

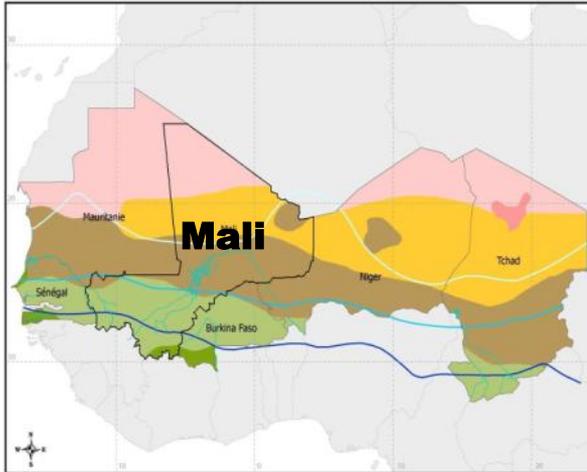
# **Forêts de failles et forêts galeries au sud du Mali : deux voies pour la pérennité des refuges guinéens en zone soudanienne (2007 – 2010)**

**Laurent GRANJON & Philippe BIRNBAUM**

Avec la participation plus ou moins active de:

Patrick Blanc (CNRS, Paris), Marie-Hélène Chevallier (Cirad, La Réunion), Jean-François Cosson (INRA, Montpellier), Jean-Marc Duplantier (IRD, Montpellier), Chris Duvall (Université du Wisconsin, Madison), Jakob Fahr (Université d'Ulm, Allemagne), Jacques Florence (MNHN, Paris), Pierre-Michel Forget (MNHN, Paris), Denis Gautier (Cirad, Montpellier), Laurent Gazull (Cirad, Montpellier), Emilie Lecompte (Université Paul Sabatier, Toulouse), Bourama Niagaté (DNCN, Bamako, Mali), Jean-François Trébuchon (Cirad, Montpellier), Natalie Weber (Université d'Ulm, Allemagne).

# Objectifs



*Montrer que la durabilité de l'écosystème fragmenté  
"forêts de failles et forêts galeries" au sud du Mali  
est conditionnée par le maintien*

- 1) de la structure et de la dynamique de chaque îlot  
(diversité biologique et interactions écologiques)*
- 2) des relations entre les îlots et avec la forêt  
guinéenne actuelle (flux d'individus et de gènes)*

## Evaluation des zones de forêt humide au sud du Mali

- Surface
- Etat de fragmentation

## Description des communautés (Rongeurs, Chiroptères, Arbres...)

- (Cyto)taxonomie
- Paramètres de structure
- Déterminants de la composition

## Analyse des relations

- "intra" : génétique des populations
- "inter" : phylogéographie

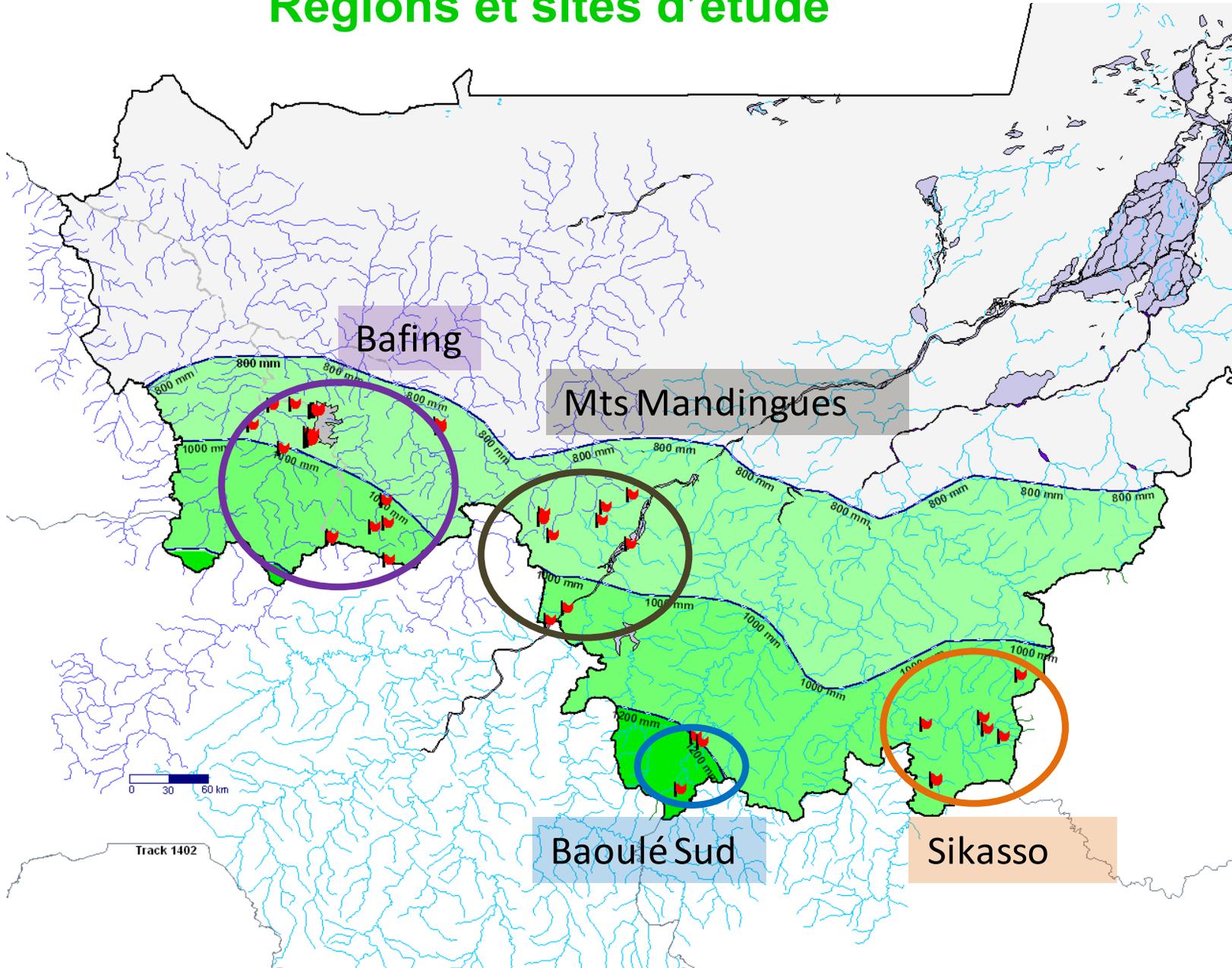
## Analyse du fonctionnement

- relations plantes-animaux
- dissémination
- exploitation - consommation

## Applications à la gestion

- Inventaires biologiques
- Retour d'information
- Proposition de principes de gestion

# Régions et sites d'étude



# Evaluation des zones de forêt humide au sud du Mali

**Méthode:** - délimitation des cours d'eau à partir du modèle numérique d'élévation SRTM de la NASA (résolution 90m) et signature NDWI sur images Landsat ETM+ avec définition des seuils apportée par mesures de terrain.

- sur images satellites de dimension approximative de 185km x 185km → surfaces réellement traitées en territoire malien : Mts Mandingues : 1363460 ha, Piama : 3013602ha, Farako : 3376940 ha, Woroni : 321737ha, Bafing : 3002809ha.

**Résultats:**

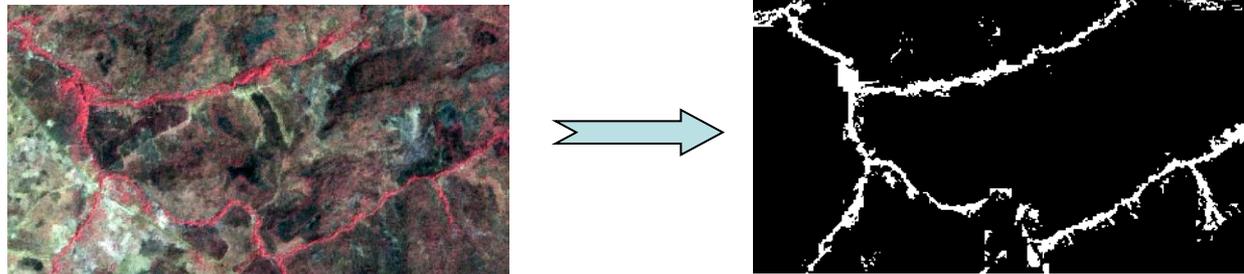


Image	Nombre de fragments	Longueur minimum	Longueur maximum	Longueur moyenne	Longueur totale	Ecart-type	Variance
Mts Mandingues	23395.0	0.5	981.1	50.2	1174199.8	61.3	3752.8
Piama	14161.0	0.3	1072.8	49.3	697676.0	59.0	3486.0
Farako	13410.0	0.4	1196.2	61.1	819899.2	68.2	4656.8
Woroni	1230.0	0.1	530.9	44.0	54173.5	45.0	2029.1
Bafing	34987.0	0.0	948.0	61.6	2154893.0	68.7	4727.9

Sikasso

# Description des communautés : 3 modèles



**Végétation ligneuse:** lignes d'inventaire suivant les cordons forestiers, avec **points d'observation tous les 50m**. Réalisé sur 46 sites et 1501 points d'inventaires.

**Modèle génétique « *Carapa* » (séquençage gène chloroplastique + analyse microsatellite)**



**Rongeurs:** piégeages en **lignes** de 20 à 50 pièges dans différents habitats + observations opportunistes. Total de 9507 nuits.pièges sur 91 unités d'échantillonnage (1 habitat / 1 site / 1 période).

**Modèle génétique « *Praomys rostratus* » (séquençage gène mitochondrial + analyse microsatellite)**



**Chauves-souris:** captures avec filets de 6m et 12m tendus au niveau du sol + pièges-harpe. Effort total de capture entre mai 2007 et juillet 2008 (protocole « standard »): 985,5 "heure.filet" (en équivalent de filets de 12m).

**Modèle génétique « *Hipposideros* » (séquençage gène mitochondrial)**

# Communauté des Ligneux

Nombre de sites	46	Sud Mali
Inventaire	1501	Points d'observations, Arbres et arbustes
Famille	47	Rubiaceae, Fabaceae, Moraceae, Euphorbiaceae, Combretaceae...
Genre	168	<i>Diospyros</i> , <i>Sarcocephalus</i> , <i>Syzygium</i> , <i>Manilkara</i> , <i>Carapa</i> ,...
Taxons	240	11 indéterminées, env. 700 herbiers

## ➤ 21 espèces nouvelles de ligneux pour le Mali



***Heisteria parvifolia*** Sm



***Garcinia afzelii*** Engl.



***Smeathmannia laevigata*** Sol. ex R.Br.

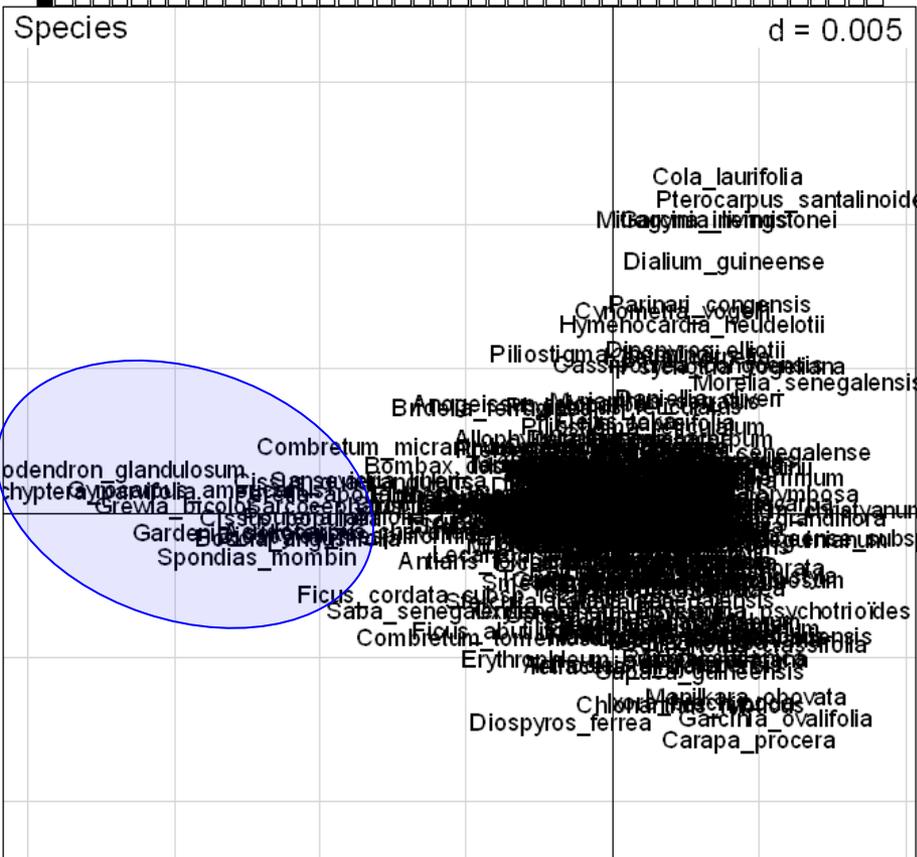
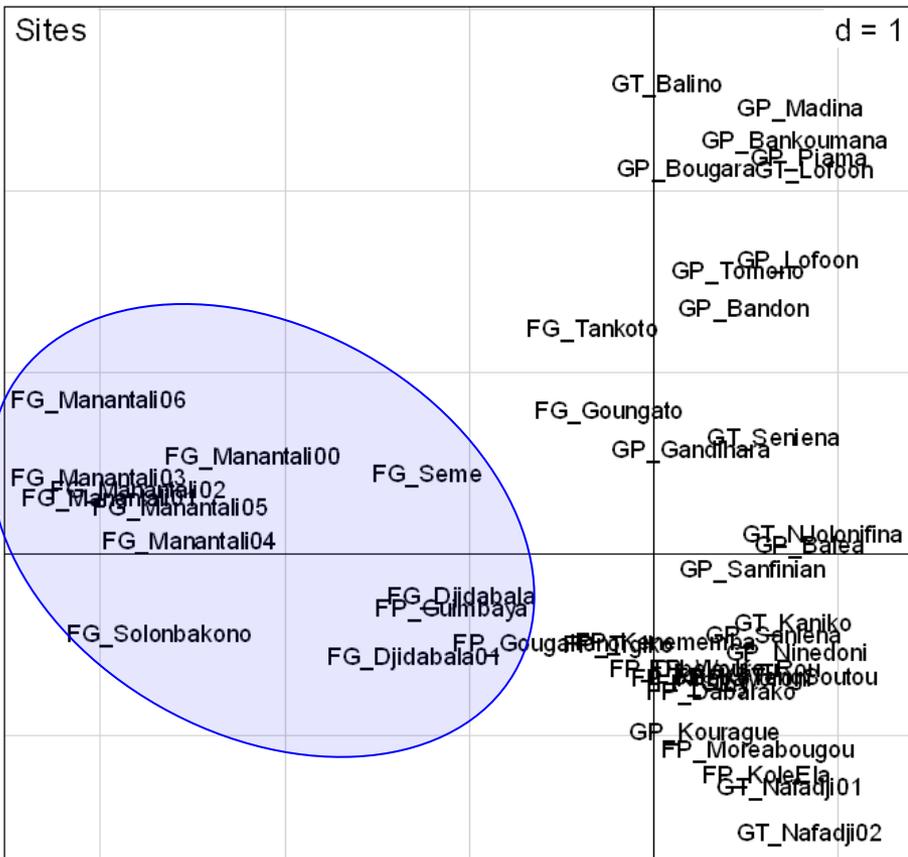
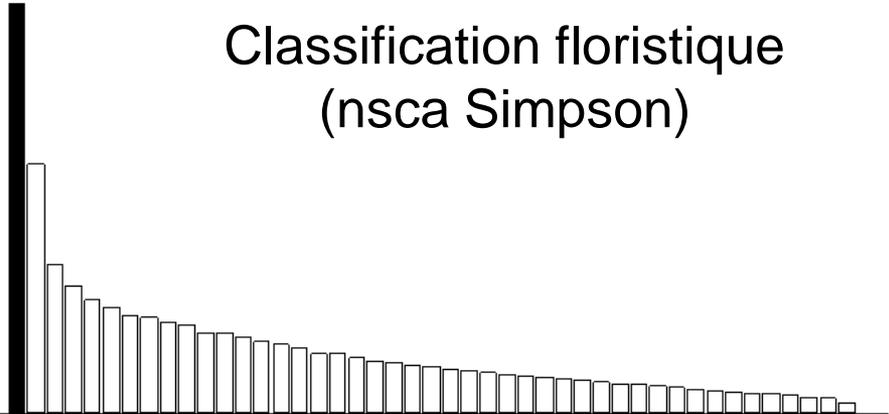


***Vangueriella discolor*** (Benth.) Verdc.

# Communauté des Ligneux

- Elachyptera parvifolia (Oliv.) N.Hallé
- Gilletiodendron glandulosum (Portères) J.Léonard
- Grewia bicolor Juss.
- Gyrocarpus americanus Jacq.
- Gardenia sokotensis Hutch.
- Spondias mombin L.
- Boscia angustifolia A.Rich.

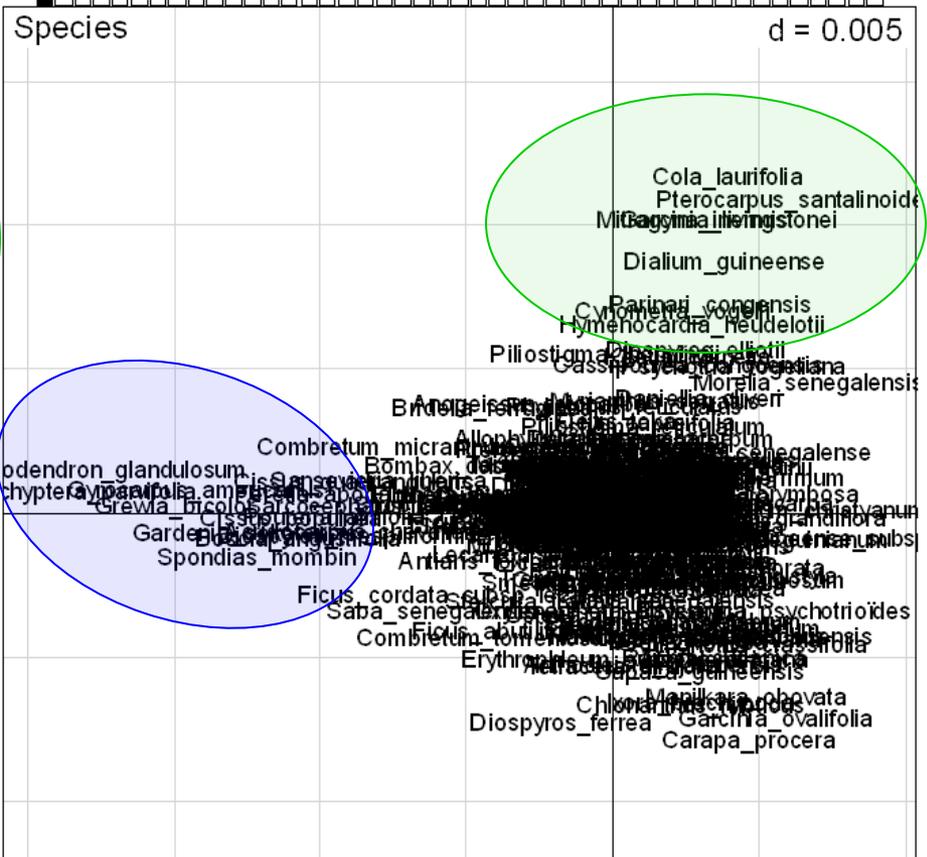
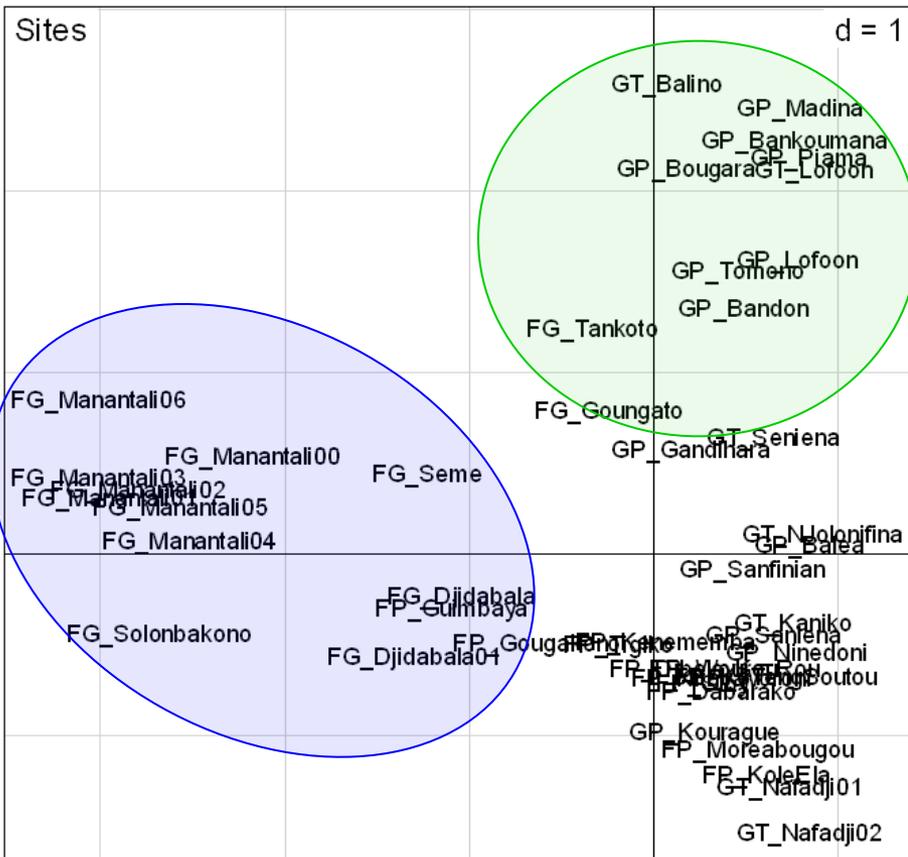
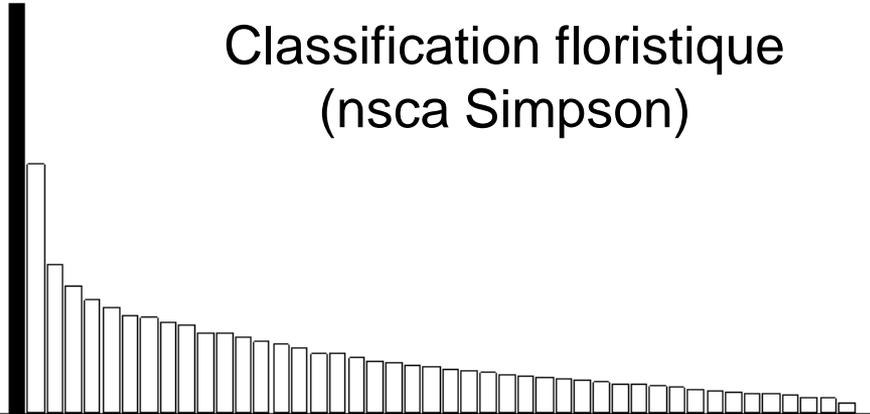
## Classification floristique (nsca Simpson)



# Communauté des Ligneux

Cola laurifolia Mast.  
 Pterocarpus santalinoides L'Hér. ex DC.  
 Garcinia livingstonei T.Anderson  
 Mitragyna inermis (Willd.) K.Schum.  
 Dialium guineense Willd.  
 Parinari congensis Didr.  
 Cynometra vogelii Hook.f.

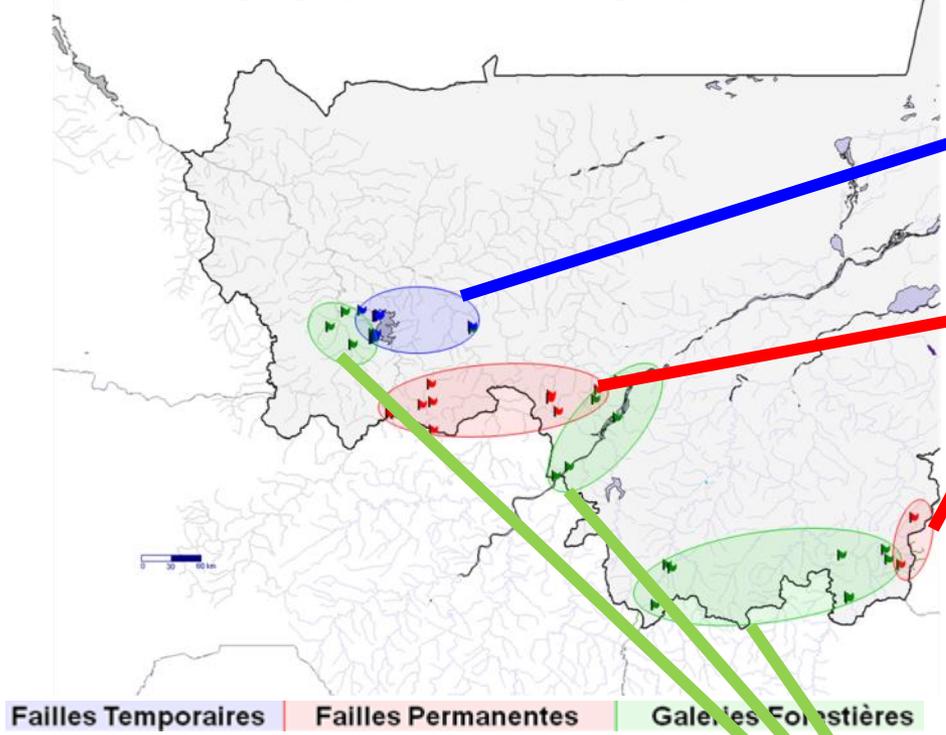
## Classification floristique (nsca Simpson)





# Communauté des Ligneux

## Structuration géographique des trois groupements de végétation



Faille à écoulement temporaire



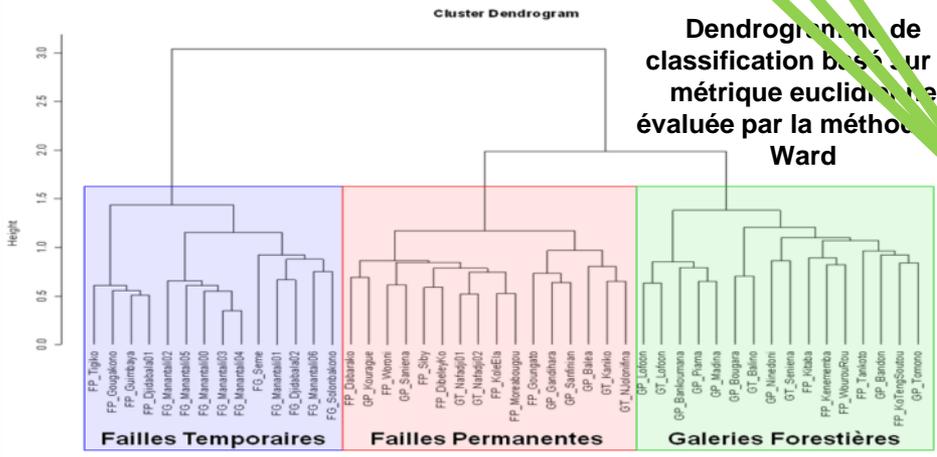
Faille à écoulement permanent



Galeries forestières

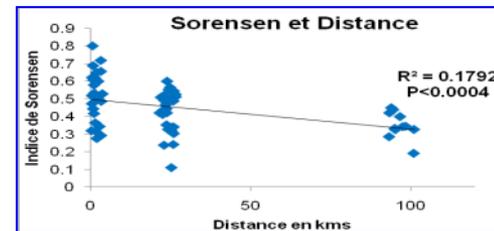
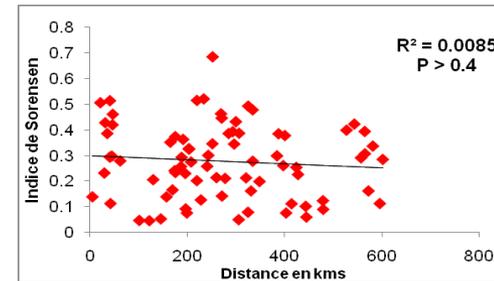
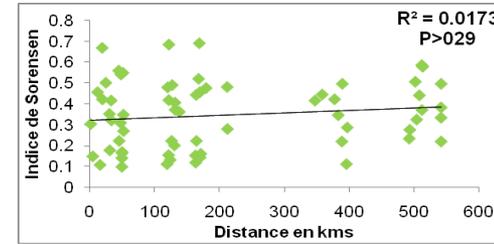
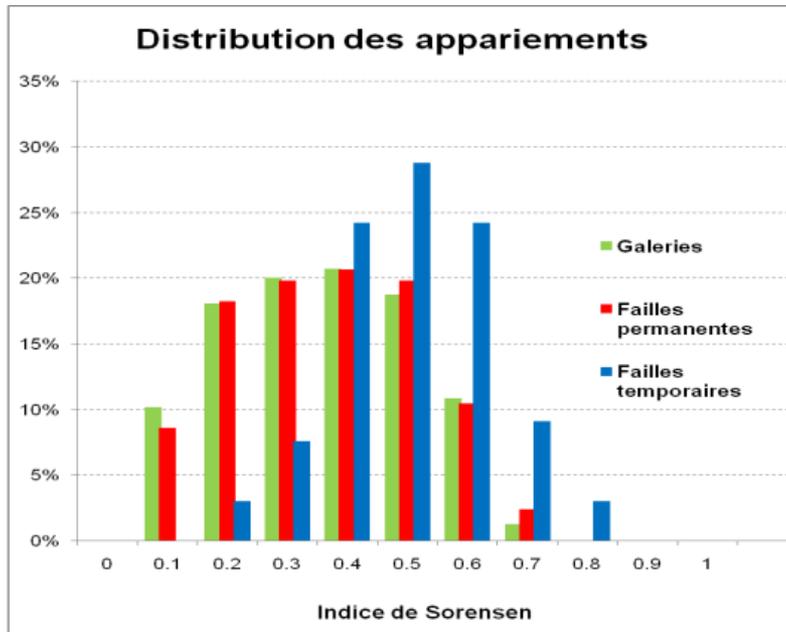


Failles Temporaires | Failles Permanentes | Galeries Forestières



d7 hclust("ward")

# Communauté des Ligneux : Analyse des relations

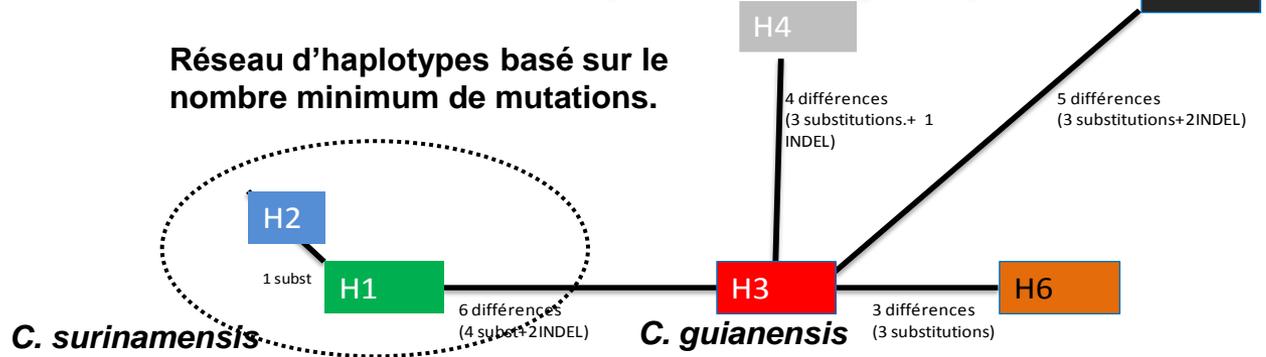
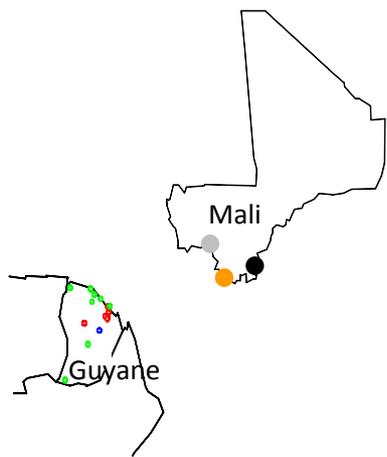


→ **Failles permanentes** et **galeries forestières**, **hétérogènes** (moyennes 0,3 et 0,27). Similarité floristique **indépendantes** de la distance entre les sites. Espèces discriminantes de ces deux milieux nettement **zoochores** (disperseurs terrestres notamment).

→ **Failles temporaires** plus **homogènes** (moyenne 0,45). Similarité floristique **dépendante** de la distance entre les sites. Espèces discriminantes à **dispersion passive** (diaspores transportées par anémochorie ou barochorie).

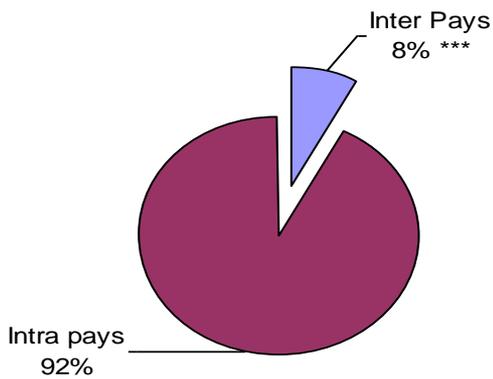
# Modèle « Carapa » : Analyse des relations

## Echelle intercontinentale (Mali vs Guyane)

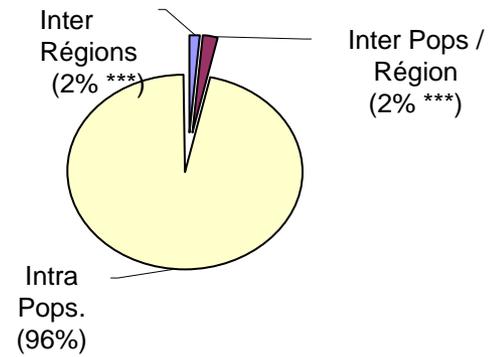


→ Position Taxonomique des Carapa du Mali ?

## Echelle Africaine (Mali vs Burkina-Faso, Sénégal, Cameroun, Gabon)



## Echelle Malienne (Régions Bafing, Mts Mandingues, Sikasso)



→ Structuration génétique à différentes échelles géographiques

# Communauté des Rongeurs

Nombre d'unités piègages	91	Sud Mali
Inventaire	9507	Nombre de Nuits pièges
Nombre de capture	745	Individus
Genre	18	<i>Praomys</i> , <i>Mastomys</i> , <i>Acomys</i> , <i>Taterillus</i> , <i>Arvicanthis</i> , <i>Mus</i> ...
Espèces	24	<i>Praomys rostratus</i> , <i>P. daltoni</i> , <i>Mastomys erythroleucus</i>

## ➤ Marqueur des galeries forestières



*Praomys rostratus*

## ➤ Marqueur des forêts de failles



*Praomys daltoni*

## ➤ Marqueurs des savanes soudaniennes



*Mastomys erythroleucus*



*Gerbilliscus gambianus*

# Communauté des Rongeurs : Analyse des Relations

Indices de similarité (**Sorensen** au-dessus de la diagonale, Morisita-Horn en-dessous, en gras les valeurs les plus élevées, soulignées les valeurs les moins élevées) et de diversité (*Simpson, en italique*) entre et dans les 4 régions d'étude.

Ouest -----> Est

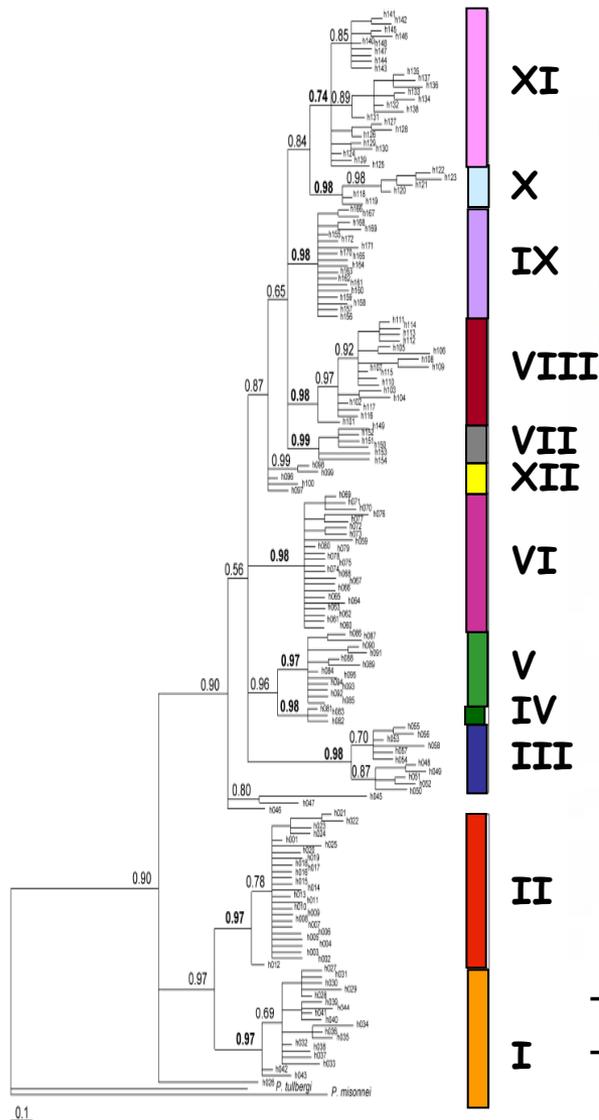
	Bafing	Sud-est Mts Mandingues	Baoulé sud	Sikasso
Bafing	0.769	<b>0.72</b>	0.5	0.48
Sud-est Mts Mandingues	<b>0.939</b>	0.763	<u>0.421</u>	0.643
Baoulé sud	0.84	0.787	0.730	<u>0.421</u>
Sikasso	<u>0.607</u>	0.665	0.837	0.591

- Forte similarité entre Régions du Bafing et Mts Mandingues
  - ❑ Plateau gréseux Mandingue (espèce-clef, *Felovia vae*)

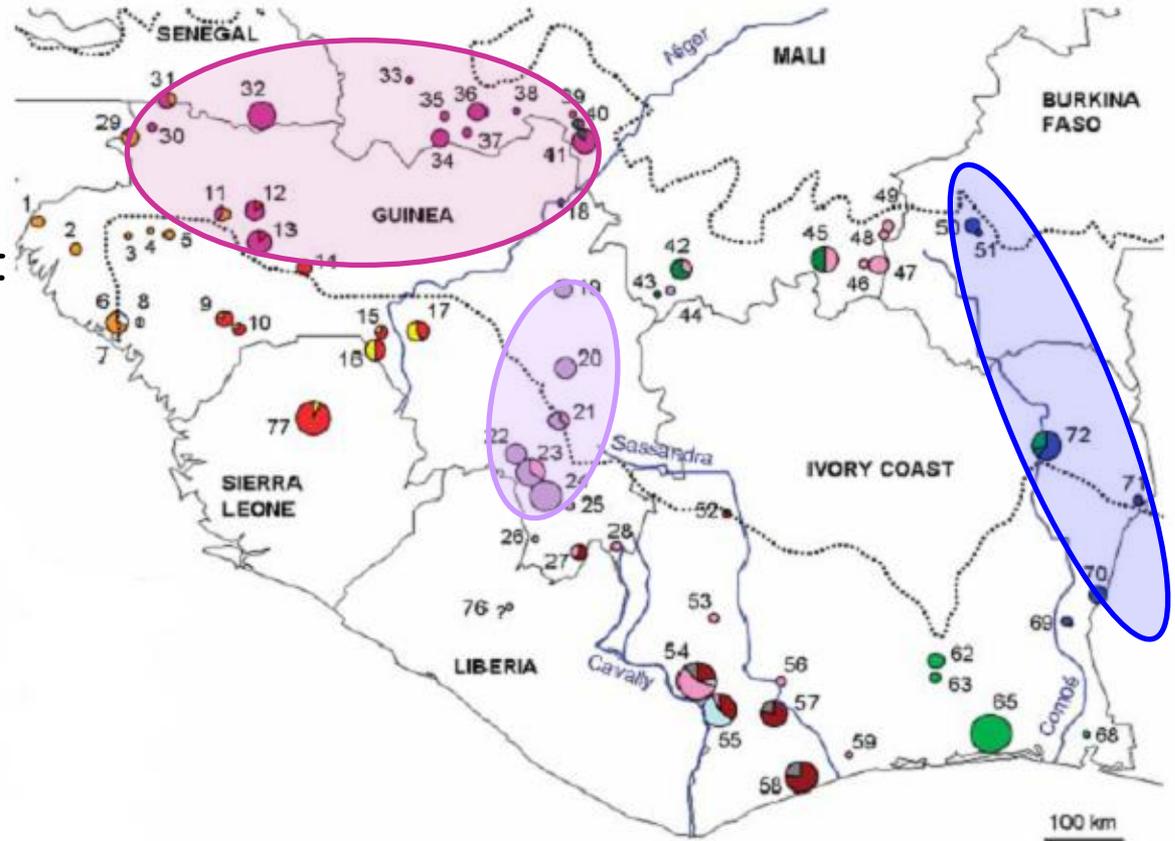


- Forte proportion d'espèces à affinités guinéennes dans la Région de Sikasso
  - ❑ Habitat forestier (espèce-clef, *Lemniscomys striatus*)

# Modèle « *Praomys rostratus* » : Analyse des Relations



## Etude phylogéographique: Séquences cyt b (798 pb) de 352 ind. de 68 localités (172 haplotypes #)



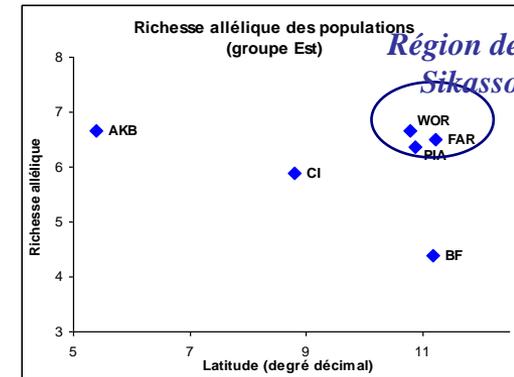
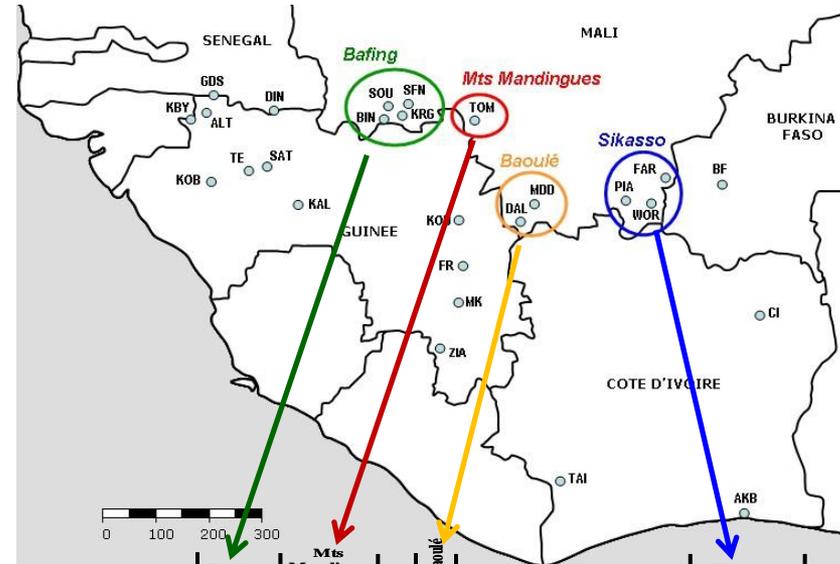
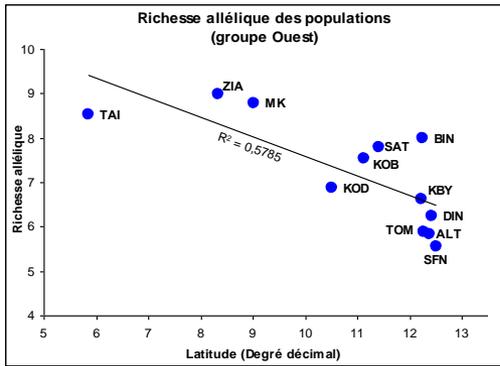
→ Clades moléculaires organisés spatialement (mais voir clade XI)

**I** → Avec limites géographiques = fleuves / rivières (III, VI, VII, VIII, IX...)

→ Mais zones de contact entre clades (S.O. Côte d'Ivoire)

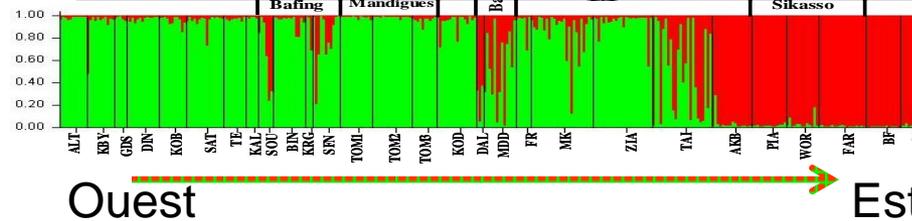
→ Emergence des clades entre -0,1 et -0,2Ma (Pleistocène moyen à tardif)

# Modèle «*Praomys rostratus*» : Analyse des Relations



**Corrélation richesse allélique / latitude à l'ouest**

**Pas de corrélation richesse allélique / latitude à l'est**



- Tendance à une structuration Ouest / Est de la variabilité génétique
- Avec mélange / introgression dans certaines régions (Baoulé, Bafing)
- Isolement fort des populations des Mts Mandingues (« bottleneck » démographique récent)
- Variabilité génétique élevée dans la région de Sikasso
- Populations du Baoulé et de la région de Sikasso semblent appartenir à des groupes génétiques plus larges (analyses par Geneland)

# Communauté des Chauve-Souris

Inventaire	985,5	heure.filet
Nombre de capture	1215	Individus
Genre	19	<i>Micropteropus</i> , <i>Rhinolophus</i> , <i>Hipposideros</i> , <i>Rhinopoma</i> , <i>Tapozous</i> , <i>Kerivoula</i> ...
Espèces	47	<i>Micropteropus pusillus</i> , <i>Epomophorus gambianus</i> , <i>Neoromicia nana</i> , <i>Rhinolophus fumigatus</i> , <i>Rousettus aegyptiacus</i>

➤ 30 espèces nouvelles pour le Mali



*Lavia frons*



*Pipistrellus nanulus*



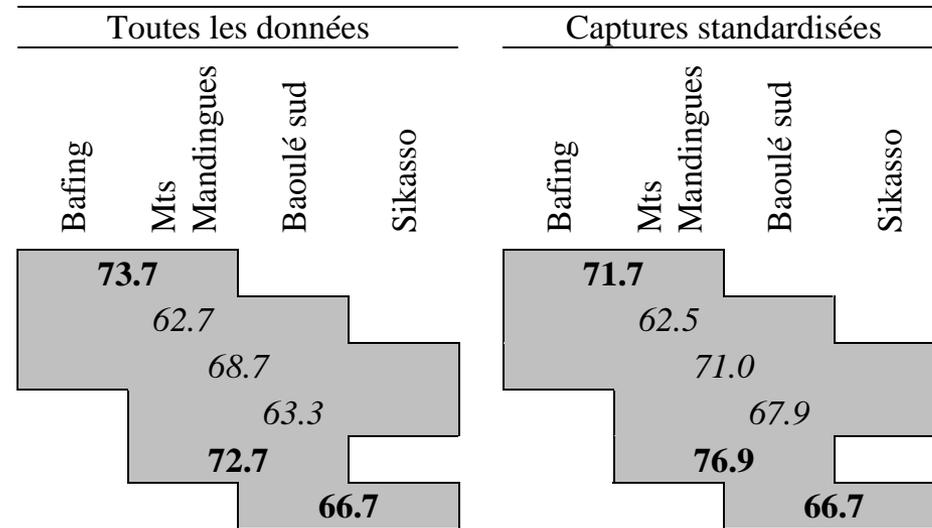
*Rhinolophus guineensis*



*Neoromicia tenuipinnis*

# Communauté des Chauve-Souris : Analyse des relations

→ Similarité globale plus élevée entre régions adjacentes (gras)



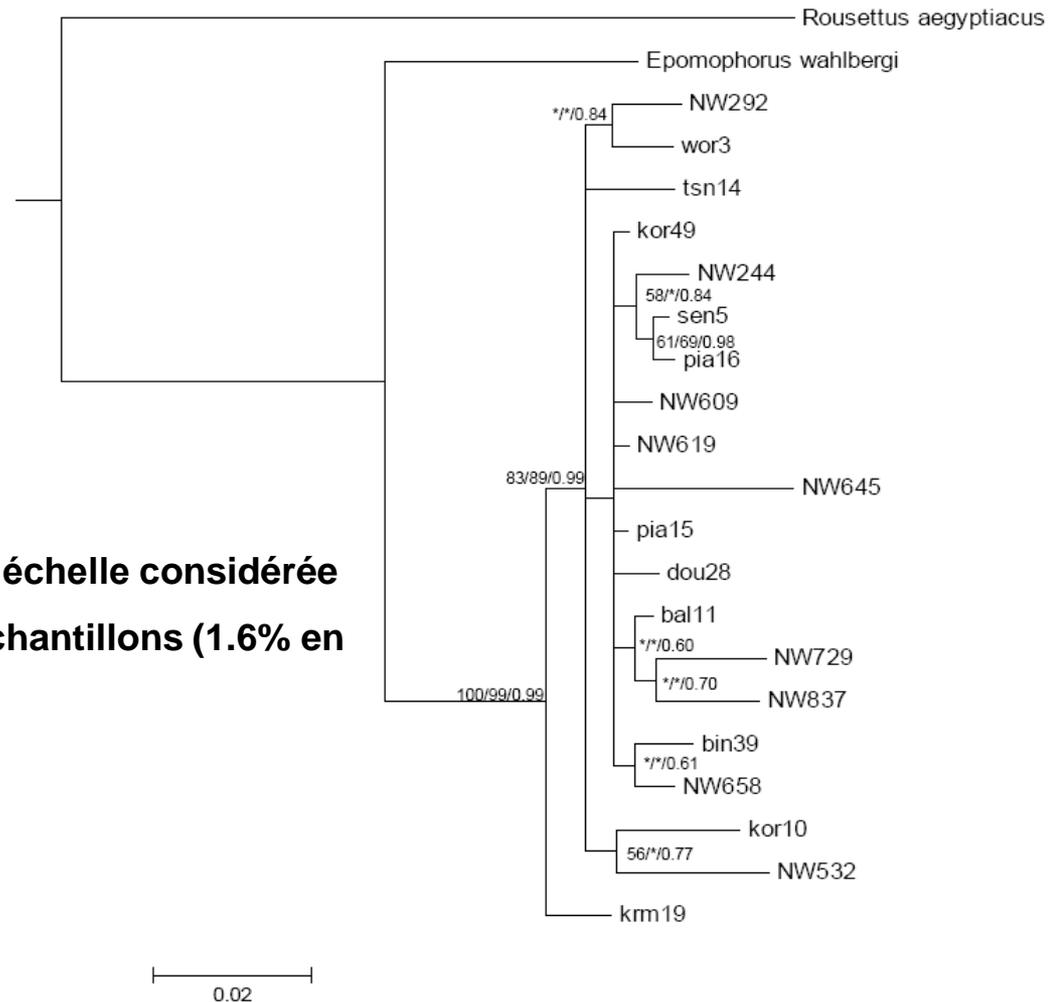
Phénomène de décroissance de la similarité en fonction de la distance

- Forte similarité entre Régions du Bafing et Mts Mandingues
  - ☐ Habitat Grottes et Failles Plateau Mandingue (espèce-clef, *Miniopterus villiersi*)



- Région de Sikasso: Forte proportion d'espèces forestières (27 % contre 8-13 % dans les 3 autres régions)
  - ☐ Habitat forestier (espèce-clef, *Hypsignathus monstrosus*)

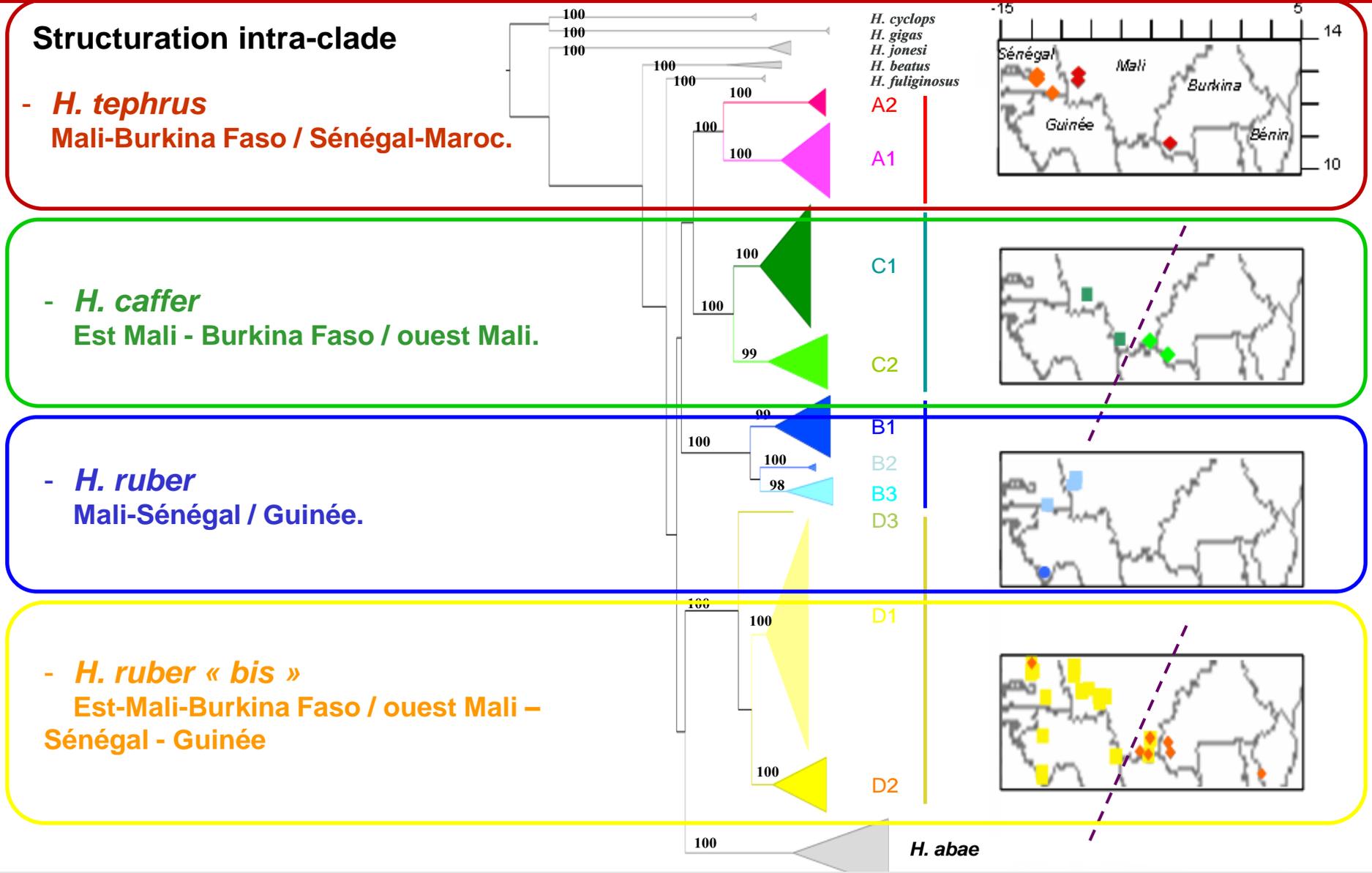
# Modèle « *Epomophorus gambianus* » : Analyse des relations



- Structuration géographique faible à l'échelle considérée
- Distances génétiques faibles entre échantillons (1.6% en moyenne)

→ Etude du complexe *Hipposideros caffer/ruber* incl. *tephrus*, ainsi que *H. abae* proche

# Modèle « *Hipposideros* » : Analyse des relations



→ 4 clades pour 2-3 taxons reconnus (*caffer*, *ruber*, *tephrus*), d'émergence entre -1 et -2Ma (Pleistocène)

→ Structuration géographique dans certains clades

## Conclusions: Description des communautés

- Les biotopes humides (incluant les failles) de la région du Bafing abritent la plus **grande superficie forestière** des zones étudiées au sud du Mali,

- Les failles caractéristiques de cette région rocheuse montrent une **forte homogénéité** dans la composition floristique des ligneux,

- Cette région montre également de fortes affinités avec celle des Mts Mandingues pour ce qui est de ses communautés de petits rongeurs et de chauves-souris (contreforts du Fouta Djalon riches en grottes),

- Le massif forestier de Farako (région de Sikasso) présente une **intégrité forestière structurelle** qui s'accorde avec la présence d'espèces à affinités guinéennes dans les tous les groupes échantillonnés,

- Les communautés révèlent une forte **structuration longitudinale** (ouest-est) entre les massifs forestiers,

# Conclusions: Analyse des relations

- Cette **structuration longitudinale** ouest-est se retrouve dans les l'organisation génétiques des trois modèles étudiés en détail (*Carapa*, *Praomys*, *Hipposideros*),

- L'ensemble atteste d'une **zone de rupture** entre les bassins versants du fleuve Sénégal à l'ouest et du fleuve Niger à l'est, même s'ils prennent naissance tous les deux dans le massif du Fouta Djallon guinéen,

- A une échelle plus petite et variable selon le modèle considéré, les résultats génétiques obtenus montrent aussi une **forte hétérogénéité**, justifiant l'utilisation du terme « **îlots forestiers** » pour caractériser ces fragments forestiers reliques de périodes anciennes plus humides.

# Valorisation: Diffusion et recommandations

- 4 articles scientifiques parus/acceptés  
(*Molecular Ecology, Fruits, Mammalian Biology*)
- 4 communications colloques internationaux  
(*XIXème AETFAT, Antananarivo, Workshop Organic Cotton (Ulm University), 10th International African Small Mammal Symposium (Bénin), 15th Bat Research Conference (Prague)*)
- 2 recommandations UICN, espèces endémiques du Mali  
(*Gillettiodendron glandulosum, Acridocarpus monodii*)
- 1 communication vulgarisation scientifique (*Amap-Infos*)
- 1 synthèse bibliographique sur politiques/usages mosaïques forêts-savanes en Afrique de l'Ouest (à soumettre)
- 3 encadrements étudiants (1 Master 2 et 2 Diplômes ingénieurs)
- 1 livre sur les rongeurs d'Afrique de l'Ouest (*paru, éditions Ird*)
- 1 livre sur les forêts du Mali (*accepté, éditions Quae*)

# Valorisation : Transfert de connaissance et collections



Centre d'Echange d'Informations du Mali



Carapa.org

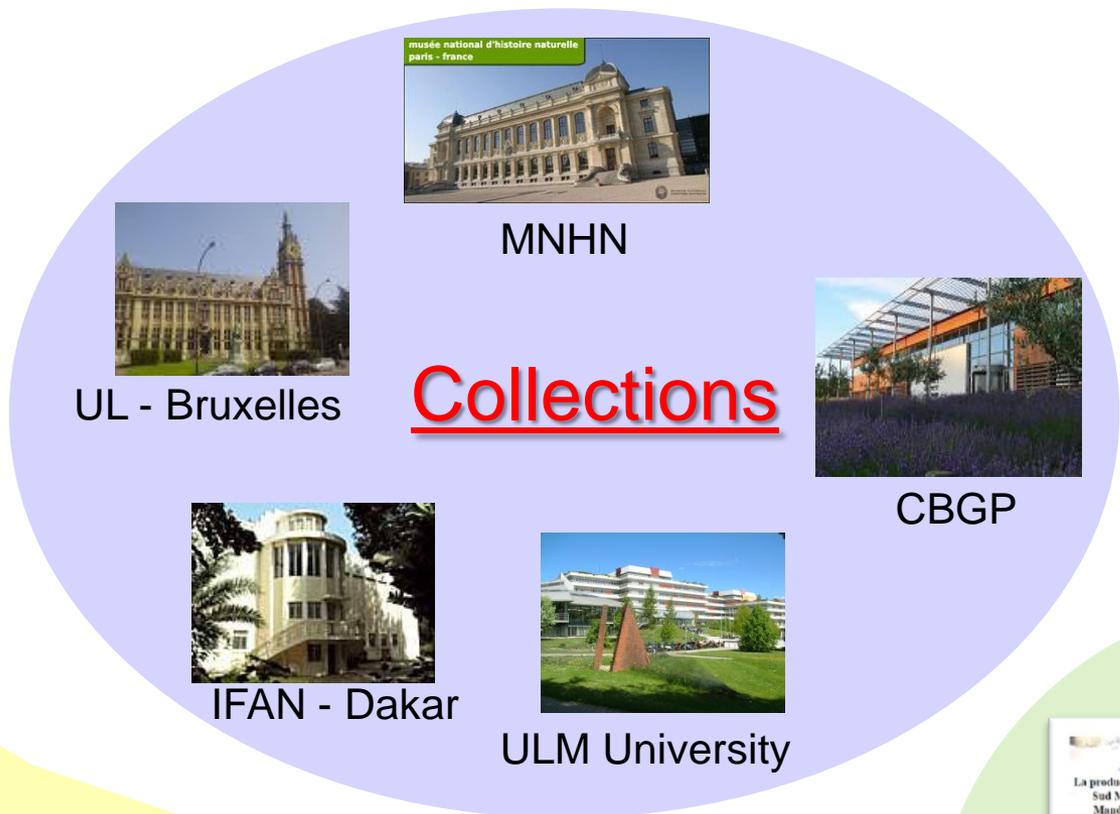
## Internet



SimMasto  
(centre d'information)



West African Plants  
A Photo Guide



MNHN



UL - Bruxelles

## Collections



CBGP



IFAN - Dakar



ULM University

## ONG



- Helvetas  
- Mobiom

## Yiriba des sources de vie au Mali

Au Sud du Mali, la savane recèle des fragments de forêts humides aux abords des sources d'eau. Héritages des temps anciens, ces îlots forestiers concentrent des ressources biologiques, à la fois originales et indispensables à la vie des villageois vivants à proximité.



Réalisation : Jean-François Trébuchon et Franck Renaud  
Direction scientifique : Laurent Granjon (IRD)  
Philippe Birnbaum (Cirad) et Jacob Fahr (Université d'Ulm)  
Production : IRD, Cirad 2009  
43 min, VF

Format de tournage : DV Cam 4/3  
Photos de tournage : Jean-François Trébuchon



IRD Audiovisuel, 32 avenue Henri Varagnat F-93140 Bondy  
tél : 33 (0)1 48 02 56 29 - fax : 33 (0)1 48 02 56 52  
audiovisuel@ird.fr - www.audiovisuel.ird.fr

Cirad Communication audiovisuelle  
Avenue Agropolis TA173/05 F-34398 Montpellier cedex 5  
tél : 33 (0)4 67 61 59 16 - fax : 33 (0)4 67 61 59 06  
www.cirad.fr



Yiriba des sources de vie au Mali

DVD  
IRD  
Cirad

## Yiriba des sources de vie au Mali

