux de la santé animale ont permis d'identifier des réseaux de circulation de l'information sanitaire qui s'inscrivent dans le fonctionnement des organisations locales communautaires et des réseaux commerciaux. Ces réseaux ne s'imbriquent que partiellement dans le réseau officiel de la surveillance des maladies animales. Trois réseaux « informels » ont ainsi été identifiés : celui des éleveurs de canards, celui des éleveurs de coqs de combat et celui des firmes industrielles de production de volaille sous contrat. Les données recueillies sur l'histoire du village, l'organisation sociopolitique et les pratiques locales de gestion des maladies ont permis de dégager des facteurs sociaux pouvant expliquer ainsi le fonctionnement « en pratique » de la surveillance épidémiologique et l'écart avec le système de surveillance « officiel ». La compréhension de cet écart conduit à des recommandations pour l'amélioration de la surveillance des maladies animales dans les pays d'Asie du Sud-est. Ce travail a été partiellement présenté dans le cadre du technical workshop du réseau international PENAPH en épidémiologie participative organisé par l'ILRI à Chiang Mai en décembre 2012. Un article (dans revue a FI) est en cours de rédaction, sera soumis en 2013.
- Approche économique : L'utilisation de l'analyse coût-bénéfice dans la définition de politiques de limitation des maladies émergentes. Une note de synthèse a été rédigée par T. Lecotty (annexe 4)

### **GT4. Animation scientifiques**

- Séminaires d'animation scientifique : les 6 avril 2012, et 12 décembre 2012 (animation transversale) (voir programme en annexe 1).

*Ces travaux ont été conduits à travers les activités suivantes :*

**Thèses :** Thèse de Bruno Bouet (dir Eve Fouilleux, sciences Po), démarrage de la thèse le 1/11/11/, abandon 30/08/2012.

**Stages, master.** Sophie Valeix, 6 mois, master 2 (SAEPS), Thaïlande. Encadrement Aurélie Binot Muriel Figuié, (voir résumé en annexe 3)

#### **Missions, déplacements**

- 4 missions au Zimbabwe (Eve Fouilleux, Bruno Bouet, Muriel Figuié) au sein du dispositif de recherche « Production and Conservation in Partnership », ( RP PCP)
- une mission à Gaborone (depuis l'Afrique du Sud : Ferran Jori) à la SADC
- 3 missions de F. Buton à Paris (OIE)
- 1 mission de Muriel Figuié à Amsterdam pour la thèse de Mme Huong en juin 2012

La collaboration qui devait se développer avec Nathalie Brender (Politologue, Haute Ecole de Gestion, Genève Suisse) a été reportée du fait d'un congé maternité et doit démarrer en janvier 2013.

La démission de notre doctorant qui devait travailler sur les politiques de contrôle de la fièvre aphteuse aux niveaux international, régional (SADC) et national (Zimbabwe) a retardé

l'avancement de nos travaux. Malgré tout, la réorientation sur le terrain zimbabwéen annoncée dans le bilan de l'année précédente s'est concrétisée.

Les travaux sur le terrain asiatique prévus ont été conduits.

Les travaux qui devaient être finalisés au Maroc ne l'ont pas été (désengagement de Marie Hrabanski, CIRAD Artdev).

Ces résultats confirment l'opportunité des réorientations décidées fin 2011 (retrait du terrain méditerranéen, développement de nos travaux en Asie, et inclusion de travaux en Afrique Australe). Il montre aussi l'avantage de pouvoir s'appuyer sur des Dispositifs prioritaires, tels que le RP PCP.

L'abandon du doctorant sera compensé en partie par le travail de l'étudiant zimbabwéen en master Mphil (18 mois, Tapiwa Muzhizhizhi). Les possibilités de recruter un CDD en remplacement du doctorant sont encore en discussion.

A part cela, il n'y a pas d'autres réajustements à prévoir par rapport aux objectifs déjà redéfinis en 2011.

De fait Marie Hrabanski s'est retirée du projet.

Claude Gilbert et Nathalie Brender, absents pour des raisons personnelles en 2012, reprennent leurs activités au sein du projet en 2013.

#### **IMPACT DE L'ATP SUR LES RELATIONS INTER-DEPARTEMENT OU INTER-DISCIPLINAIRES**

Les collaborations que nous avons envisagé de développer avec d'autres UR du CIRAD (CIRED, ArtDev, Selmet) sont restées ponctuelles. L'ambition de constituer un collectif inter-UR autour de la question du risque et des SHS est difficile à mettre en œuvre.

Par contre les relations se sont intensifiées entre les UR MOISA et AGIRs sur les terrains Asie et Afrique Australe (co encadrement de masters, réponses conjointes à des projets...) et pourraient prendre la forme de co-publications en 2013.

Si le doctorant recruté fin 2011 a abandonné sa thèse, les collaborations développées à l'occasion de son encadrement, avec Eve Fouilleux (CIRAD Moisa CNRS) se sont cependant poursuivies après la démission du doctorant. Eve Fouilleux reste ainsi associée au projet.

#### **IMPACT SUR LA COOPÉRATION SCIENTIFIQUE**

Le renforcement des relations avec le CNRS signalé dans le rapport 2011 s'est poursuivi en 2012.

La difficulté de créer des liens avec les partenaires du Sud signalée dans le rapport 2011 a été en partie surmontée grâce à la collaboration développée dans le cadre du RP PCP avec le Dr Billy Mukamuri, Center for Applied Studies, Université du Zimbabwe (et membre du RP PCP). Cette collaboration se concrétise par le Co-encadrement du travail de master d'un étudiant de l'université (Tapiwa Muzhizhizhi, MPhil de 18 mois).

Les collaborations avec la Haute Ecole de Gestion, Genève Suisse vont pouvoir démarrer en 2013 (via Nathalie Brender, Politologue).

#### **VALORISATION DES RÉSULTATS**

voir sur <http://atp-emergence-travail.cirad.fr/axes-travail/wp2>

## Articles :

Brun M., Hrabanski M, (sous presse, daté 2012). La lutte contre la peste des petits ruminants au Maroc : circulation et sélection des recommandations internationales pour la santé animale. *RAESTUD*

Figuié M., (sous presse pour 2013) "Towards a global governance of risks: international health organisations and the surveillance of emerging infectious diseases" *Journal of Risk Research*.

Figuié M., Peyre M., (en revision). L'incertitude dans la gouvernance internationale des zoonoses émergentes. *Revue EMVT*, numéro spécial, « les systèmes d'information ».

## Rapports de Stage

Valeix, Sophie, 2012. La surveillance des maladies animales à l'échelle locale: Etudes des facteurs liés aux logiques d'une communauté villageoises en Thaïlande. Mémoire de Master SAEPS, UM2, CIRAD INP Toulouse. 43 p.

## **BILAN FINANCIER**

Produits : 38361 € pour le WP2 (dont 24320 euros pour Moisa et 14041 euros pour AGIRs)

Dépenses : 37384,93€

Solde disponible : 976,07€

## **Programmation des travaux, animation et demande budgétaire pour l'année 2013**

### **Objectifs du WP2**

- l'analyse multi-niveau des politiques de gestions des émergences zoonosaires

### **Structuration du WP2 et chercheurs impliqués.**

#### **GT1. Gouvernance internationale.**

M. Figuié, Fr. Buton, M. Peyre, E. Fouilleux. (OIE, OMS et FAO), Cl. Gilbert / N.Brender (OMS) et A. Binot (organisations environnementales internationales)

#### **GT2. Politiques nationales.**

Nguyen Minh Huong, M. Peyre (Vietnam), M. Figuié et Eve Fouilleux (Zimbabwe)

#### **GT3. Acteurs locaux.**

M. Figuié (Zimbabwe), M. Peyre, A. Binot (Vietnam, Thaïlande)

#### **GT4. Animation scientifique (A. Binot, M. Figuié)**

#### **GT5. L'épidémiologie et la surveillance épidémiologique.**

F. Buton, A. Binot, M. Peyre, M. Figuié

### **Engagement des chercheurs CIRAD**

<i>Dép./UR/Localisation</i>	<i>Nom</i>	<i>Fonction, Disciplines</i>	<i>Activités dans l'ATP en 2012</i>	<i>Temps sur l'ATP (mois)</i>		
				<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>

ES, Agirs, Montpellier	Aurélie Binot	Anthropologue, géographe	GT1 (WCS) GT4 GT3 et GT5 (Thaïlande)	3	3	3
ES, Selmet, Montpellier	Pascal Bonnet	Economiste	GT4	2	0	0
ES, Moisa, Montpellier	Bruno Bouet	Sociologue	GT1, GT3 (Zimbabwe)	1	7	0
ES, Moisa, Montpellier	Muriel Figuié	Sociologue	GT1 (OIE), GT2 et GT3 (Zimbabwe) GT4, GT5	4	5	5
ES, Moisa/ CNRS Cepel, Montpellier	Eve Fouilleux	Politiste	GT1, GT3 (Zimbabwe)	0	2	2
ES, ArtDev, Montpellier	Marie Hrabanski	Sociologue	GT 2 (Maroc)	2	1	0
ES, Cired, Montpellier	Tristan Lecotty	Economiste	GT5 (Vietnam)	1	0.5	0
ES, Agirs, Hanoi	Marisa Peyre	Epidémiologiste	GT1 (FAO) GT3 et GT5 (Vietnam, Thaïlande)	1	2	1

### **Activités programmée pour l'année 3**

#### **GT1. Politiques internationales**

**Organisations environnementales** (Aurélie Binot). Les recherches se poursuivent sur le rôle des organisations internationales environnementales dans la gouvernance sanitaire mondiale. Une valorisation des résultats est prévue pour 2013 (colloque, article).

**OIE** (F.Buton). La poursuite des recherches sur ce thème en 2012 dépendra en partie des possibilités de collaboration avec un chercheur post-doc de l'INRA qui travaille également sur ces questions.

**OMS/ H1N1**. Les travaux sur l'OMS démarreront en 2013 (Cl Gilbert, N. Brender, voir annexe 5). Ce travail souhaite répondre aux interrogations suivantes :

Dans le contexte actuel d'émergence (et de réémergence) des risques sanitaires internationaux, le but est d'analyser comment l'OMS a abordé et géré la pandémie H1N1 et d'évaluer dans quelle mesure cette crise a généré des changements dans l'organisation de ses structures et de ses procédures de gouvernance des risques. Quelles sont les structures et les pratiques de l'OMS remises en causes par cette crise ? Quels changements (ou maintiens du statu quo) cette crise a-t-elle engendrés au sein de l'organisation et pour quelles raisons ?

#### **GT2. Politiques nationales**

**Maroc**. Le terrain Maroc (PPR) est définitivement clos.

**Zimbabwe** les travaux sur le Zimbabwe se poursuivent (Politique fièvre aphteuse, surveillance)

### GT3 et 5. Acteurs locaux de la surveillance

**Zimbabwe.** Les études se poursuivent au Zimbabwe à travers l'étude des dispositifs de surveillance, conduite par un étudiant zimbabwéen, Tapiwa Muzhizhizi. (Voir présentation de l'étude en annexe 6). et deux missions sont prévues en 2013.

Un stage d'un étudiant en master est également envisagé sur l'historique des politiques internationales de gestion de la fièvre aphteuse et les vecteurs de la diffusion du cadrage actuel de ce problème sanitaire. (E. Fouilleux, M.Figuié, voir description en annexe 7.)

**Asie.** (Thaïlande Vietnam) 3 stages sont programmés :

- évaluation socio-économique de la surveillance de l'influenza aviaire en Asie du Sud Est (en lien avec le projet REVASIA AFD Socio-Eco). étude des facteurs socio-économiques influençant l'efficacité de la surveillance à l'échelle sociétale avec ensuite une analyse des interactions entre contraintes/bénéfices locaux vs nationaux. (M.Peyre).
- analyse de l'hétérogénéité géographique des contraintes/bénéfices locaux avec une étude à réaliser dans le Sud du Vietnam qui doit aboutir à la définition d'indicateurs agrégés de ces facteurs pour leur prise en compte dans la définition des stratégies nationales de surveillance (interaction local-global). (M Peyre)
- modélisation participative des réseaux de surveillance (A.Binot)

Poursuite de la thèse de Mme Huong sur la communication sur les risques sanitaires au Vietnam

### GT. Animation scientifique

Préparation du séminaire final du projet ATP.

### Budget nécessaire pour 2013

	Unité	Nb d'unités total	Taux unitaire (euros)	total
<b>Fonctionnement</b>				
réunions de l'équipe SHS à Montpellier	réunion	3	400	1 200
<b>Valorisation</b>				
appui publications	publication	6	500	3 000
participations à colloque	colloque	4	700	2 800
<b>Divers</b>				
achat bibliographie	forfait			600
<b>Stages (4 stagiaires)</b>				

indemnités stagiaire local	mois	14	450	6 300
indemnités stagiaires français (double résidence)	mois	11	650	7 150
voyages stagiaires	forfait		-	2 550
fonctionnement stagiaires	stage	4	-	3 150
<b>Missions/ déplacements</b>				
Vols internationaux	vol	2	1400	2 800
frais de mission (per diem, IS)	Mission 9j	2	930	1 860
fonctionnement mission	mission	3		1 450
déplacement Paris	mission	8	250	2 000
déplacement Europe (Amsterdam, Genève,...)	mission	1	600	600
<b>Partenariats/ sous-traitance (extérieure)</b>				0
fonctionnement local Zim	forfait	1		2 000
Divers, imprévus				1 000
<b>total</b>				38 460

## Annexe 1. Programme des réunions d'animation 2012

---

**Groupe SHS. Logiques et stratégies des différents acteurs de l'émergence sanitaire, du local à l'international.**

**Montpellier – CIRAD – Campus Lavalette, salle 15, au bâtiment 6  
6 avril 2012**

---

9h00-9h15. *Café d'accueil.*

9h15-9h45. ***Actualité du projet ATP. L'avis de la direction du CIRAD sur le bilan 2011. Les orientations et le budget 2012***

Muriel Figuié/ Serge Morand (à confirmer)

9h45-11h00. ***"Between international standards and local governance. Controversies about Foot-and-Mouth Disease management in Southern Africa". Projet de thèse***

Bruno Bouet

11h00-11h15. *Pause café*

11h15- 12h00. ***Wildlife conservation society, l'environnement et le paradigme « one health »***

Aurélie Binot

12h00-13h00. ***Activités à venir ; tour de table***

13h00. *Déjeuner*

---

► **Contact :** [muriel.figuie@cirad.fr](mailto:muriel.figuie@cirad.fr); tel : 04 67 61 75 86

Accès : <http://www.cirad.fr/qui-sommes-nous/le-cirad-dans-le-monde/languedoc-roussillon/contact-et-acces>

Montpellier – CIRAD – Campus Lavalette, 12 décembre 2012  
9h15-16h45 (bat. 15, salle 2)

---

L'objectif de cette journée est de mettre en commun nos connaissances sur les différents concepts qui visent à définir une approche dite globale ou systémique de la santé. Cette mise en commun concerne les disciplines traitant de la santé dans le domaine animal et végétal.

Si les concepts « One World, One Health », « One Health » ou « Ecohealth » dominent actuellement, d'autres concepts existent ou les ont précédés. Chaque concept illustre un référentiel partagé, une façon d'appréhender de façon globale la santé. Cette volonté d'englober va de la population d'hôtes, à la communauté trophique, au système de pratiques ou de production (en élevage et agriculture), à l'environnement, à la santé humaine ou encore au contexte politique et social.

Lors de cette journée d'échanges, les différents concepts seront exposés et discutés de façon à en décrire la genèse (influence des paradigmes en santé humaine, en écologie par exemple, influence du contexte sanitaire...), leur proximité avec d'autres concepts, la définition de la santé dont ils sont porteurs, les solutions ou les pistes de recherches qu'ils suggèrent (dans leur application à l'agriculture et à l'élevage), leur opérationnalité, l'usage qui en a été fait et/ ou en est encore fait (terrains, disciplines, institutions, période, types d'agriculture/ élevage...). Nous concluons sur la façon dont ces différentes approches sont mobilisées, de façon complémentaire, au CIRAD.

#### *9h15. Café d'accueil*

9h30-11h00.

***Introduction. Le projet « Emergences et risques sanitaires », les convergences dans les démarches entre santé végétale et animale,*** Serge Morand, CNRS

***Aperçu rapide des concepts abordés, la place des sciences sociales,*** Muriel Figuié, CIRAD Moisa

***Agro-écologie des bio-agresseurs,*** Jean-Louis Sarah, CIRAD DGDRS

#### *Pause*

11h15- 12h15.

***Hôtes/ pathogènes et éradication,*** François Thiaucourt, CIRAD CMAEE

***Eco-pathologie,*** Renaud Lancelot, CIRAD CMAEE

#### *Pause Déjeuner*

14h00-15h15.

***Santé des écosystèmes,*** Marie-Noël de Visscher, CIRAD AGIRs

***“One Health”, “Conservation Medecine” et “Ecohealth”,*** Aurélie Binot, CIRAD AGIRs

*Pause*

15h30-16h45.

***Exemple du dispositif de recherche « Production and Conservation in Partnership »***,

Alexandre Caron, CIRAD AGIRs.

***Discussion, synthèse dans la perspective du colloque de fin de projet (2013)***

► **Contact** : [muriel.figuie@cirad.fr](mailto:muriel.figuie@cirad.fr); aurélie.binot@cirad.fr, tel : 04 67 61 75 86

Accès : <http://www.cirad.fr/qui-sommes-nous/le-cirad-dans-le-monde/languedoc-roussillon/contact-et-acces>

## **Annexe 2. GT1 : Niveau international.**

### **Les Organisations internationales environnementales (A.Binot) : bilan 2012, projet 2013**

Les réalisations de l'année 2012 ont porté sur deux points :

1. L'analyse des **facteurs sociaux permettant de mieux appréhender la surveillance sanitaire à l'échelle d'une communauté villageoise et des réseaux sociaux locaux.**

#### **Contexte :**

Les enjeux d'émergence accrue de maladies infectieuses dans les zones à haut risque, comme l'Asie du Sud-est, rendent incontournables les recherches sur le fonctionnement de la surveillance des maladies animales à l'échelle locale. Cela passe par une étude fine des déterminants sociaux des choix des individus et des communautés vis-à-vis de la santé animale. Une étude exploratoire de l'utilisation combinée d'outils variés venant de l'anthropologie, l'épidémiologie participative et la modélisation a été réalisée sur une communauté villageoise de Thaïlande.

#### **Résultats :**

Les entretiens avec les éleveurs et les autres acteurs locaux de la santé animale a permis d'identifier des réseaux sociaux qui s'inscrivent dans une logique communautaire. Ces réseaux diffusent l'information sanitaire et s'imbriquent partiellement dans le réseau officiel de la surveillance. Trois réseaux ont été identifiés : celui des éleveurs de canards, des éleveurs de coqs de combat et des firmes industrielles de production animale. Les données recueillies sur l'histoire du village, l'organisation sociopolitique et les pratiques locales de gestion des maladies ont permis de dégager des facteurs sociaux pouvant expliquer l'écart entre la logique d'acteurs observée sur le terrain et le système de surveillance officiel, avec l'exemple de la détection des cas d'influenza hautement pathogène chez les volailles. Quantifier ces facteurs ainsi que les coûts sociaux associés à la décision de déclarer officiellement un cas ou non apparaît nécessaire. Une modèle du système local entier permettrait d'en visualiser les dynamiques principales. Cela pourrait conduire vers des recommandations pour l'amélioration de la surveillance des maladies animales dans les pays d'Asie du Sud-est.

#### **Perspectives 2013 :**

Les résultats du stage de master engagé sur cette problématique seront valorisés au premier trimestre 2013 dans le cadre d'une publication conjointe avec les partenaires thaïlandais.

Une participation à un colloque international est également envisagée (colloque local/global, Montpellier mars 2013)

En parallèle des enquêtes complémentaires devraient permettre d'approfondir sur le même terrain la question de la perception des risques environnementaux et de leur potentiel d'intégration par les acteurs des réseaux de surveillance sanitaire. A cette fin, nous souhaitons mettre en place un stage de master (étudiant asiatique) dans le cadre d'une démarche de modélisation participative.

2. Une revue bibliographique de l'évolution des paradigmes « One Health » et « Eco-Health » et de leur intégration dans les politiques publiques et initiatives internationales et régionales, notamment en lien avec le Millennium Ecosystem Assessment et les textes relatifs à la gouvernance environnementale ; une série d'entretiens auprès d'informateurs clés, scientifiques et institutionnels.

**Contexte :**

Les impacts du changement climatique, dans un contexte de changement global, sur les interactions entre Biodiversité et Santé sont au centre de l'attention de nombreuses organisations internationales et font l'objet de divers programmes d'action (Chivian 2003). En particulier, de nombreux programmes internationaux visent à contrôler les risques de transmission zoonotique induits par l'érosion de la biodiversité. Dans ce cadre, différentes initiatives, telles que le *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005) et l'initiative «One Health» (2009, [www.onehealthinitiative.com](http://www.onehealthinitiative.com)) ont mis en évidence la pertinence d'une approche intégrée, à l'échelle de l'écosystème, pour appréhender ce type de problématique (FAO 2008). Dans le domaine de la gestion des risques zoonotiques associés aux interactions biodiversité/santé, le paradigme de service écosystémique (en particulier le service de disease regulation) a été repris dans le cadre du MEA pour appréhender les mécanismes de régulation des maladies (cycle et écologie des pathogènes). Ce modèle associé à l'échelle du système naturel non seulement les pathogènes mais aussi leurs hôtes, leurs réservoirs (biologiques et environnementaux) et leurs vecteurs, intégrant donc la connaissance et l'interprétation du milieu. Cette approche scientifique de l'interaction santé/biodiversité s'inscrit dans une démarche de recherche pluridisciplinaire et intégrée.

**Objectifs de recherche :**

- Quelle a été la genèse des paradigmes « *One Health* » et « *Ecohealth* », notamment en lien avec la conférence « *One World One Health* » ? Quels acteurs institutionnels ont été impliqués ? Quel est le contenu scientifique qui est mis en avant dans ces approches intégrées ?
- Comment ces paradigmes sont-ils valorisés ou affichés aujourd'hui dans différentes politiques publiques et initiatives internationales et régionales ?
- Quels jeux d'acteurs et communautés de pratiques se sont développés autour des approches écosystémique de gestion de la santé ?

**Perspectives 2013 :**

Le travail engagé en 2012, notamment au niveau de l'analyse de la base de données bibliographique (plus de 110 références) et des entretiens d'informateurs clés devrait se poursuivre pendant le premier trimestre 2013 afin d'approfondir le lien entre démarches de surveillance et approches écosystémiques de la santé. Plusieurs publications pourraient être préparées au deuxième semestre 2013, ainsi qu'une participation à un colloque international.

### **Annexe 3. GT5. Surveillance Résumé du rapport de stage réalisé en Thaïlande sur la surveillance informelle**

**Sophie Valeix (2012).** La surveillance des maladies animales à l'échelle locale en Thaïlande: étude des facteurs sociaux liés aux logiques d'une communauté villageoise. Rapport de stage de Master 2 SAEPS.

#### **Résumé**

Une étude exploratoire de l'utilisation combinée d'outils variés venant de l'anthropologie, l'épidémiologie participative et la modélisation a été réalisée sur une communauté villageoise de Thaïlande (étude pilote, mise en œuvre des Phases 1-3 de la méthode (Tableau 8) ciblée sur 1 village et l'élevage des cannes pondeuses pour la partie modélisation). Les entretiens avec les éleveurs et les autres acteurs locaux de la santé animale ont permis d'identifier des réseaux sociaux qui s'inscrivent dans une logique communautaire. Ces réseaux diffusent l'information sanitaire et s'imbriquent partiellement dans le réseau officiel de la surveillance. Trois réseaux ont été identifiés : celui des éleveurs de canards, des éleveurs de coqs de combat et des firmes industrielles de production animale. Les données recueillies sur l'histoire du village, l'organisation sociopolitique et les pratiques locales de gestion des maladies ont permis de dégager des facteurs sociaux pouvant expliquer l'écart entre la logique d'acteurs observée sur le terrain et le système de surveillance officiel. Quantifier ces facteurs ainsi que les coûts sociaux associés à la décision de déclarer officiellement un cas ou non apparaît nécessaire pour affiner les résultats.

D'une manière générale, les maladies infectieuses ne semblent pas être une priorité pour les éleveurs de cannes pondeuses ciblés dans cette étude. En revanche les pesticides épandus par les riziculteurs constituent la première cause de mortalité chez la canne domestique et représentent un enjeu économique majeur pour les éleveurs. Cependant les éleveurs de canards sont clairement demandeurs de plus d'aide quant à la prévention et la gestion des problèmes sanitaires de la part des autorités. Et cela, notamment dans les moments critiques comme les inondations ainsi que le passage de la saison des pluies à l'hiver.

Il a été montré que quelques familles anciennement installées dans la zone dominant la vie économique et politique et assurent l'interface entre les villageois (et donc les éleveurs) et le gouvernement (notamment les services vétérinaires). Ces acteurs contrôlent les informations et la prise de décision à l'échelle locale. De plus, le rôle de ces personnes puissantes est majeur en situation de crise, comme lors d'une épizootie.

Par ailleurs, même si le village étudié ne comportait qu'un seul élevage industriel, il est clair que les grands groupes industriels de l'agroalimentaire tels que CP exercent leur propre surveillance et contrôlent les choix individuels des éleveurs. Toutefois, ils communiqueraient de mieux en mieux (et cela depuis la dernière crise due au virus H5N1) avec les services vétérinaires. Le traumatisme pour les éleveurs lié aux mesures de contrôle avait entraîné la décision pour les autorités de réduire le périmètre d'abattage en cas de foyer. Le DLD (Department of Livestock Diseases) affiche désormais la volonté de mieux communiquer pour regagner la confiance des fermiers, aujourd'hui convaincus de l'utilité des mesures engagées à l'époque.

La non-participation des éleveurs aux actions de surveillance et de contrôle est perçue par les autres éleveurs comme un refus de satisfaire à son devoir. Au sein d'un village, la dénonciation d'éleveurs qui présentent un cas suspect d'influenza dans leur élevage semble courante et est reconnue sans complexe par les villageois. Néanmoins, bien qu'ils affichent

tous la volonté de protéger l'ensemble de la communauté en déclarant tout cas suspect à leurs élites, les éleveurs affirment dans le même temps ne pas accorder leur confiance aux vétérinaires et évoquent leur responsabilité envers la communauté en cas d'abattage massif. Le taux de mortalité moyen minimum qui amène les éleveurs à suspecter un cas, soit 40 %, est bien supérieur au taux de 5 % des services vétérinaires. Ainsi, alors qu'en temps d'épizootie/épidémie, tout le monde soutiendrait activement les mesures du DLD, peu d'éleveurs assumeraient d'être le déclencheur d'une telle situation en déclarant en premier.

## **Annexe 4. L'utilisation de l'analyse coût-bénéfice dans la définition de politiques de limitation des maladies émergentes**

**Tristan Le Cotty, novembre 2012**

### **1. L'analyse coût bénéfice en général**

L'analyse coût-bénéfice est une méthode omniprésente de l'analyse économique, dont le principe est de comparer le coût d'une décision humaine, et les bénéfices de cette décision. La décision peut être privée, et l'analyse coût-bénéfice est alors simplement une interprétation de la décision (ex : un acte d'achat est vu comme le résultat d'une analyse coût bénéfice par le consommateur qui compare le bénéfice procuré par la consommation d'un bien, et son coût, et qui achète le bien si son bénéfice anticipé est au moins égal à son coût). Mais la décision peut aussi être publique, et l'analyse coût bénéfice est alors un outil d'aide à la décision publique. Dans ce cas, l'analyse coût bénéfice porte un jugement normatif sur cette décision (cette décision est-elle souhaitable pour la société ? est-elle meilleure qu'une autre décision ?). En général, les gens qui subissent les coûts de la politique ne sont pas ceux qui reçoivent les bénéfices, ce qui induit des difficultés d'acceptation de la politique. Par exemple, une politique d'abatage de volailles d'une région engendre des coûts pour les élevages de cette région et des bénéfices pour les élevages voisins. Un Etat peut décider de corriger cette déconnexion entre les coûts et les bénéfices par des transferts sociaux etc. mais ceci ne modifie en rien l'analyse coût-bénéfice, qui ne dit pas qui supporte le coût. Ces coûts et bénéfices sont exprimés en valeur économique (éventuellement évalués en valeur monétaire).

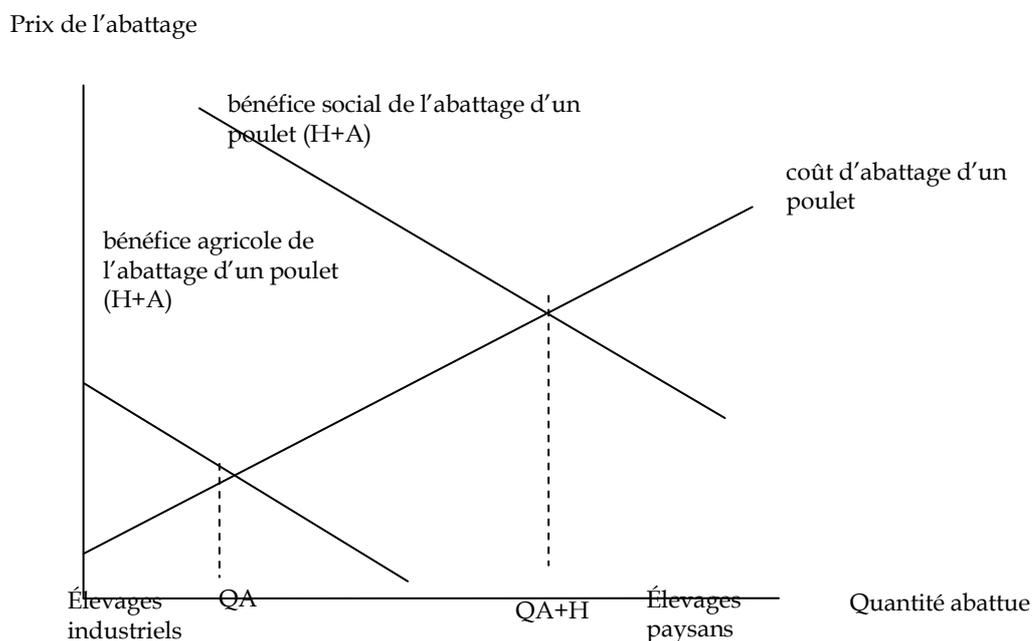
### **2. Le cas des maladies animales possiblement contagieuses pour l'homme**

Dans le cas des maladies émergentes, les bénéfices de la politique à choisir ne sont pas certains (on ne sait pas la virulence d'une maladie émergente), et parfois ils ne sont pas connus (un virus peut-il muter et devenir dangereux pour l'homme ? ). On représente ci-dessous le schéma d'une analyse coût-bénéfice non chiffrée dans l'exemple où la politique étudiée est l'abatage d'un certain nombre de poulets dans un pays où il existe un risque de contamination par un virus comme H5N1. On suppose que le coût unitaire d'abatage est de plus en plus élevé à mesure que l'on s'approche d'une éradication totale des élevages (quand l'ampleur de l'abatage augmente, le coût administratif augmente, et on abat de plus en plus de poulets sains, donc le manque à gagner augmente). Le coût unitaire de l'abatage est plus élevé pour les petits élevages (dispersés, difficilement contrôlés, etc.) que pour les élevages industriels. On suppose en plus que le bénéfice de l'abatage pour les éleveurs sains diminue à mesure que l'on s'approche de l'éradication complète. Ce bénéfice est double : il inclut la conservation de l'activité agricole des élevages sains (A) et à la sauvegarde des vies humaines éventuellement menacées (H).

Lorsqu'un état se pose la question du nombre optimal de poulets abattus, la réponse donnée par une analyse coût-bénéfice correspond à la quantité telle que le bénéfice additionnel d'abattre un poulet de plus devient inférieur ou égal au coût d'abattre un poulet de plus. Sur le schéma ci-dessous cette quantité est QA si l'état ignore la possibilité de contagion à l'homme (ou si cette possibilité n'existe pas) et QA+H si cette possibilité existe et est prise en compte.



Figure 1. schéma des coûts et des bénéfices dans le cas d'une politique d'abattage



Sur ce schéma, il est clair que la bonne quantité de poulets à abattre est extrêmement différente selon que l'on prend en compte ou non la possibilité de contamination humaine. Tant que cette possibilité est méconnue, l'analyse coût-bénéfice ne peut que présenter deux éventualités très différentes, et le choix entre les deux reste à faire.

### 3. Intérêts et limites de l'analyse coût-bénéfice dans le cas des maladies émergentes

L'analyse coût-bénéfice repose sur des fondements économiques robustes. Elle mime le comportement humain en pesant le pour et le contre avant de prendre une décision complexe.

Mais elle pose avant tout des problèmes pratiques. Si on n'a pas d'éléments chiffrés sur la possibilité de contamination humaine, elle a peu d'intérêt. Par ailleurs, l'estimation de la valeur économique de certains coûts est difficile (le coût social de l'inactivité des élevages...), ainsi que certains bénéfices (le nombre de vies sauvées, la valeur des vies sauvées...). Si on surestime les bénéfices, on met en œuvre « trop » de politique (ex des vaccins en France), si on sous-estime les bénéfices, on met en œuvre « trop peu de politique ». Et en réalité, on ne sait réellement cela qu'après coup. Par exemple, l'année d'une éruption volcanique, il y a eu trop peu de politique de prévention. Mais toutes les autres années, il y a eu trop de politique.

L'analyse coût-bénéfice pose également des problèmes théoriques. Du point de vue de l'analyse coût-bénéfice, la vie humaine a une valeur économique finie (sinon le coût de la politique de santé publique serait infini). Les études empiriques donnent des valeurs très variables, notamment parce que la valeur estimée dépend de la nature du risque, entre 1 et 23 millions de dollars en France (Desaigues and Rabl, 1995) ; 150 000 dollars en Inde, (Bhattacharya, 2007) ; 6,2 millions de dollars aux Etats-Unis en moyenne selon l'EPA, etc. Le coût d'une vie sauvée évalué par les programmes de sécurité américain varie selon la nature du risque auquel elle était soumise. Lorsque la vie sauvée était exposé à un risque familial,

elle a une valeur estimée inférieure à sa valeur estimée lorsqu'elle est confrontée à des risques méconnus (Viscusi, 1998; Sunstein, 2002). Ainsi, la valeur de la vie humaine sauvée est de 1,06 million de dollars par vie sauvée dans les constructions de maçonnerie et de 182 millions de dollars pour les risques liés au benzène dans l'industrie de l'anhydride maléique (Viscusi, 1998; Hahn, 1996). Les politiques ont donc tendance à investir trop dans la réduction des risques de précaution, et pas assez dans celle des risques familiers (Viscusi, 1998 ; Sunstein, 2002). Par analogie, on peut se demander si les politiques de lutttes contre les maladies émergentes peu connues (comme les gripes aviaries, etc.) ne sont pas trop coûteuses par rapport aux maladies connues comme le cancer.

#### **4. Une analyse économique des politiques d'incitation des éleveurs à la déclaration des maladies**

Illustration à partir d'un article de Robert H. Beach, Christine Poulos, Subhrendu K. Pattanayak, *Farm Economics of Bird Flu, Canadian Journal of Agricultural Economics, 2007*

##### **Résumé de l'article**

L'article montre qu'il est important d'inciter les éleveurs à révéler l'existence d'animaux malades dans leurs élevages car ils n'ont pas toujours intérêt à le faire spontanément, or le risque collectif dépend de l'attitude des premiers élevages infectés (Philipson, 2000; Gersovitz and Hammer, 2005). Une incitation possible est l'indemnisation des pertes, mais si l'Etat indemnise les éleveurs pour les animaux morts, les efforts des éleveurs pour protéger leurs élevages tendent à diminuer. Les efforts de prévention des éleveurs sont déduits de leur calcul coût-bénéfice supposé, qui conduit à un certain niveau de prévention spontané (défini par leur intérêt privé seul). Parallèlement, la société fait son calcul coût-bénéfice et en déduit le comportement qu'il serait bon qu'adoptent les éleveurs pour son optimum à elle (optimum social). En général, les coûts de prévention que sont prêts à supporter les éleveurs sont inférieurs aux coûts de prévention qu'ils devraient adopter si le calcul prenait en compte les bénéfices collectifs. Il faut alors une politique qui induise un changement de comportement et les amène à se comporter comme s'ils accordaient une valeur aux bénéfices perçus par d'autres.

Il faut donc à la fois indemniser les pertes (donc inciter à la révélation des contaminations) et favoriser la prévention.

##### **Quel est l'investissement préventif optimal du point de vue de l'éleveur?**

L'éleveur le choisit en faisant un calcul de maximisation de son profit espéré défini par l'égalité ci-dessous :

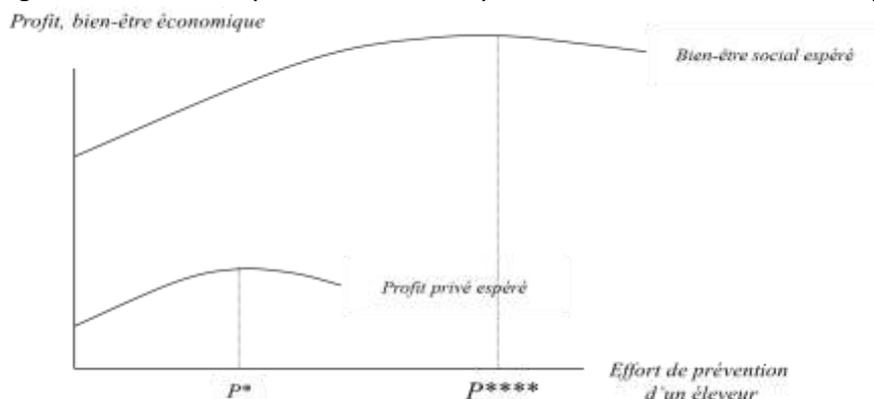
Espérance de profit = recettes espérées sur volaille saines – coûts de production et d'efforts de prévention sur les volailles saines – coûts sur volailles malades

La maximisation de ce profit permet de choisir le niveau d'investissement préventif  $P^*$  qui donne le profit espéré le plus élevé (cf figure 2). Ce choix dépend de plusieurs variables comme la taille de la ferme, etc.

##### **Quel est l'investissement préventif optimal du point de vue de la société ?**

Si on intègre dans cette analyse le bénéfice reçu par les autres éleveurs et les autres citoyens potentiellement contaminés, l'effort préventif optimal est nettement plus élevé,  $P^{****}$ , mais ne correspond plus au comportement spontané du l'éleveur.

Figure 2. Niveau de prévention choisi par l'éleveur  $P^*$  et celui choisi par la société  $P^{****}$



Il faut donc une politique pour conduire l'éleveur à accroître son effort de prévention, surtout les petits élevages, car les grands élevages industriels ont un intérêt plus grand à adopter une prévention privée élevée (car le coût de la prévention n'est pas proportionnel à la taille de l'élevage).

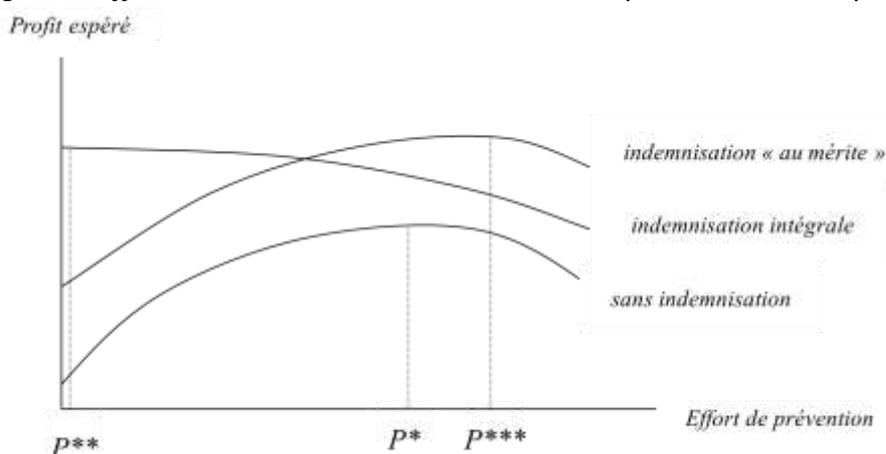
### Les agriculteurs ont-ils intérêt à révéler l'existence d'animaux malades

L'analyse coût-bénéfice peut aussi être utilisée pour vérifier si l'éleveur a intérêt à révéler la présence d'animaux malade sur son élevage conduit à la conclusion que les éleveurs ne déclarent les animaux malades que s'ils reçoivent une indemnité complète couvrant le coût lié à la perte des animaux, à la ré-exploitation des bâtiments, et le coût administratif de la déclaration des pertes.

Mais si les éleveurs perçoivent une telle indemnité, ils arrêtent tout effort de prévention ( $P^{**}$  au lieu de  $P^*$  sur la figure 3). Ceci s'obtient en dérivant l'espérance de profit ci-dessous :

$$\text{Espérance de profit} = \text{recettes espérées sur volaille saines} + \text{indemnités espérées sur volailles malades} - \text{coûts de production et d'efforts de prévention} - \text{coûts sur volailles malades}$$

Figure 3. Effet de l'indemnisation sur le niveau de prévention choisi par l'éleveur



En revanche, l'Etat peut mettre en place une indemnité « au mérite », qui ait pour effet d'augmenter les efforts de prévention ( $P^{***}$ ).

En conclusion la bonne compensation que l'Etat doit verser aux éleveurs doit être supérieure au coût de révéler la maladie mais inférieure aux coûts totaux de la maladie. Il est surtout important de stimuler l'investissement préventif dans les régions où le nombre de petits élevages est important et où l'indemnisation forfaitaire est importante.

## **Annexe 5. Projet de Nathalie Brender (HEG Genève) et Claude Gilbert (CNRS) dans le cadre du projet ATP Emergences et risques sanitaires, Wp2**

### **L'OMS à l'épreuve à la pandémie H1N1 : stabilisation ou déstabilisation des procédures et pratiques établies ?**

L'interdépendance et la complexité grandissante de l'environnement international rendent les sociétés contemporaines plus vulnérables à la survenance de risques sanitaires et à la diffusion rapide de maladies infectieuses. Ces situations sont souvent caractérisées par une plus grande incertitude concernant la causalité du risque et l'ampleur de ses conséquences potentielles. Cela est particulièrement visible dans le domaine de la santé où les épidémies ne connaissent pas de frontières et présentent des défis majeurs en matière de gouvernance des risques (OECD ; 2003). La crise du SRAS en 2003, l'alerte face à une possible pandémie de grippe aviaire H5N1 en 2005 et plus récemment la pandémie de grippe H1N1 en 2009-2010 témoignent de l'émergence de risques sanitaires globaux et de leur prise en compte sur l'agenda international.

Depuis les années 1990, l'OMS s'est imposée comme un acteur incontournable des questions de santé globale ; elle a joué un rôle central dans la gestion de la crise du SRAS et posé les jalons pour la gestion des crises ultérieures (Brender, 2010). L'OMS a également œuvré pour une coopération internationale en matière de préparation à une pandémie grippale avec le développement de plans et de procédures aussi bien au niveau international qu'au niveau des Etats membres. Elle a été largement suivie dans ces préparatifs, et le cas de la France avec l'ampleur de ses actions est à cet égard révélateur (Gilbert, Bourdeaux et Raphaël, 2010). En parallèle, l'OMS a mené à bien la révision du Règlement Sanitaire International avec la production de nouvelles règles entrées en vigueur le 15 juin 2007 (WHO, 2008).

La pandémie H1N1 qui survient en 2009 représente dès lors la première crise de santé globale régie par le RSI révisé. Elle a donné lieu à de vastes controverses, portant notamment sur la dépendance des experts vis-à-vis des grands groupes pharmaceutiques, la disproportion des mesures prises par rapport aux risques réellement encourus et les coûts jugés démesurés qu'elles ont engendrés. L'Union européenne et certains Etats tels que la France, la Suisse et les Etats-Unis ont procédé à des retours d'expérience sur cette pandémie (ECDC 2009 ; Milon, 2011 ; Evaluation de la Stratégie de Vaccination H1N1 de la Suisse 2010; United States Department of Health and Human Services, 2012a). Toutefois, si certaines analyses débouchent sur un plan d'action (United States Department of Health and Human Services, 2012b), d'autres se limitent à l'analyse de la crise et quelques propositions de changements (Evaluation de la Stratégie de vaccination de la Suisse 2010) sans vraiment remettre en cause la façon dont la crise a été gérée ni l'adéquation des structures et des procédures en place.

L'OMS s'est également engagée dans un processus de retour d'expérience dicté à la fois par ses bonnes pratiques et (surtout) par les critiques faites à l'encontre de sa gestion de la pandémie. Le comité d'examen du RSI a réalisé une évaluation externe de la riposte à la pandémie H1N1 (WHO, 2011a), suivie d'une réflexion sur la gestion future de telles crises (WHO, 2011b). Dans la communication, l'accent a été mis sur la levée de l'accusation de dépendance de l'OMS vis-à-vis du secteur privé (WHO, 2011a) mais la réflexion sur la façon d'aborder des crises sanitaires de grande ampleur et la nécessité d'établir de nouvelles modalités de gestion (Gilbert, 2007) semblent avoir été occultées, de même que les

questions plus larges sur la fiabilité de l'information, le sentiment d'urgence et le recul quant à la pertinence du déroulement des procédures existantes.

Il nous paraît dès lors essentiel, dans le contexte actuel d'émergence (et de réémergence) des risques sanitaires internationaux, d'analyser comment l'OMS a abordé et géré la pandémie H1N1 et d'évaluer dans quelle mesure cette crise a généré des changements dans l'organisation de ses structures et de ses procédures de gouvernance des risques. Quelles sont les structures et les pratiques de l'OMS remises en causes par cette crise ? Quels changements (ou maintiens du statu quo) cette crise a-t-elle engendrés au sein de l'organisation et pour quelles raisons ? Ce sont à ces interrogations que notre projet souhaite répondre.

Notre attention se portera tout particulièrement sur deux volets : le rôle de l'expertise et l'évaluation du risque de pandémie. Nous chercherons d'une part à déterminer dans quelles mesure le processus de sélection et d'implication des experts dans l'évaluation du risque et le choix des mesures a été affectée par la crise H1N1 ; et d'autre part, à identifier de quelle façon le processus d'évaluation du risque et la prise de décisions qui lui est associée ont (ou non) été modifiés suite à cette pandémie.

Notre démarche associera l'analyse de la documentation (d'octobre 2012 à janvier 2012) avec des entretiens de terrain à l'OMS (de février à avril 2013). Dans un premier temps, il s'agira d'étudier les documents mis à disposition publiquement par l'OMS pour déterminer quelles étaient les structures, procédures et pratiques appliquées à l'OMS avant la pandémie H1N1, pendant la pandémie et les comparer à celles qui sont établies suite à cette pandémie. Par exemple, le rapport d'évaluation de l'OMS (WHO, 2011b) propose certaines recommandations qu'il s'agira de comparer avec l'existant en 2012. Cette première étape nous permettra d'identifier et d'évaluer les éventuels changements apportés dans les structures et procédures à l'OMS.

Ensuite, nous aborderons la constitution et la mobilisation de l'expertise effectuée par l'OMS au niveau international pour l'identification, l'évaluation et la proposition de réponses au risque de pandémie H1N1. A cet égard, nous porterons notre attention sur la définition des experts telle qu'elle est appliquée à l'OMS et son évolution (ou non) suite à la pandémie. A nouveau, nous nous concentrerons sur le statu quo ou les changements opérés dans la composition des comités d'experts, leur fonctionnement et leur poids dans l'adoption des mesures.

Enfin, les entretiens avec des experts et du personnel de l'OMS nous permettront de clarifier et d'approfondir certains points, voire de traiter des thèmes qui n'auraient pas été abordés dans les documents rendus publics.

---

## **Annexe 6. MPhil Study. Tapiwa Muzhizhizi. Université du Zimbabwe. Center for Applied Social Sciences.**

### **Title: Surveillance of animal diseases: official and practical norms**

The student will analyse the circulation of information on animal diseases in Zimbabwe. He will analyse the discrepancy between (1) the official system, its supposed functioning (according to “official norms of surveillance”) and (2) how in contrast the circulation of information on animal diseases really operates (according to “practical norms” of surveillance). The analyse of this gap (between official and practical norms) will support a diagnosis of the acceptability of surveillance: it show the way by which people adjusts, recycles official norms, or rules, to adapt them to their local constraints, their values and their interests. The results of this diagnosis will serve to design recommendations for decision makers: how to organize the circulation of information on animal diseases in an acceptable and suitable way and with better outcomes on the local development?

### **Summary**

The surveillance of animal diseases is taking a growing importance in the policies of management and control of livestock diseases. But many studies underline the numerous difficulties for the good functioning of surveillance systems, in relation with the behaviour of stakeholders (lack of reporting from the farmers, difficulties of State agents...) and in relation with the limited direct impact of this surveillance on local development.

The student will first study the flow of information on livestock diseases in a given area: how does it function in practice? Which are the stakeholders involved? (farmers, state agents, commercial sector,...) What kind of information circulates, in which radius, with which speed, and with what effects (what kind of decision does this information provoke? who benefits from this flow of information?) The student will also identify the rules according to which the flow of information as it works in practice, is regulated and organized.

The student will also describe the official surveillance system(s). How is it supposed to work? Which are the stakeholders supposed to be involved in it? What is the kind of information supposed to circulate (for example what are the diseases to be imperatively notified), with which delay, with what consequences (lab test, culling, quarantine...)?

Then the student will underline the differences between the two systems (official and practical) and will evaluate the reasons for this gap. This gap will be analysed as the result of an adaptation to local constraints, interests and values and not just as a mal-functioning of the official system. The student will analyse the effects, positive and negative, of this gap in terms of local developmental outcomes.

Finally the student will contribute to draw recommendations for policy makers: what should be the functioning of a surveillance system which would be more acceptable for local actors, what aspects of the practical norms should be assisted, supported, and encouraged in order to design and promote local development through surveillance of livestock diseases.

The methodological and theoretical approach will be based on J.-P Olivier de Sardan’s concept of “practical norms”, by applying it to public actors and non public actors.

**Encadrement:** Muriel Figuié CIRAD Moisa, Billy Mukamiri (UZ CASS), Eric Etter (CIRAD AGIRs)

## **ANNEXE 7. Proposition de stage de Master, CIRAD-Moisa, 2013**

Le stage proposé s'insère dans le cadre du work-package sciences sociales du projet « Emergence et risques sanitaires » du Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD). Il est proposé à des étudiants venant aussi bien des sciences sociales que des sciences vétérinaires ou agronomiques.

### **Sujet du stage**

Social scientists have developed a variety of approaches regarding livestock diseases, with a diversity of focuses: socio-psychology, political ecology, cultural or ethno-veterinary knowledge studies. However, this literature rarely questions the “existence”, the “reality” of its key object: the disease itself. The idea is to explore the dynamics of social construction of a specific livestock disease, the Foot-and-mouth disease (FMD). The analysis will be based on an explorative study of the Zimbabwean case.

Two main questions will be addressed by the student. Firstly, the student will document the history of the emergence of the FMD as an international problem and as a “must-be-dealt-with” disease. The history of the FMD is directly related to the process of industrialisation of livestock production worldwide, and particularly in Europe. The disease has much lower direct sanitary impacts in non-industrial animal production systems than in intensive ones. However, it may have dramatic indirect socio-economic consequences, as the case of Zimbabwe illustrates. In this country as in many others in the global South, strict national and international regulations and policies have been implemented to the benefit of big beef exporters. By so doing, the FMD is imposed as a problem to all types of farms and strongly impacts small peasants' livelihoods in some specific areas (through imperative vaccinations, culling, restrictions on transportation, etc.).

Secondly, the student will examine the success of such a specific “problematization” of the FMD and the vectors of its diffusion in FMD policies. Three main dimensions be explored: (i) the role of a specific international organisation, the World Organisation for Animal Health (OIE), (ii) the weight of specific economic interests, and in particular the beef industry sector (both in Zimbabwe, in the Southern African region and in the global North); (iii) the influence of dominant values and visions of the world in the field of veterinary medicine.

### **Qualifications requises**

Anglais courant, aptitude à travailler en équipe, capacité de synthèse et de rédaction, autonomie.

Intérêt pour les questions de développement et pour l'Afrique Australe.

### **Modalités**

Le stage est prévu pour une durée de 6 mois. Il se déroulera à Montpellier avec possibilité de séjour sur le terrain. Le stagiaire recevra une gratification de 436 euros par mois (possibilité d'une indemnité logement supplémentaire de 225 euros selon la situation du stagiaire).

**Contacts :** *Muriel Figuié, CIRAD, UMR MOISA, Montpellier [muriel.figue@cirad.fr](mailto:muriel.figue@cirad.fr)  
Eve Fouilleux, CNRS-UMR CEPEL, CIRAD -UMR Moisa, Montpellier. [eve.fouilleux@cirad.fr](mailto:eve.fouilleux@cirad.fr)*

### WP3. Modélisation et scénarios géographiques

Vladimir Grosbois, Renaud Lancelot, Caroline Coste, Gilles Balança

#### Résultats

Ce WP vise à développer des concepts et méthodologies génériques permettant de prédire spatialement un risque d'émergence pour un pathogène à transmission vectorielle, entre autre par le biais de déplacements des hôtes vertébrés. Il a été décidé de se concentrer sur le modèle tiques et maladies associées, en particulier sur les tiques du genre *Hyalomma* dans le bassin méditerranéen. Toutefois d'autres modèles connexes pourront être intégrés s'ils répondent aux questions génériques posées. Outre l'implication des chercheurs en poste, les activités 2012 ont généré un stage de master I. Un séminaire sur la modélisation chez les vecteurs devait être organisé en 2012 mais a été reporté à l'année 2013.

#### Etude des aires de distributions actuelles et potentielles

Un important axe d'investigation dans l'étude des phénomènes d'émergence de maladies vectorielles est la description des aires de distribution actuelles des espèces vectrices et la production de prédictions concernant leurs aires de distribution futures sous différents scénarios de changements locaux (e.g., occupation des sols, fréquentation des zones à risque) ou globaux (e.g., changements climatiques). Ce type d'étude permet d'identifier des zones d'émergence potentielles qui sont des zones où l'espèce vectrice est d'ores et déjà présente mais pas le pathogène d'intérêt, des zones où l'espèce vectrice n'est pas présente mais où les conditions environnementales sont dore et déjà favorables à son établissement ou des zones où l'espèce vectrice n'est pas présente mais où les conditions environnementales pourraient lui être favorables dans un futur plus ou moins proche. Ce type d'étude fait appel aux méthodes de caractérisation des conditions environnementales à large échelle géographique, généralement par l'interprétation de données de télédétection, et à l'analyse des relations entre l'occurrence d'une espèce vectrice cible et les caractéristiques environnementale en particulier à l'aide de modèles de niche environnementale. Outre la production de cartes décrivant les probabilités de présence actuelle ou future d'une espèce vectrice, ces méthodes permettent, en croisant des données d'observation d'occurrence des vecteurs étudiés et des données environnementale de décrire la niche environnementale des vecteurs (l'ensemble des conditions environnementales favorables à sa survie et à sa reproduction). Ces méthodes ont donc un fort ancrage écologique.

Ce type d'étude a été particulièrement développé dans le cadre de l'ATP émergence en 2011 (2 stages de master consacré à l'étude via les modèles de niche environnementale des aires de distribution de 5 espèces de *Hyalomma* ; voir rapport d'activité 2011). En 2012, les études visant à caractériser les aires de distribution de vecteurs ont été nombreuses, même si elles n'ont pas concerné les mêmes zones d'étude. Ainsi, l'expérience acquise au début de l'ATP a largement bénéficié à une collaboration entamée avec l'Université de Maputo (Mozambique) dans le cadre d'une thèse d'Université (Laure Bournez) financée partiellement par la région Guadeloupe, concernant la distribution conjointe de deux espèces dont les aires de distribution se recouvrent partiellement, mais qui semblent en compétition dans leur niche environnementale : *Amblyomma variegatum* et *Amblyomma hebraeum* (Figure 1).

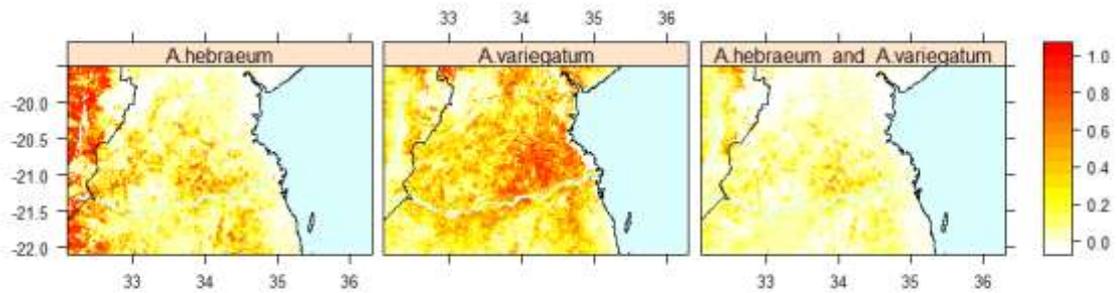


Figure 1. Probabilité d'habitat favorable pour les tiques dures *Amblyomma hebraeum* et *A. variegatum* (Acari, Ixodidae) au centre du Mozambique, prédite par un modèle de niche environnementale (distance de Mahalanobis). La probabilité conjointe est calculée sous l'hypothèse d'absence d'interaction ( $H_0$  dans cette étude).

D'autre part, une étude sur un autre modèle biologique a aussi abordé ce problème à une échelle régionale. Elle a été réalisée dans le cadre du stage de master de Rafik Garni (Master International d'Entomologie Vétérinaire) et a porté sur la modélisation de la distribution de deux espèces de phlébotomes (diptères) vectrices de la leishmaniose cutanée dans la région de Ghardia, en Algérie.

En 2013, nous souhaitons consolider les travaux entrepris et étendre les modèles de niche environnementale à d'autres espèces vectrices, dans le cadre de l'ATP et d'autres projets collaboratifs tels qu'EDENext (publication des résultats prévue pour 2013). Une étude prospective sur la notion de donnée de présence pour une tique et sur l'optimisation des protocoles d'échantillonnage et des méthodes de validation de modèle constituera un élément important pour l'activité de l'axe 3 en 2013.

*Rafik Garni : « Déterminants environnementaux de la leishmaniose cutanée dans la région de Ghardaia, Algérie ». Mémoire de Master International d'Entomologie médicale et vétérinaire (MIE), Universités d'Abomey-Calavi (Bénin) et Montpellier 2.*

#### **Caractérisation et échantillonnage des communautés de tiques à l'échelle locale**

Les études des communautés de tiques à des échelles locales sont complémentaires des approches à large échelle décrites dans le sous-axe précédent. Elles permettent une caractérisation détaillée des infections des hôtes par les vecteurs et des conditions environnementales favorables à la survie et à la reproduction des vecteurs. Elles permettent également de valider localement les prédictions des modèles de distribution. Ces études locales se heurtent souvent à des problèmes de détection, les vecteurs étant généralement des organismes relativement discrets. Une caractérisation rigoureuse des communautés de tiques nécessite donc des protocoles d'échantillonnage et des méthodes d'analyse des données permettant d'estimer simultanément des abondances, des densités ou des prévalences mais également des probabilités de détection. Au cours de l'année 2013, nous avons mis l'accent sur la mise au point et la mise en œuvre de ces protocoles et de ces méthodes d'analyse.

Suite à la réalisation d'une synthèse bibliographique d'une base de données en 2011 afin de cibler les espèces d'oiseaux d'intérêt en tant qu'hôtes pour le genre *Hyalomma* et de définir les patrons généraux de portage de tiques par les oiseaux (Balança 2011), l'année 2012 a été consacrée à la mise en place de protocoles permettant de caractériser sur le terrain les patrons de portage de tiques dans des communautés d'oiseaux. Cette étude a été réalisée dans la réserve naturelle de l'Estagnol, située à une vingtaine de km de Montpellier, qui est

un site utilisé au printemps et à l'automne comme halte par les oiseaux effectuant des migrations transméditerranéennes. Lors de sessions de terrain bi-hebdomadaires, des passereaux ont été capturés à l'aide de filets, bagués et examinés afin de détecter les tiques qu'ils portaient. Les tiques détectées ont été prélevées, identifiées au niveau genre au laboratoire, puis conservées au congélateur. Nous avons ainsi constitué une banque de tiques qui pourra dans le futur être exploitée pour une caractérisation des tiques au niveau spécifique, des recherches de pathogènes ou des analyses de génétiques des populations de tiques. En outre les protocoles utilisés pour capturer les oiseaux et détecter les tiques qu'ils portaient ont suivi les principes de l'échantillonnage répété (plusieurs sessions de capture d'oiseaux séparés par des temps courts, examen des oiseaux pour la détection des tiques effectués indépendamment par deux expérimentateurs) L'analyse des données produites par de tels protocoles d'échantillonnage répété permettent d'estimer et de modéliser simultanément l'abondance ou la prévalence des organismes cibles et les probabilités de détection de ces organismes. Nous avons donc pu décrire en tenant compte des biais de détection : la composition de la communauté de passereaux fréquentant notre site d'étude ainsi que sa dynamique saisonnière. Nous avons également décrit la prévalence de portage de tiques par ces passereaux, ses variations en fonction des caractéristiques écologiques des espèces de passereaux capturés et sa dynamique saisonnière. Les résultats de cette étude sont décrits dans le rapport de stage de MI d'Aurore Bourguignon, stage entièrement financé par l'ATP émergence. Le tableau ci-dessous, tiré du rapport de stage d'Aurore Bourguignon présente une synthèse des résultats en termes de portage de tiques obtenus à partir des données récoltées au printemps 2012.

Famille	N individus	N individus tiqués	Nombre de tiques	Prévalence corrigée	Intervalle de confiance	Intensité parasitaire
Turdidés	103	13	27	14,80%	12,6% - 21%	2
Sylviidés	372	17	19	5,40%	4,6% - 7,6%	1

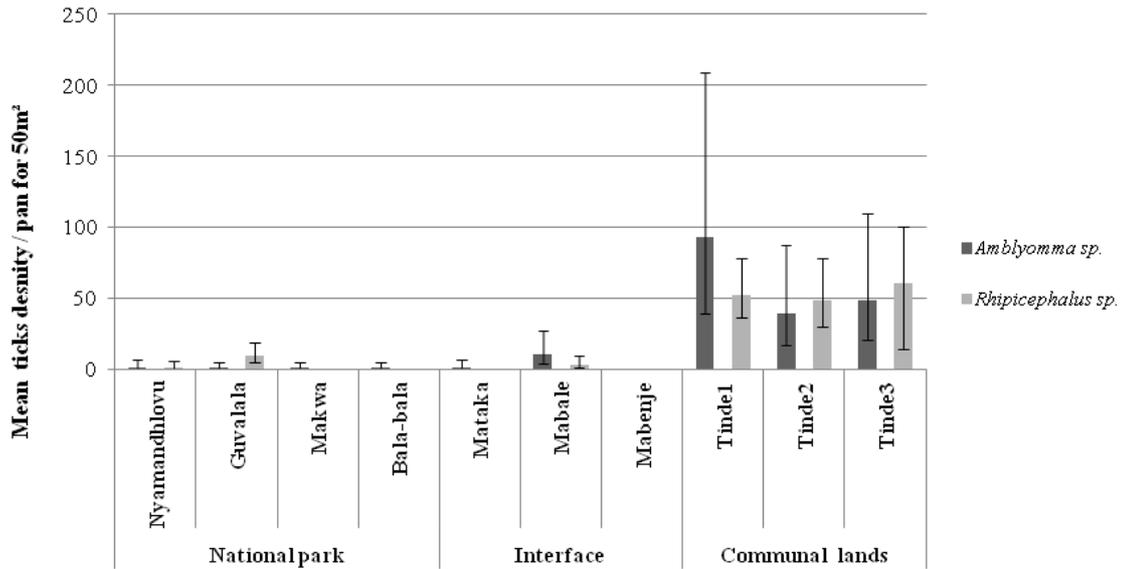
Statut migratoire	N individus	N individus tiqués	Nombre de tiques	Prévalence	Intervalle de confiance	Intensité parasitaire
Migrateurs transsahariens (MTS)	55	2	2	4,20%	3,6%-6,1%	1
Migrateurs transeuropéens (MTE)	352	13	17	4,40%	3,7%-6,2%	1
Migrateurs intra-France + Sédentaires (MF+S)	42	9	9	6,60%	5,6% - 9,3%	1

Comportement alimentaire	N individus	N individus tiqués	Nombre de tiques	Prévalence	Intervalle de confiance	Intensité parasitaire
--------------------------	-------------	--------------------	------------------	------------	-------------------------	-----------------------

<b>Oiseaux se nourrissant au sol ou dans les buissons</b>	179	23	38	15,10%	12,8%-21,4%	2
<b>Oiseaux se nourrissant dans les arbres ou dans les roseaux</b>	341	10	11	3,40%	2,9%-4,9%	1

La plupart des tiques récoltées appartenaient au genre *Ixodes* (vecteur de la bactérie responsable de la maladie de Lyme et de nombreux autres agents pathogènes), et quelques-unes au genre *Hyalomma* (vecteur du virus de la fièvre hémorragique Crimée-Congo). Le portage de tiques par les passereaux est fréquent : nous estimons la prévalence de portage de tiques entre 4% et 15% selon les caractéristiques des espèces d'oiseaux considérés. Certaines de ces espèces de passereaux étant des migrateurs qui nichent au Nord de la Méditerranée et hivernent au Sud de la Méditerranée, ils constituent de potentiels vecteurs d'émergence en Europe et en Afrique. Nous avons également prélevé un nombre important de tiques à l'automne 2012. L'analyse de ces données récoltées récemment est en cours.

Dans la même thématique d'étude des communautés de tiques à l'échelle locale, nous avons profité d'un travail destiné à caractériser des communautés de tiques entrepris dans le cadre de la thèse d'Eve Miguel dans la région de Hwange, au Zimbabwe, pour mettre au point des protocoles d'échantillonnage répété et des méthodes d'analyse de données permettant d'estimer des densités de tiques dans la végétation en tenant compte des biais de détection. Cette étude s'inscrit dans les thématiques de l'ATP émergence puisque les compartiments de paysage explorés sont situés à l'interface de zones communales, occupées par des hôtes domestiques, et de zones dédiées à la protection des écosystèmes de savane et occupés par des hôtes sauvages. Ces interfaces constituent donc des sites d'émergences potentielles par transfert de pathogènes de la faune sauvage aux espèces domestiques. Cette étude préliminaire dont les objectifs étaient pour une large part méthodologique (mise au point de protocoles d'échantillonnage et de méthodes d'analyse de données) a par ailleurs permis de mettre en évidence d'intéressantes variations de la densité de tiques. Pour les deux genres de tiques les plus abondants, les densités étaient nettement plus élevées dans les zones communales, que dans les zones protégées ou qu'aux interfaces entre zones communales et zones protégées. La figure ci-dessous illustre ce résultat.



Une publication présentant cette étude, destinée à une revue de rang A est en cours de rédaction

*Balança G. Synthèse bibliographique sur le transport des tiques par les oiseaux. Rapport et base de donnée édités en juin 2011.*

*Bourguignon A. Evaluation du risque d'introduction de maladies à tiques par la communauté d'oiseaux de la réserve naturelle de l'Estagnol pendant la migration printanière. (SAEPS), Université Montpellier II, Juin 2012, 35pp*

*Miguel E., Boulinier T, Grosbois V., Caron A., de Garine Wachatitsky M. Characterising tick communities at a wild-domestic interface using patch occupancy modelling repeated sampling protocols and models. Article en préparation*

### **Mouvements d'hôtes et dispersion potentielle des tiques et agents pathogènes à longue distance**

Le dernier sous-axe de l'axe 3 se focalise sur les mouvements d'hôtes à petite échelle géographique (grande distance) pouvant générer la dispersion d'agents pathogènes tels que le virus de la peste des petits ruminants (PPT) ou de vecteurs tels que les tiques du genre *Hyalomma* sur de longues distances géographiques.

Pour savoir où et comment des hôtes vertébrés porteurs de vecteurs et de pathogènes se déplacent, il a été développé une base de données bibliographique sur les mouvements de ruminants domestiques dans le bassin méditerranéen et au Sahel ainsi qu'un outil web de représentation temporelle et spatiale des mouvements d'hôtes vertébrés (Coste 2011). Cet outil permet de caractériser le mouvement en termes de flux et d'intensité et de le classer selon l'espèce animale concernée et le type de flux. Il permet d'intégrer aussi bien des données de bases internationales telles que FAOSTAT ou UN Comtrade database ainsi que des données des systèmes d'informations régionaux, d'observatoires filières, de projets de recherche et des données de terrain. En 2012, l'outil a été amélioré en y intégrant des indicateurs facilitant le suivi de la qualité de l'information ainsi que des indicateurs SNA (Social Network Analysis) pour décrire de manière statistique les contacts. Le système peut à

présent prendre en compte d'autres types de mobilité comme la transhumance. Une interface d'export vers plusieurs formats de fichier a été également implémentée. Suite à la présentation de cet outil à un atelier du Remesa (REseau MEditerranéen en Santé Animale) à Tunis en juillet 2012, les pays de ce réseau et la FAO se sont montrés intéressés et l'outil est maintenant retenu pour faire la synthèse des mouvements commerciaux officiels de bétail. Des collaborations sont engagées pour valoriser des données relatives aux mouvements d'animaux et produits animaux sur tout le bassin méditerranéen. La réflexion et la mise en œuvre vont avancer en 2013 avec une collaboration avec la Tunisie, dans le cadre du jumelage du Centre National de Veille Zoosanitaire (CNVZ) avec les structures homologues de France, d'Italie et d'Espagne. Une mission (financée par le jumelage) est prévue en février 2013, avec C. Coste pour le Cirad et une vétérinaire espagnole spécialiste des systèmes d'information.

En 2013, nous souhaitons de plus établir des synthèses bibliographiques et réaliser des enquêtes auprès des services vétérinaires sur les mouvements des ruminants en nous focalisant sur le Sénégal. Ce pays présente un intérêt majeur du fait d'une part des travaux entrepris sur la PPR dans le cadre de cette ATP, nous donnant une bonne idée des souches virales et de la dynamique de leur transmission, et d'autre part de l'existence d'une abondante littérature sur la mobilité du bétail. Ces informations sont toutefois disséminées sous des formes différentes (rapports, bases de données, SIG...) et dans de nombreux organismes. Une méthodologie devra être réfléchiée sur cette zone pilote, permettant de compiler les informations sur la mobilité et renseigner le système à partir de sources et d'échelles différentes. La méthode pourra être utilisée ensuite pour d'autres zones. A terme, cet outil doit permettre de réaliser de premiers modèles de mouvements commerciaux et de transhumance de ruminants domestiques.

### **Exécution de l'ATP**

En 2011, les activités de l'axe 3 avaient surtout concerné le sous-axe abordant la distribution des tiques à petite échelle géographique (faible résolution spatiale) et le sous-axe abordant les mouvements des hôtes des tiques. En 2012 nous avons principalement réalisé d'importantes avancées dans la mise au point de méthodes permettant la caractérisation locale de communautés de tiques.

Les travaux commencés sur les systèmes d'information et l'analyse de la mobilité animale se sont poursuivis et ont abouti à la mise en place de collaboration effective avec la FAO (bureau régional de Tunis) et les pays membres du REMESA (Portugal, Espagne, France, Italie, Mauritanie, Maroc, Algérie, Tunisie, Libye).

### **Impact de l'ATP sur les relations inter-départements et inter-disciplinaires**

Les principales équipes impliquées dans le WP3 (UPR22 et UMR15) ont largement collaboré sur la réalisation des activités 2012. La coordination bi-partite (Laurence Vial de l'UMR15 et Vladimir Grosbois de l'UPR22) initiée en 2011 s'est poursuivie en 2012. Pour les activités de caractérisation des communautés de tiques à l'échelle locale sur le site de l'Estagnol, l'UPR22 a assuré les activités d'échantillonnage sur le terrain et les analyses statistiques des données, alors que l'UMR15 s'est chargé de l'identification des tiques récoltées.

Les travaux sur la mobilité animale ont été réalisés en collaboration avec l'UMR SELMET, Pascal Bonnet étant le point contact national français pour le sous-réseau socio-économique du REMESA.

Les activités de l'axe 3 pour l'année 2012 s'inscrivent dans un cadre multidisciplinaire impliquant en particulier les domaines de l'épidémiologie et de l'écologie et faisant appel à des démarches de terrain et de modélisation.

### Impact de l'ATP sur la coopération scientifique

Les régions du Maghreb qui avaient été choisies initialement comme zone « pilote » d'étude pour l'ATP émergence ont été très impliquées dans nos études pour l'année 2012, notamment sur les aspects de mobilité animale.

Nous envisageons également de transposer en 2013 les protocoles de caractérisation locale des communautés de tiques mis au point en 2012 à la région du Maghreb en organisant une mission au Maroc. Ce projet pourra être rediscuté lors du prochain comité de pilotage.

Les travaux sur la modélisation de l'habitat favorable (tiques) ont été valorisés en terme d'expérience capitalisée et de collaboration, dans le cadre de travaux effectués dans l'Océan Indien : Mozambique (collaboration avec l'Université de Maputo).

D'autre part, les discussions et thématiques abordées dans l'ATP sont reprises, pour ce qui concerne la diffusion de vecteurs et de pathogènes, dans un projet du 7<sup>e</sup> PCRD du programme KBBE, sur les maladies animales virales émergentes à transmission vectorielle. Le projet doit être déposé en février 2013. Il rassemble les UMR15 (coordinateur) et UPR22 du Cirad, des partenaires européens majeurs (CRESA de Barcelone - SP, IP de Pirbright et RVC de Londres - UK, CVI de Wageningen, FLI de Riems - DE, IC de Teramo – IT, EURA-AEGIS / AVIA-GIS – PME de BE et UK), ainsi que la FAO et plusieurs pays du Sud de la Méditerranée : Mauritanie, Sénégal, Tunisie, Egypte au moins (discussions en cours avec Maroc et Turquie).

### Bilan financier 2012

	unité	Nb unit	prix unit	total
achat d'image satellite	forfait			478.40
matériel échantillonnage	forfait			150.00
indemnités stagiaire	mois	3	436	1308.00
frais kilométriques	km	3345	0.405	1355.05
<b>Total</b>				<b>3291.45</b>

### Projet pour l'année 2013

Notre projet pour l'année 2013 comprend plusieurs volets :

- 1) Entreprendre l'identification des tiques récoltées et la recherche de pathogènes en utilisant des outils de biologie moléculaire.
- 2) Renouveler le suivi des communautés de passereaux et des tiques hébergées par ces oiseaux sur le site de l'Estagnol.
- 3) Compléter ce suivi par la mise en place de protocoles de récolte de tiques dans la végétation sur le modèle qui a été développé au Zimbabwe en 2012.
- 4) Mettre au point des protocoles permettant de caractériser les communautés des tiques portés par le bétail.
- 5) Transposer ces protocoles au Maghreb lors d'une mission au Maroc.

- 6) Aborder la distribution des tiques à large échelle géographique (faible résolution spatiale).
- 7) Poursuivre la construction et l'abondement du système d'information régional sur la mobilité animale, dans le cadre du REMESA.
- 8) Etablir une synthèse bibliographique sur les mouvements de ruminants au Sénégal (commerce, transhumance) et organiser la collecte d'information auprès des inspecteurs vétérinaires régionaux de ce pays.

### **Budget 2013**

Mission Maroc	5000
Poursuite Estagnol	1600
Mission mobilité Sénégal	3800
Biologie moléculaire (identification+recherche pathogènes)	2000
Indemnités stagiaire (1 M1 CMAEE et 1 M1 AGIRs)	2600
Achat de logiciels pour approches aires de distribution	2000
Atelier modélisation des aires de répartition	5000
total	22 000