

Les chimpanzés sauvages, victimes et sentinelles des pollutions environnementales?

Sabrina Krief

DVM, Professeure
UMR 7206 Eco-anthropologie

Petra Spirhanzlova & Jean-Baptiste Fini

Muséum national d'Histoire naturelle



projet pour la
conservation des grands singes

75% des 504 espèces de primates ont des populations en déclin

Principales menaces sont (selon l'UICN):

- la perte d'habitat (forêt) due à l'agriculture (76% des espèces)

- l'exploitation forestière (60%)

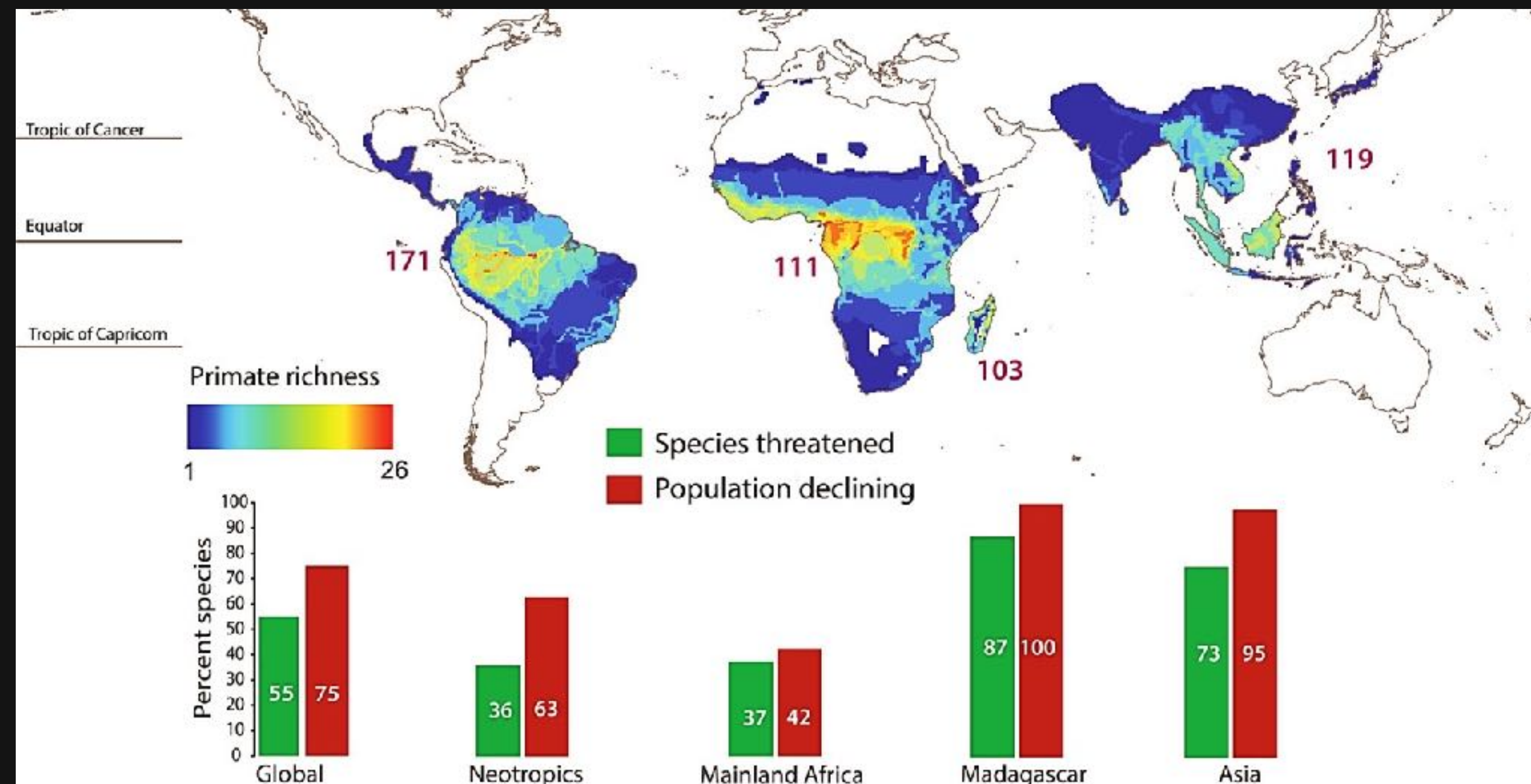
- chasse (60%)

- élevage (31%)

—> Fragmentation des habitats, isolement géographique et dérive génétique

—> Une proximité zone agricole-primates et un braconnage accru

—> Un effet sous-évalué de l'agriculture sur nos plus proches parents : la pollution ...

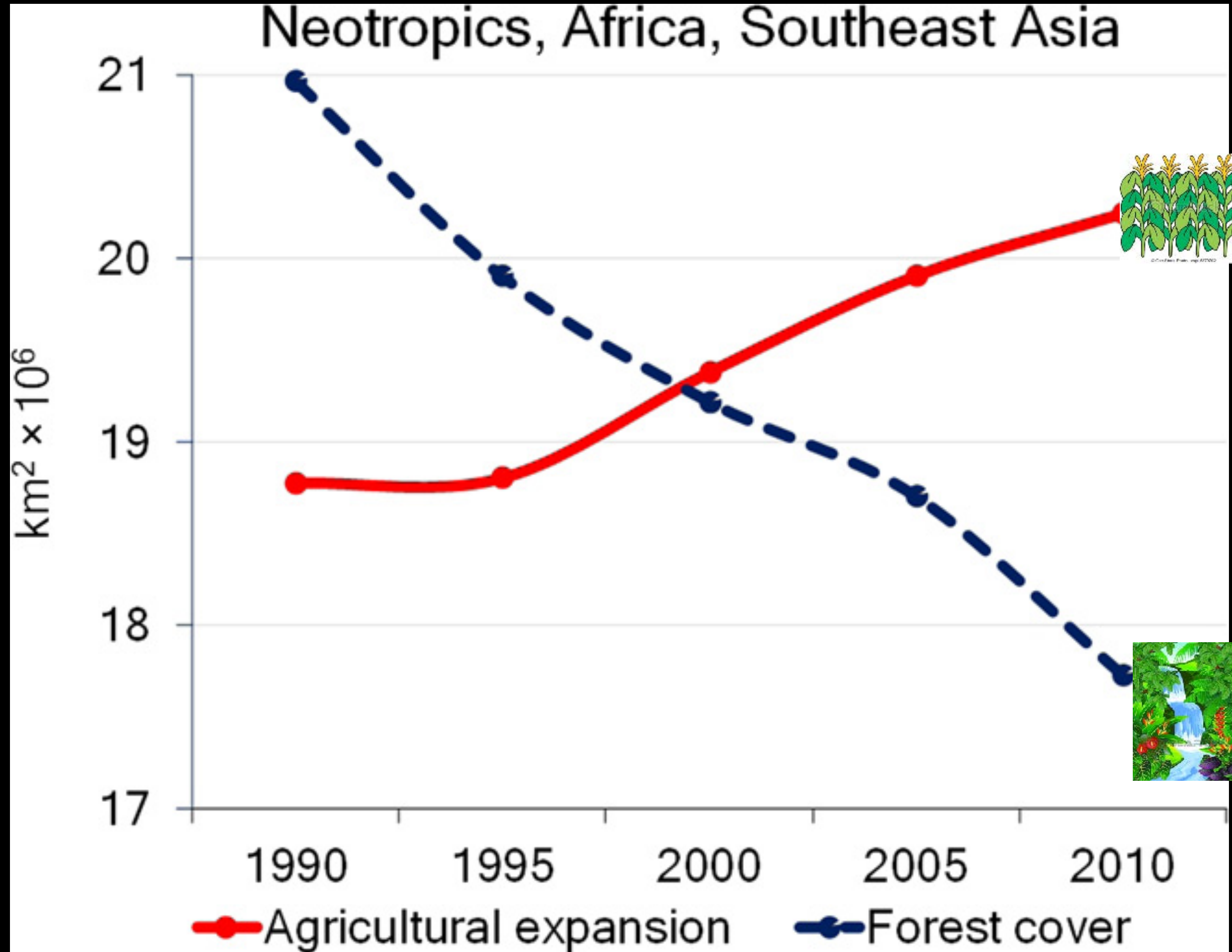


Estrada et al. 2017

IPBES (2019) : la pollution plastique x10 en 40 ans

Les primates non humains comme « sentinelles » pour la santé humaine...?

Menace principale: perte d'habitat liée à l'agriculture intensive

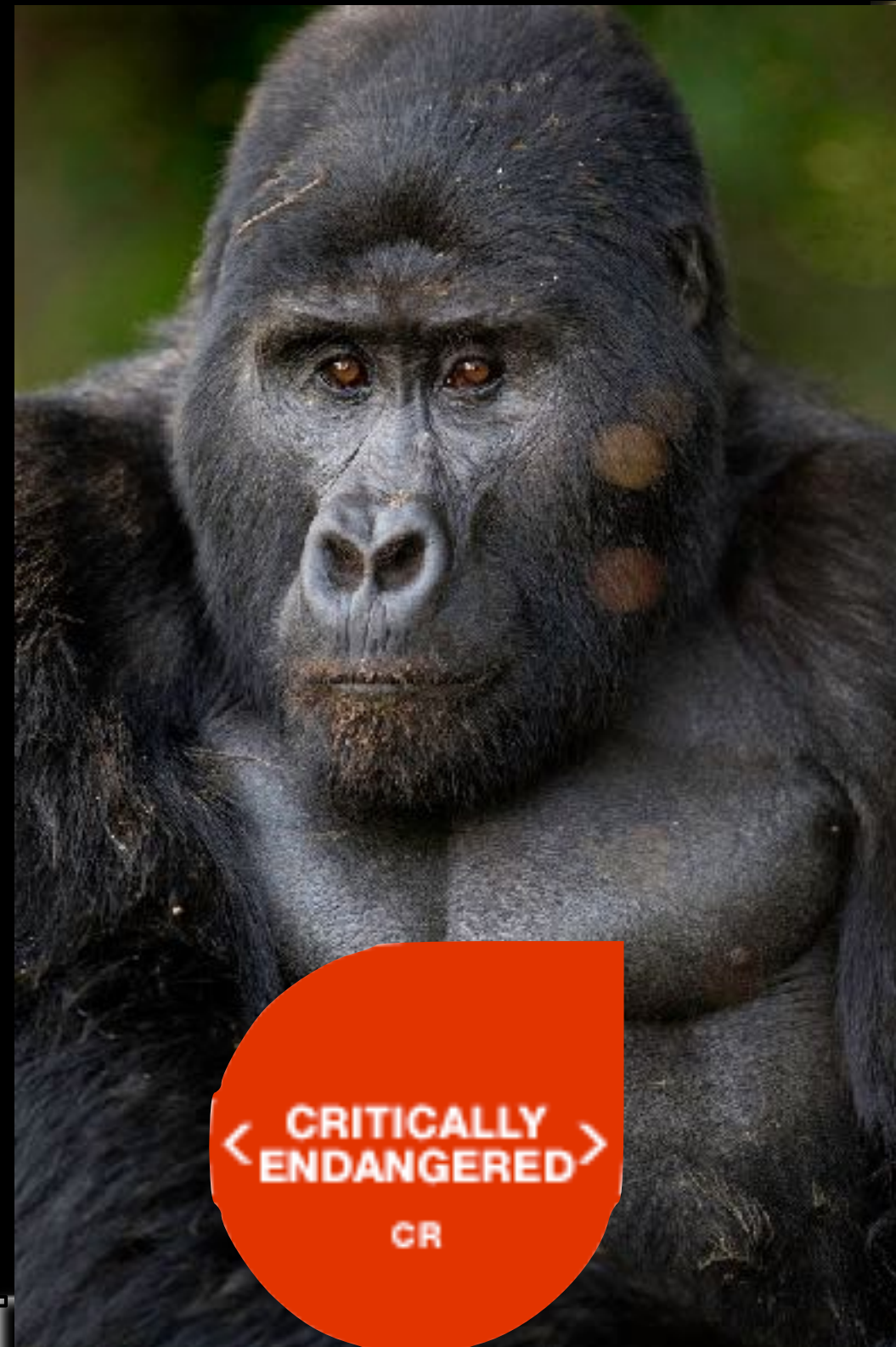


Le chimpanzé, une des 7 espèces de grands singes menacé d'extinction, notre plus proche parent

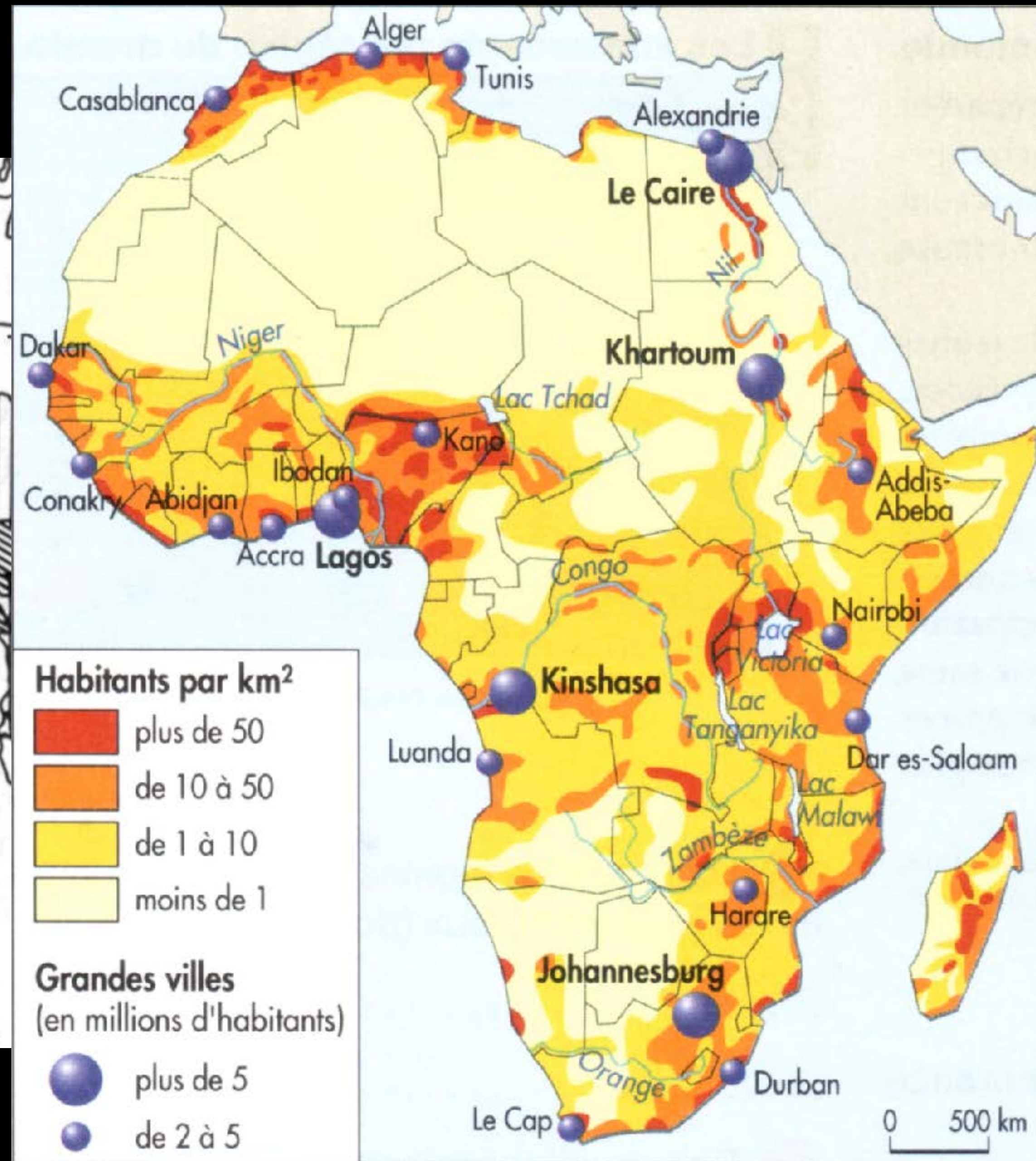
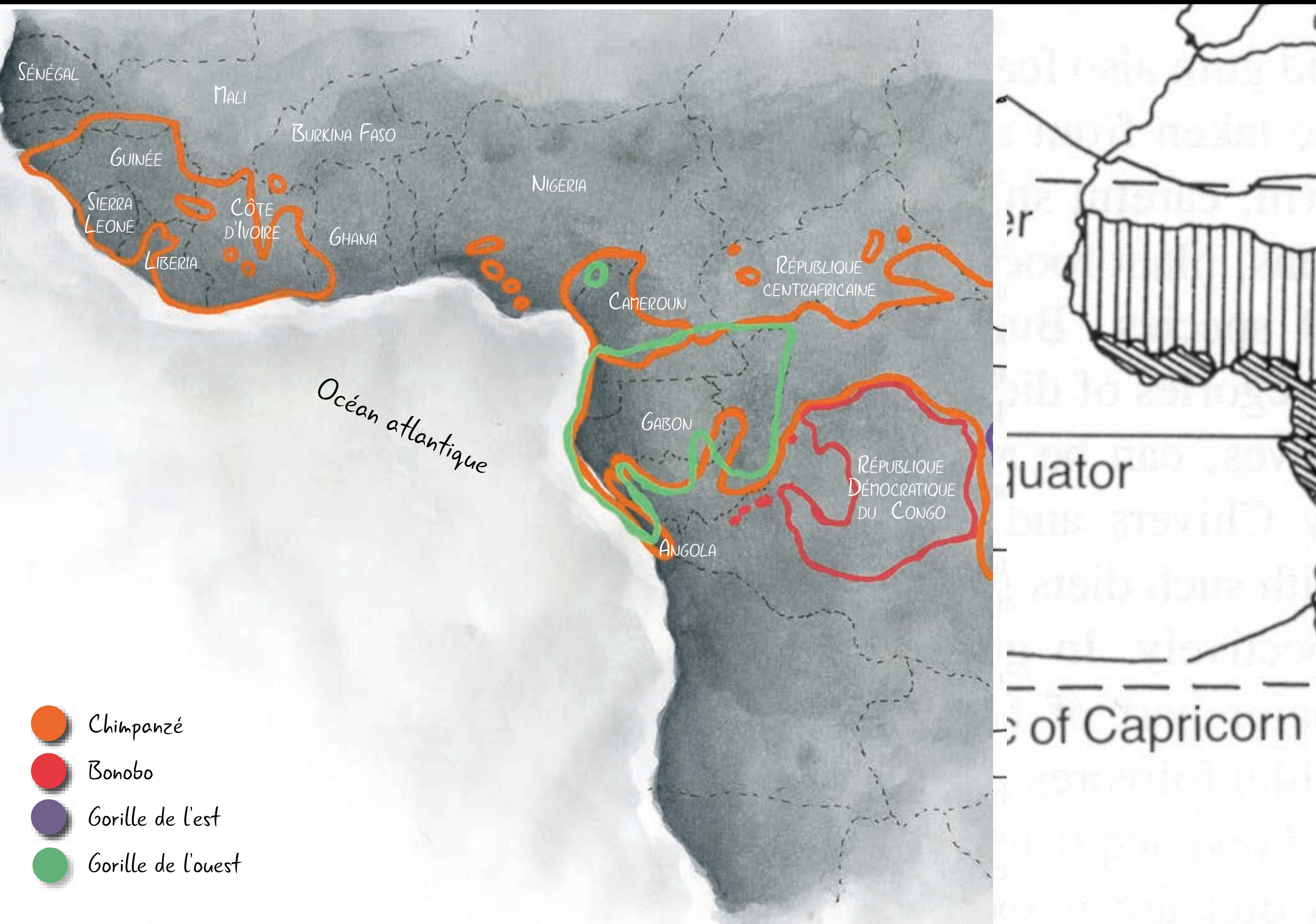
Gorilla

Pan

Pongo



Proximité accrue des chimpanzés, des forêts et des humains en Afrique



la « cohabitation » entre primates humains et non humains existe depuis des millénaires



- traces d'agriculture et de défrichage en Ouganda : 4800 ans (Western Uganda, Hamilton et al., 1986)
- consommation des cultures/appât du gibier (Naughton-Treves, 1998; 1999; Wittemyer et al., 2008)

L'intensification de la production agricole amplifie les menaces (surface, intrants)

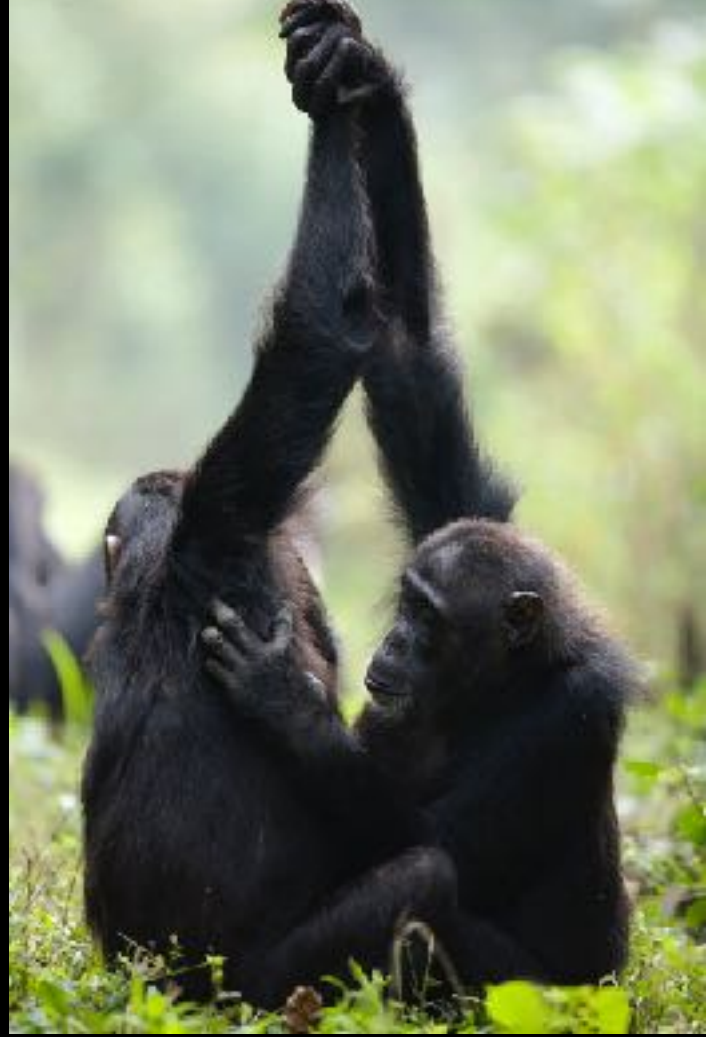
Les polluants environnementaux, une menace méconnue pour les PNH

◆ Empoisonnement au plomb :

- ◆ Déforestation au Mexique chez singes hurleurs: 24 ppm dans les poils (Serio-Silva et al. 2015)
- ◆ urbanisation : près de Kathmandu (4.5ppm; Engel et al. 2010), en China (0.66ppm; Lee et al. 2012), à Singapore (2.5ppm; Schillaci et al. 2011)

- ◆ **Agent Orange** (dioxin, TCDD) de la guerre du Vietnam : dans les feces des langurs (Brockman et al. 2009; 2013)

—> **Effets de la pollution environnementale liée à l'agriculture/plastique peu étudiés/sous-estimés?**



I) Interface forêt/zone agricole en Ouganda: des primates sous surveillance...

Kibale National Park

795 km²

hotspot de biodiversité

1000 chimpanzés

13 espèces de primates

Zone d'étude : Sebitoli, au Nord du parc

thé, eucalyptus, banane, maïs

et cultures vivrières

Route bitumée à fort trafic RDC-Kampala

Forte densité de population (>300 hab/km²)





GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF UGANDA

CLIENT: UGANDA NATIONAL ROADS AUTHORITY

PROJECT: CONSTRUCTION AND REHABILITATION OF STRATEGIC BRIDGES ON THE NATIONAL ROAD NETWORK
Lot 5- Rehabilitation of Bridges in Western and Northwestern Uganda
(MPANGA)

FUNDING AGENCY: GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF UGANDA

REPRESENTATIVE OF THE CLIENT: COWI in Association with TRIO CONSULTANTS LTD
COWI P.O. Box 10091 Kampala - Uganda

CONTRACTOR: TERRAIN SERVICES LTD.
P.O. Box 23132, Kampala Uganda



**DO NOT
LITTER**

Methodes (1)

ETUDE DES PRIMATES

80-100 chimpanzés sauvages

Habituation depuis 2008 par S. Krief et son équipe, Sebitoli Chimpanzee Project (25 ougandais)

10 mètres de distance entre chimps et observateurs
Uniquement des méthodes non invasives

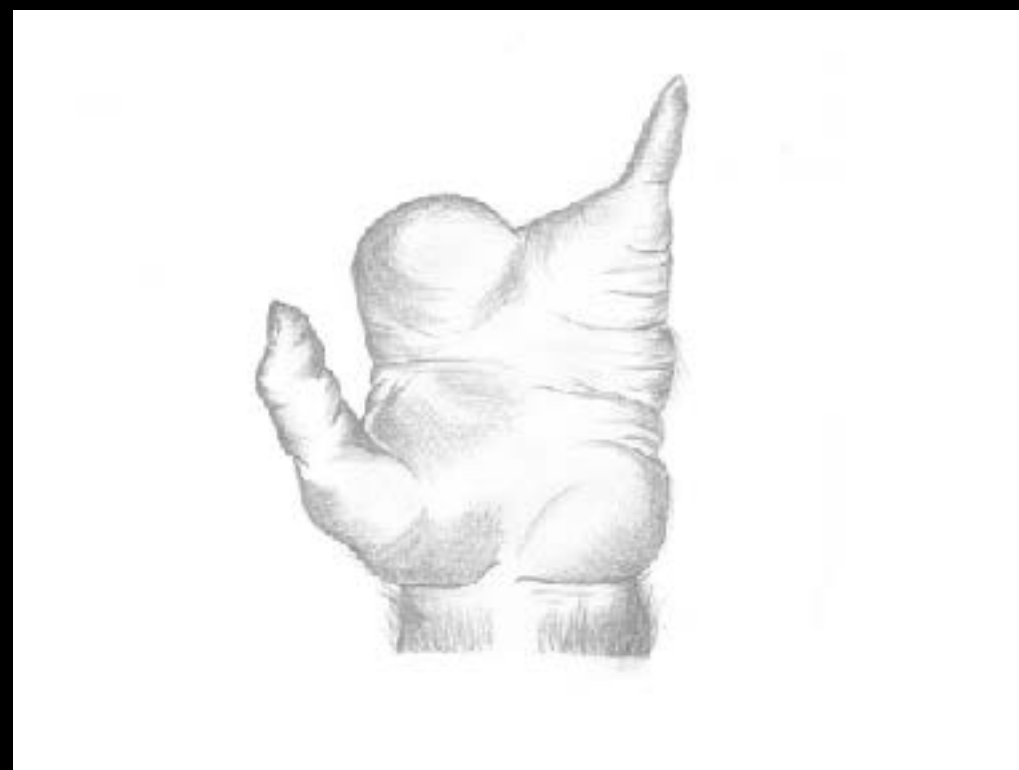
Suivi direct sanitaire, comportemental et géographique (SIG)
sampling fécal (parasitologie, génétique) et urinaire

Suivi indirect : enquêtes auprès des villageois, camera traps
(autres espèces animales), phénologie/disponibilité alimentaire

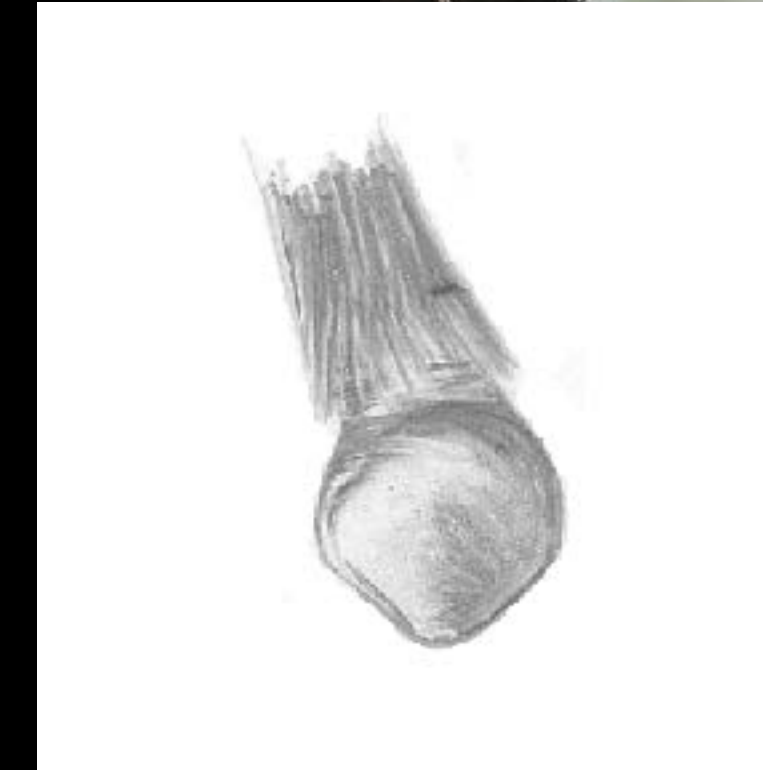
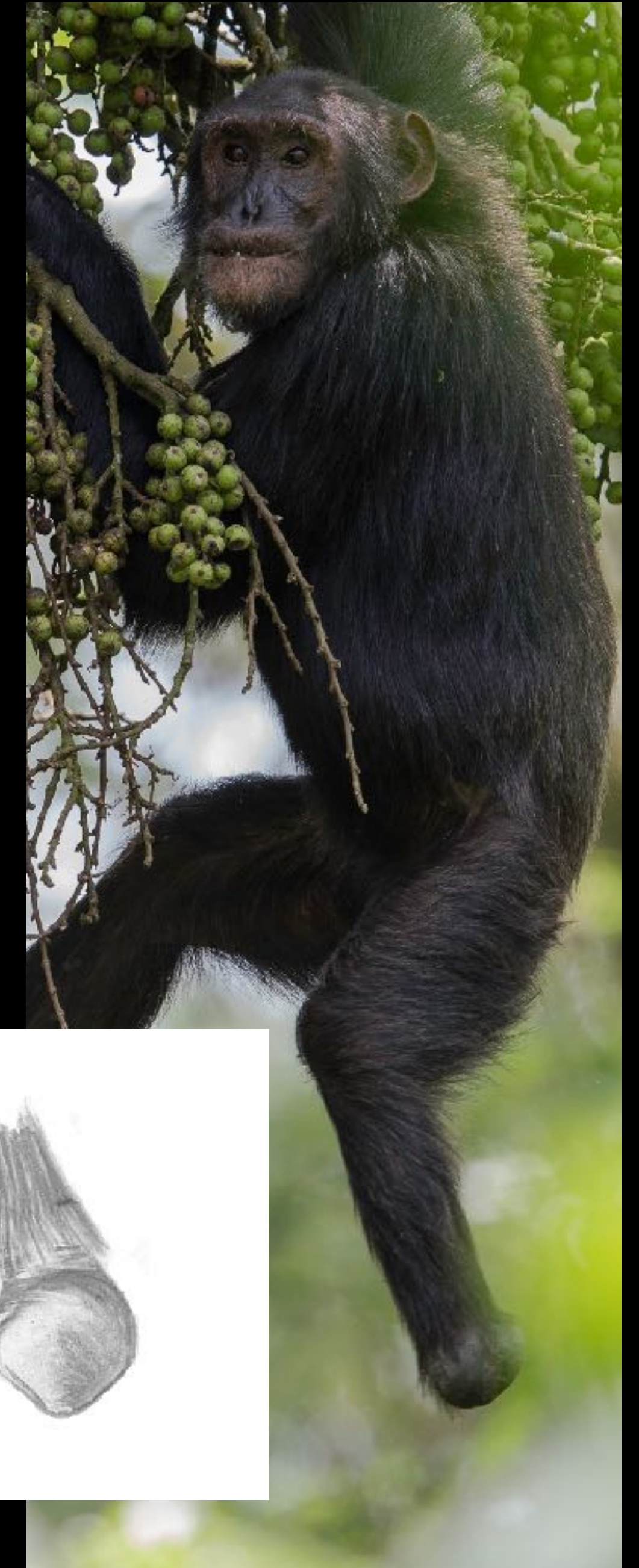


Malformations congénitales et troubles de la reproduction chez les chimpanzés de Sebitoli

→ fente labiale (Krief et al. 2014b)



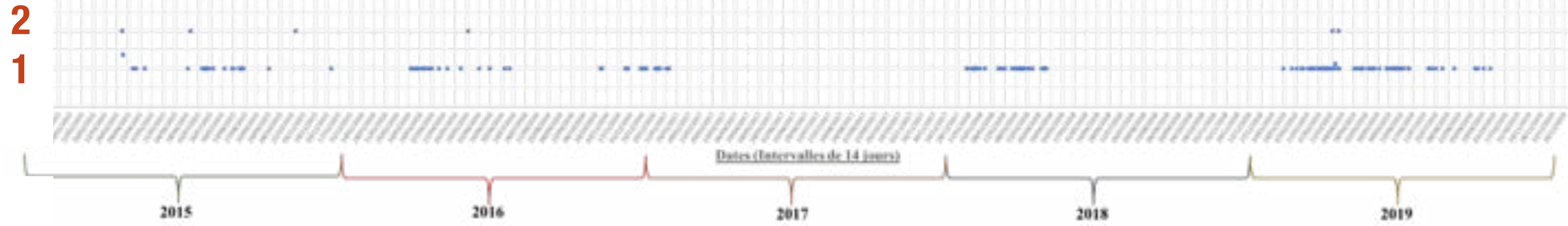
→ displasie faciale: malformation des narines (Krief et al., 2014a)



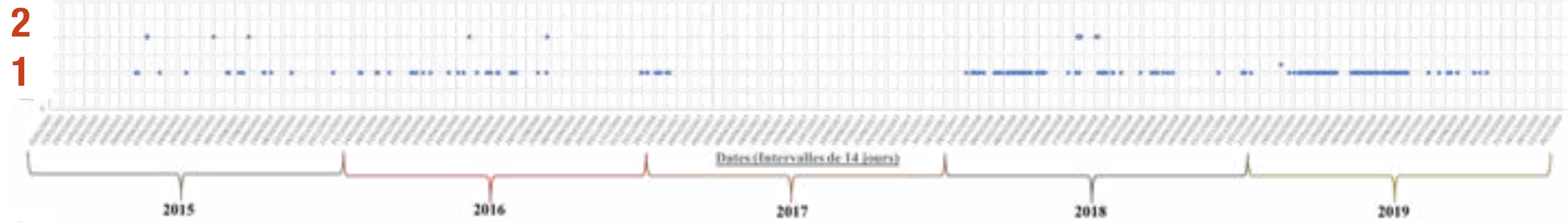
GONFLEMENT SEXUEL

Absence de tumescence et de reproduction

GL

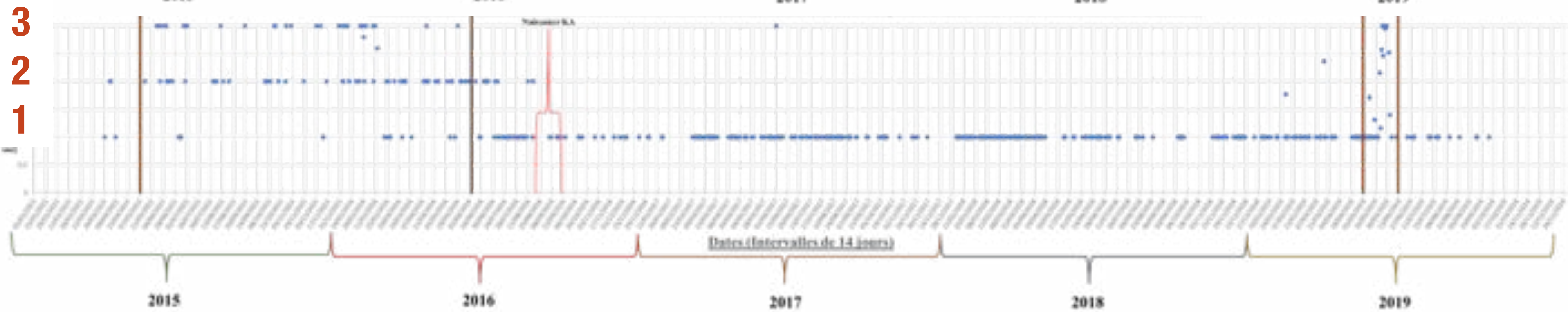


PP

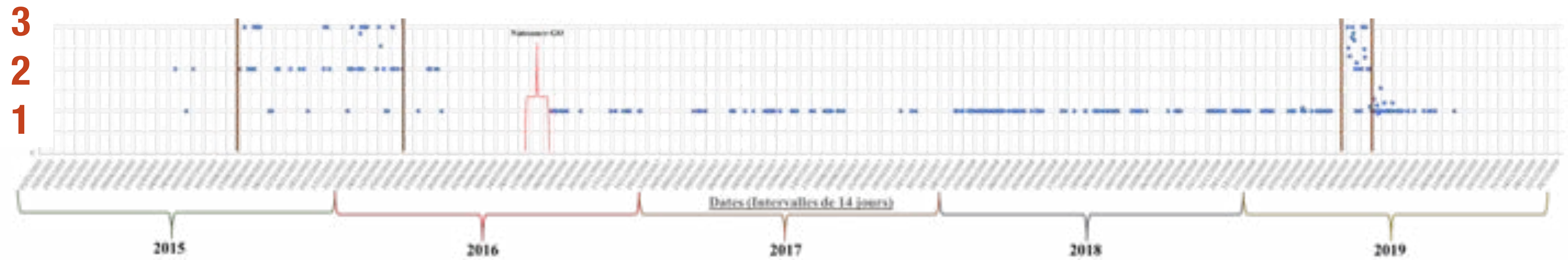


Tumescence et reproduction

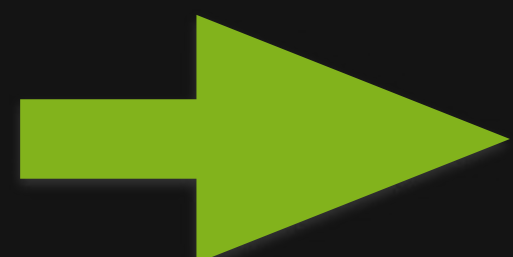
KT



GB

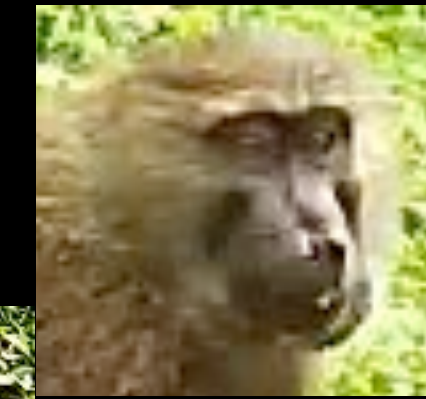
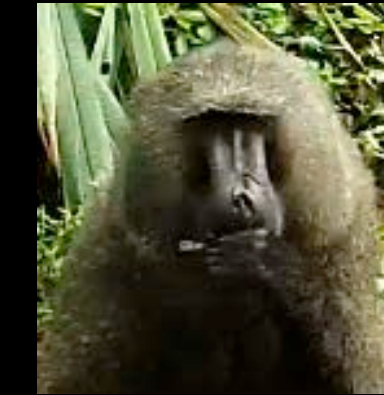
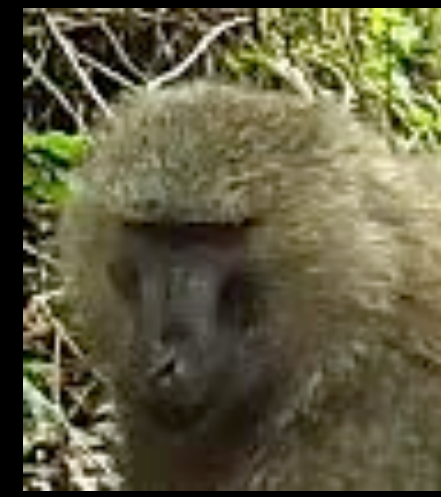
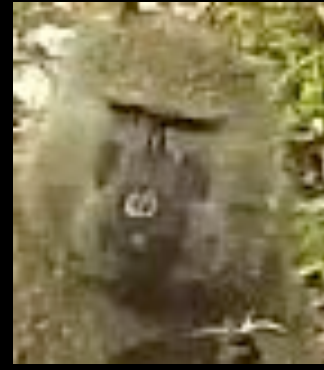


Chimpanzés	Adultes (15-65 yrs)	Sub-adultes (10-14,9 yrs)	Juveniles (3-9,9 yrs)	Enfants (0-2,9 yrs)	TOTAL
Femelles	2	1	1	4	8
Males	1	2	5	-	8
TOTAL	3	3	6	4	16



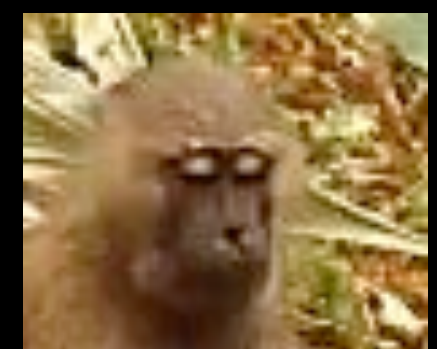
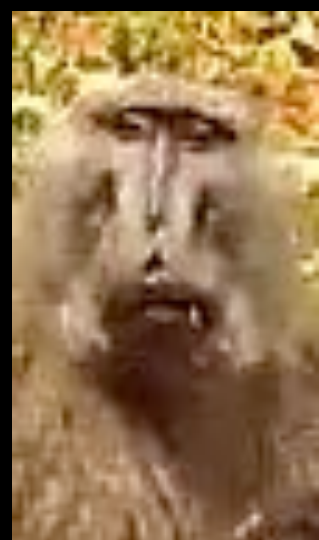
Les jeunes chimpanzés, femelles et mâles, sont particulièrement affectés

chez les babouins de Sebitoli

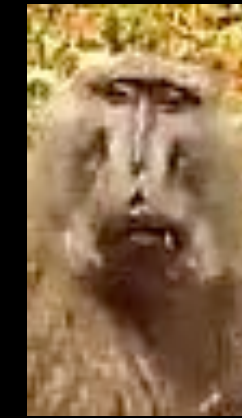
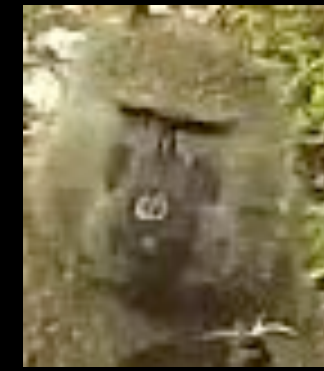
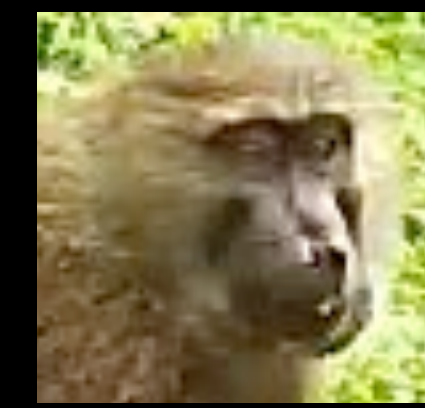
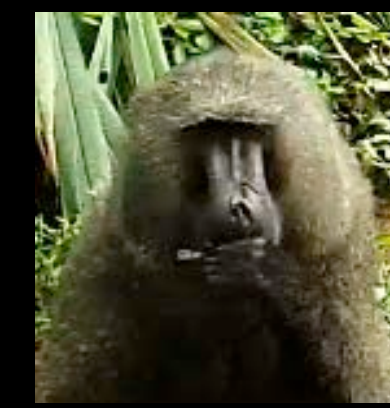
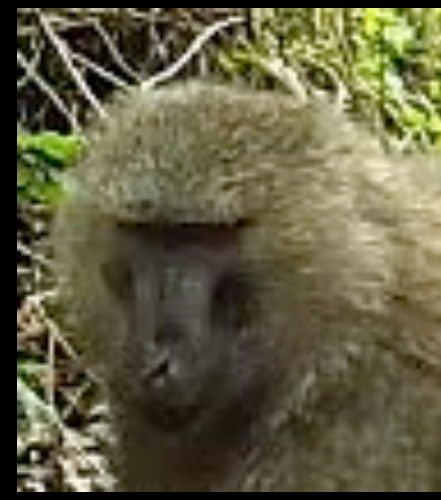


**3.232 clips sur 25.324 (30-60 sec) enregistrés en 4746 jours (Jan 2017-Avril 2018)
avec 14 camera traps
+ clips on 22/07/2014 (Krief et al. 2017; Lacroux et al. 2019)**

Babouins	Adultes/sub-adultes (>7 yrs)	Juveniles (1-6,9yrs)	Infants (<1 yr)	Total
Femelles	8 +3	-	-	8 +3
Males	9 +1	1	-	10 +1
NI	3	8 +2	1	12 +2
Total	20	9	1	30 +6



Les babouins, femelles et mâles, du même territoire sont affectés



Sur les 30 babouins :
absence de septum nasal (n=12)
asymétrie des fosses nasales (n=10)
ouverture ectopique (n=12)

15 individus d'un même groupe (>58 membres)
pas de paire « mère-enfant » affectée

Et chez les humains dans le village de Sebitoli...



**malformations faciales
mais aussi...**



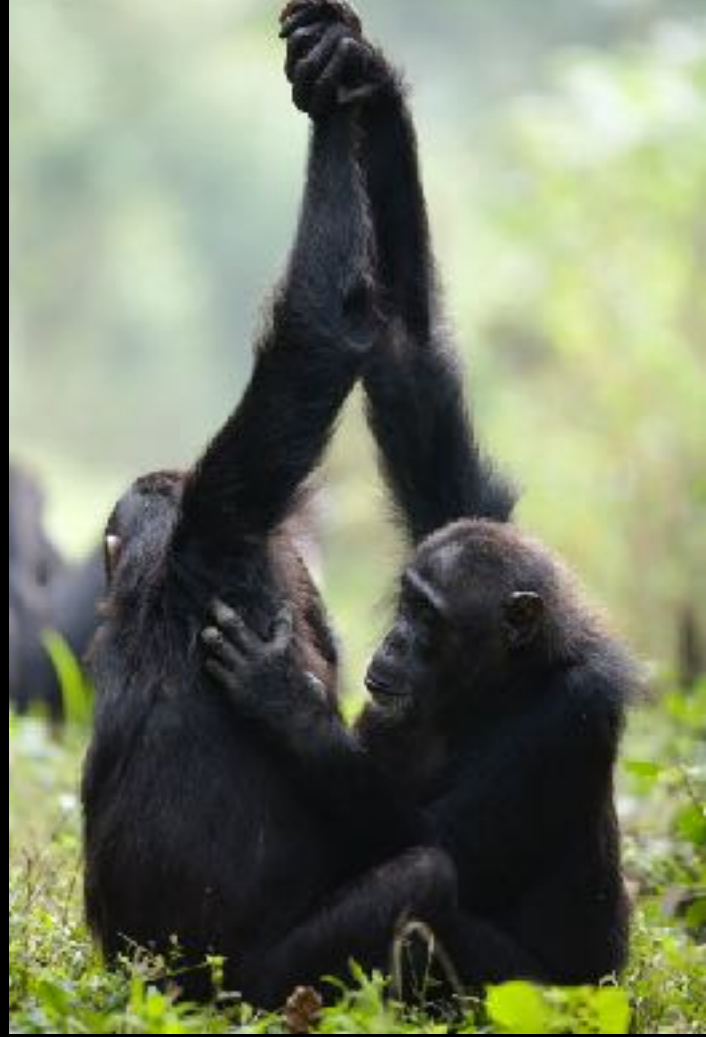
retards mentaux



micro-penis



polydactylie



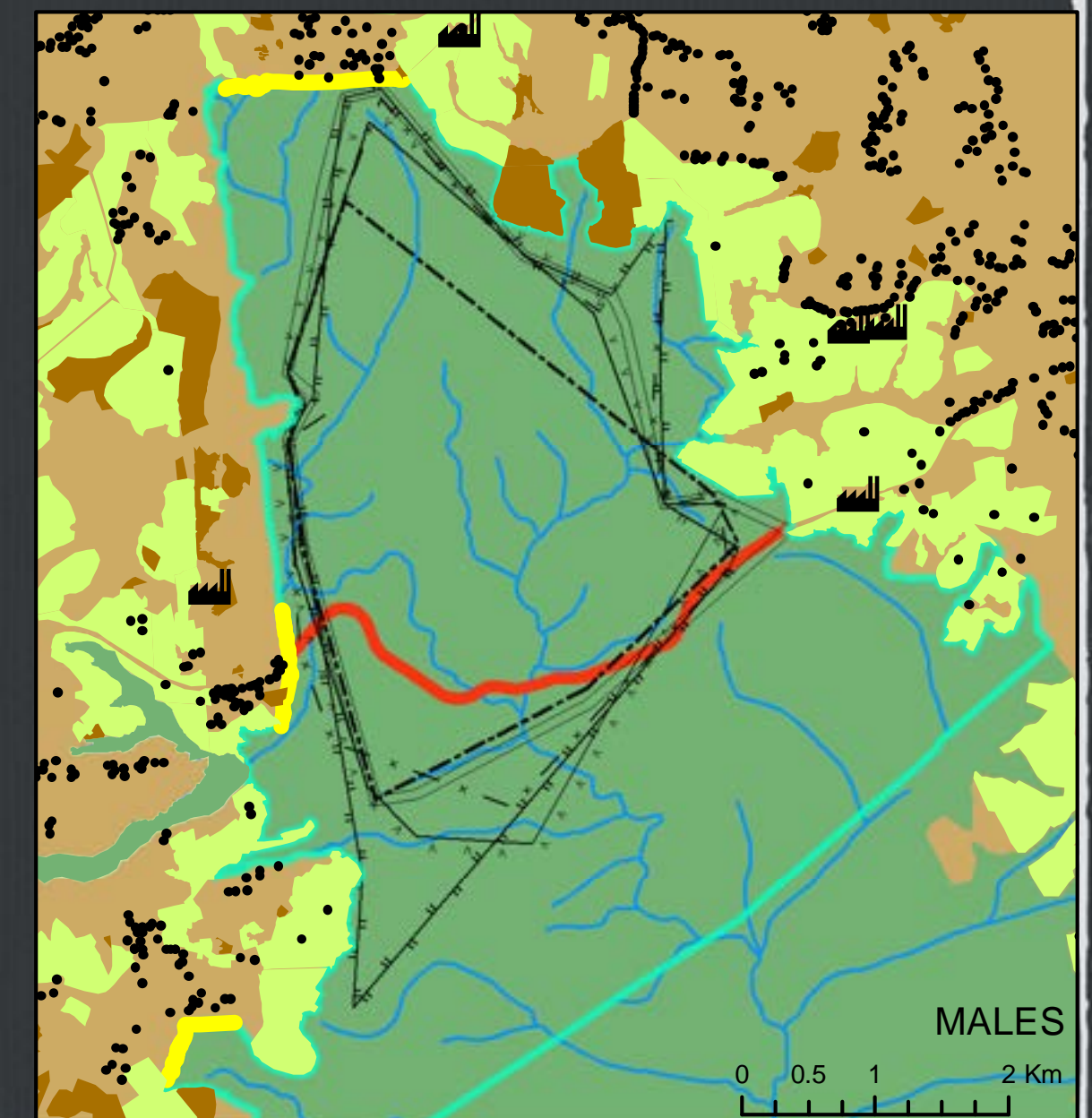
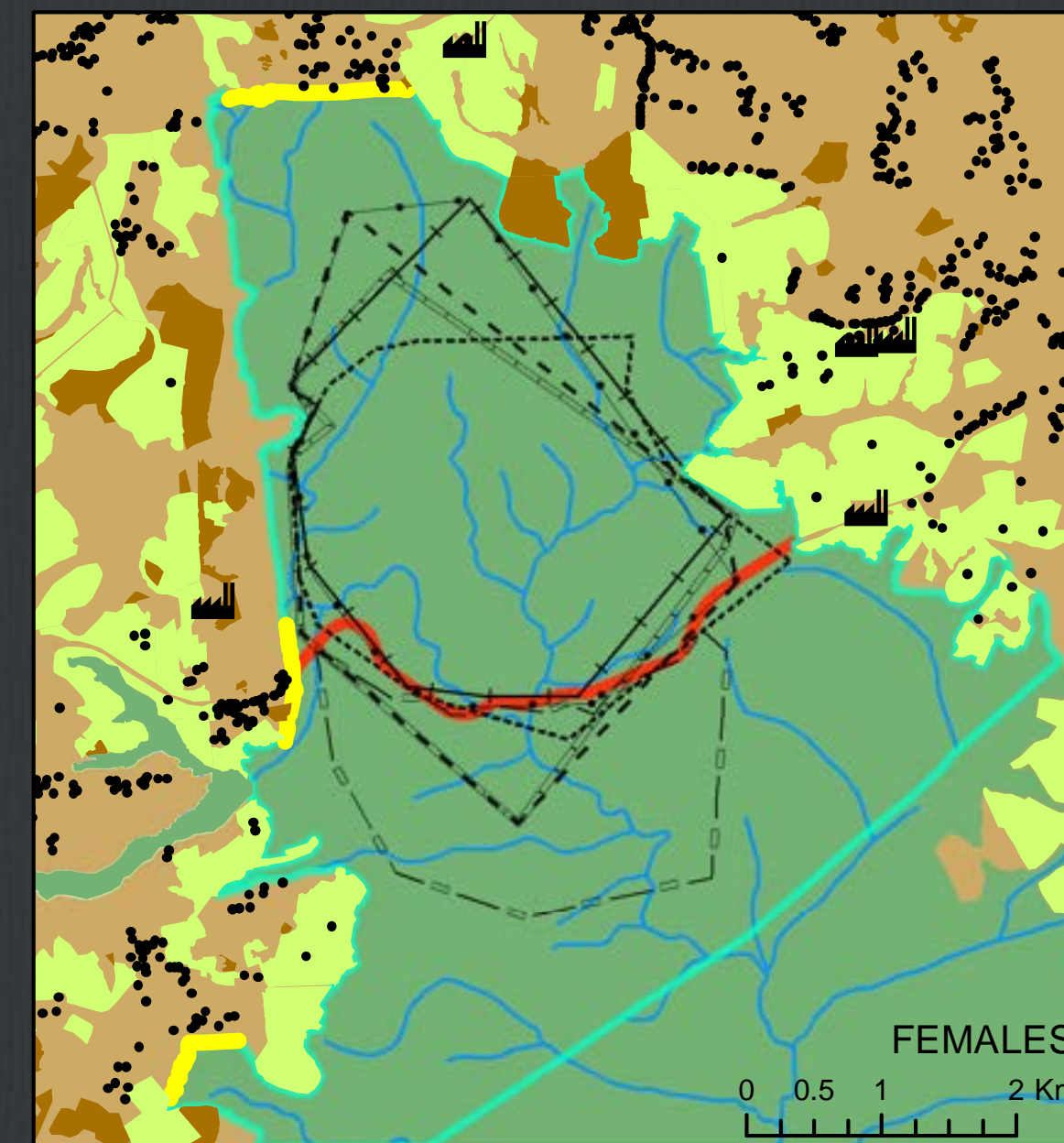
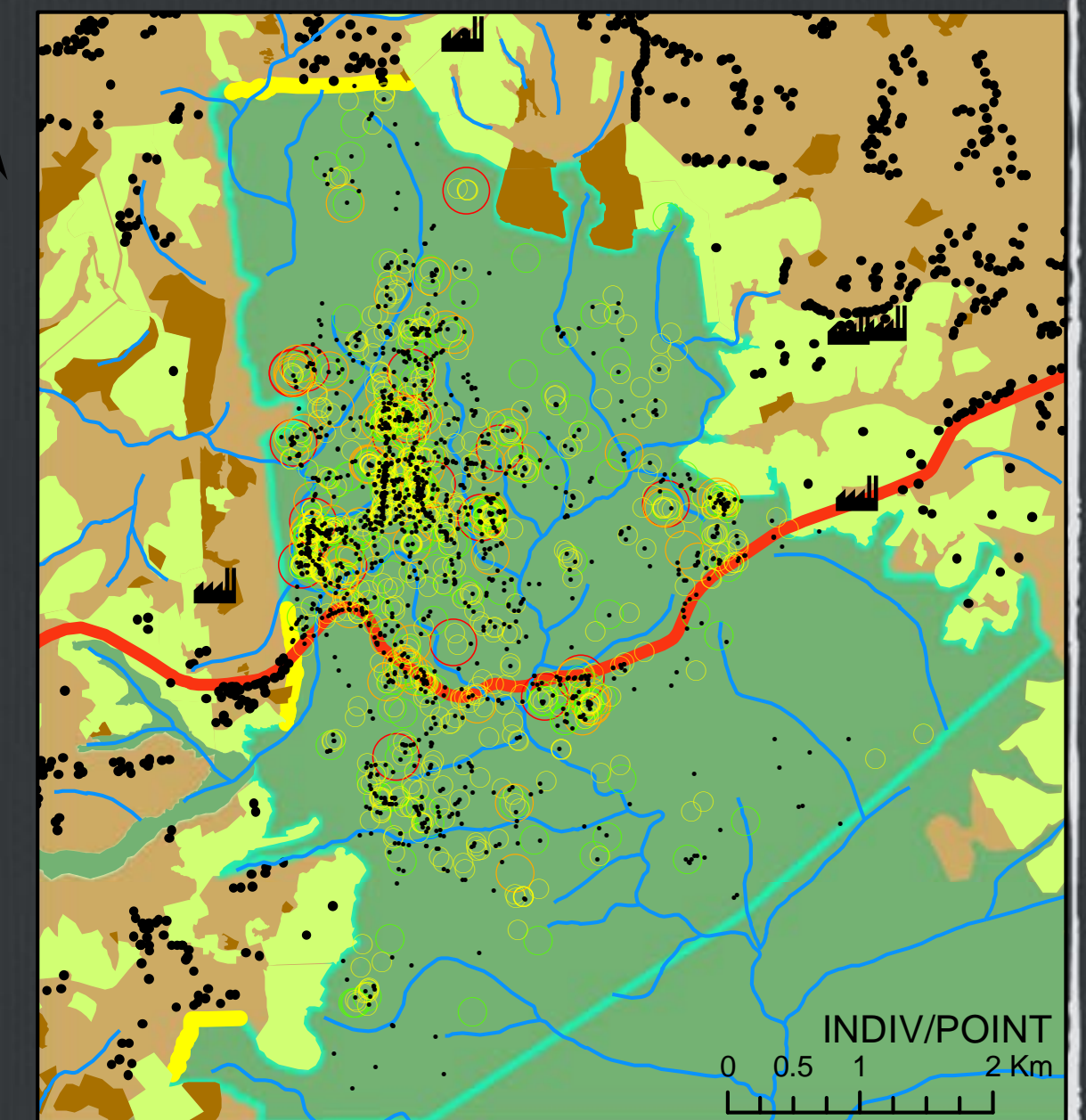
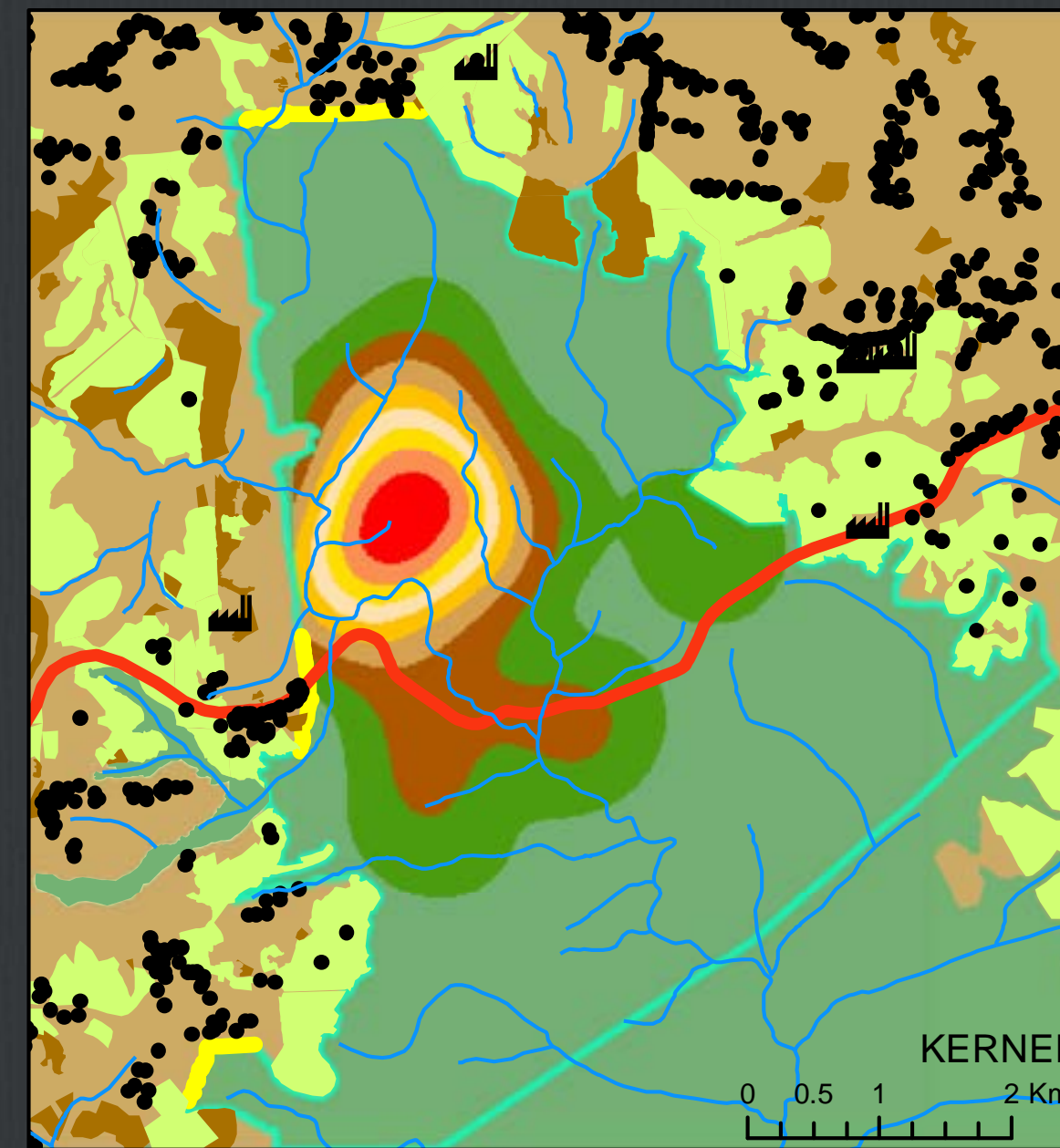
**II) Recherche des causes de malformations:
Contexte géographique ou pollutions environnementales ?**

zones d'activités des chimpanzés

- ils s'alimentent le long de la route
- ils utilisent les zones de lisière
- ils consomment des aliments domestiques

**Chimps sont exposés aux activités humaines
la route n'empêche pas les déplacements**

Bortolamiol, S., Cohen, M., Jiguet, F., Pennec, F., Seguya, A., & Krief, S. (2016). Chimpanzee non-avoidance of hyper-proximity to humans. *The Journal of Wildlife Management*, 80(5), 924-934



Landcover
and landuse

Kernel density
estimation

Home range (HR)
and individual/point

Core areas (CA)
Most observed females

Core areas (CA)
Most observed males



2017-06-24 15:48:45

23°C ○

M 1



ULTRAFIRE XR6

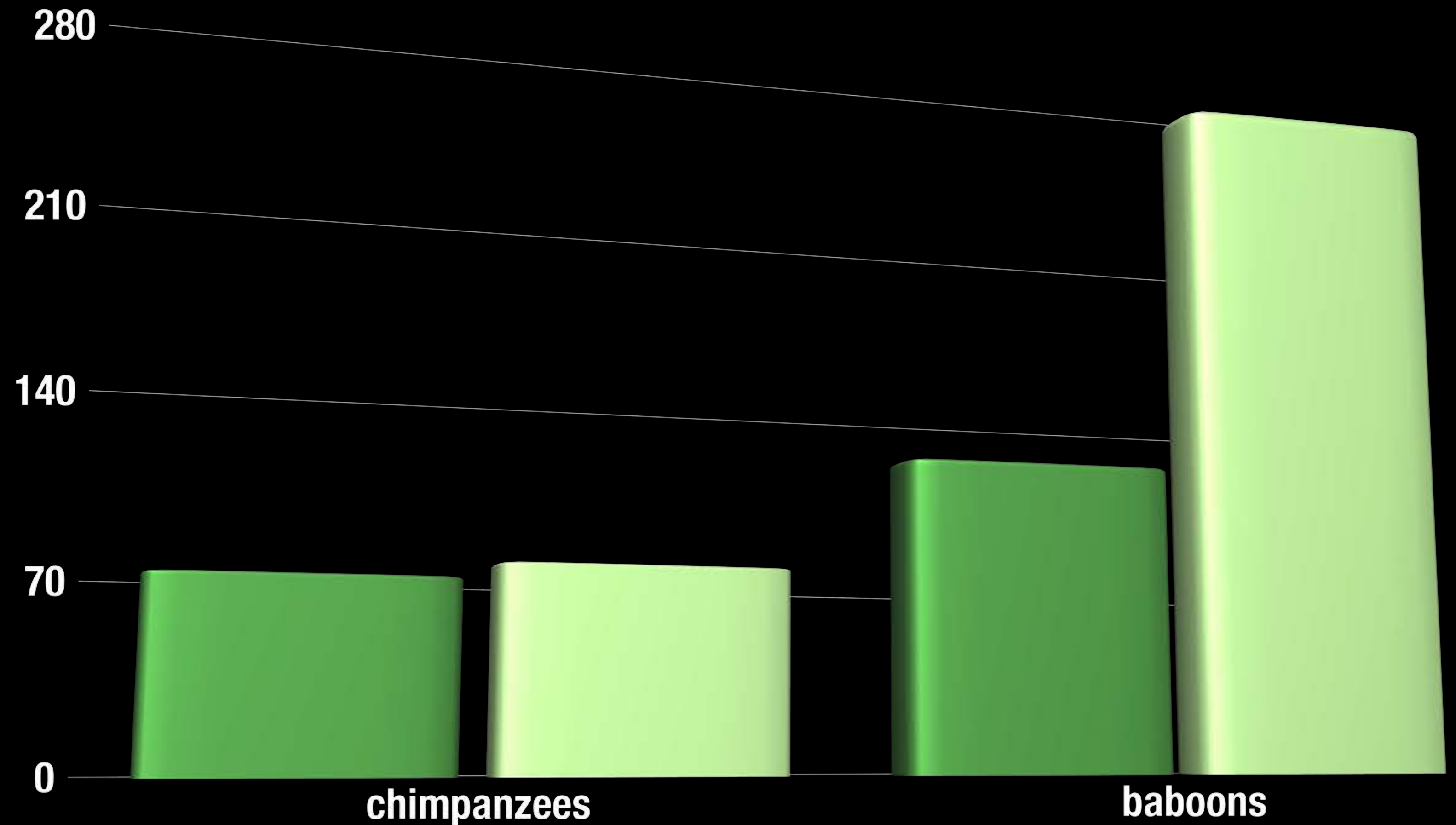


Fréquence des visites des chimps et babouins dans les champs de maïs (camera-traps)

abundance 100CT-day

Forêt

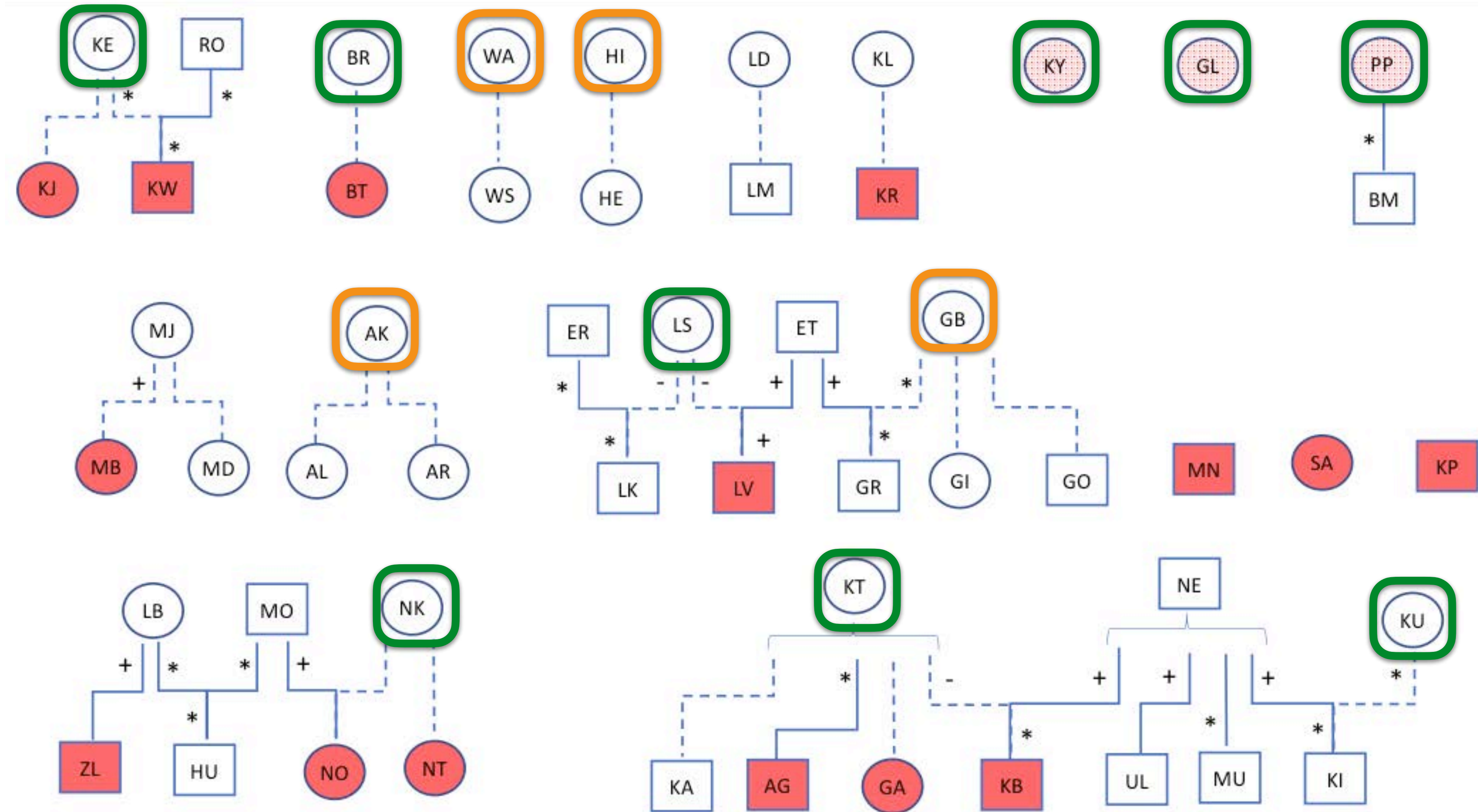
champ de maïs



sur 25.324 clips
(Jan 2017 & Avril 2018)

Généalogie des chimpanzés atteints et zones d'activité

 mâle atteint
 femelle atteint



 Femelles de l'Ouest

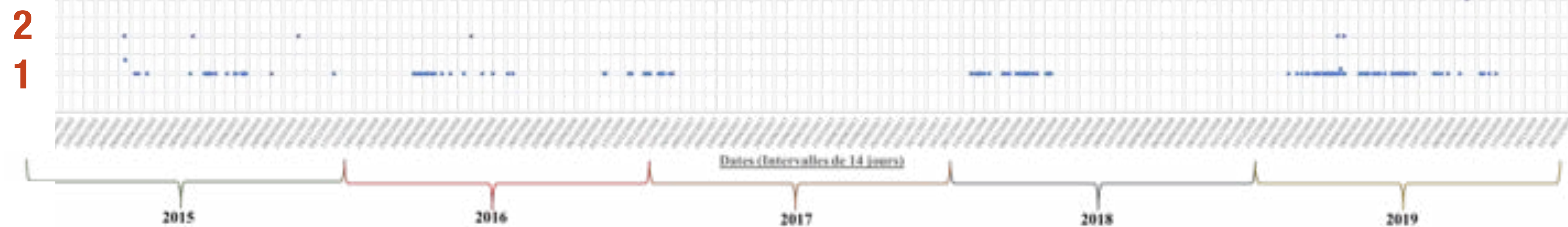
 Femelles du Sud et de l'Est

(Bonnald, 2018)

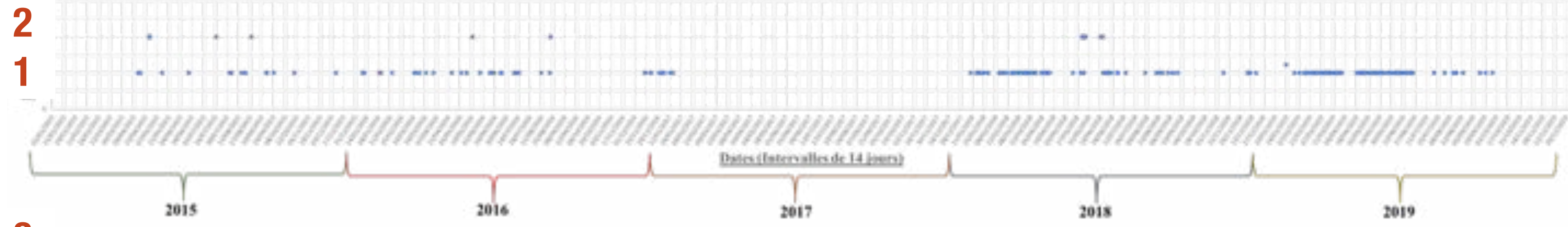
GONFLEMENT SEXUEL

FEMELLES DE L'OUEST

GL

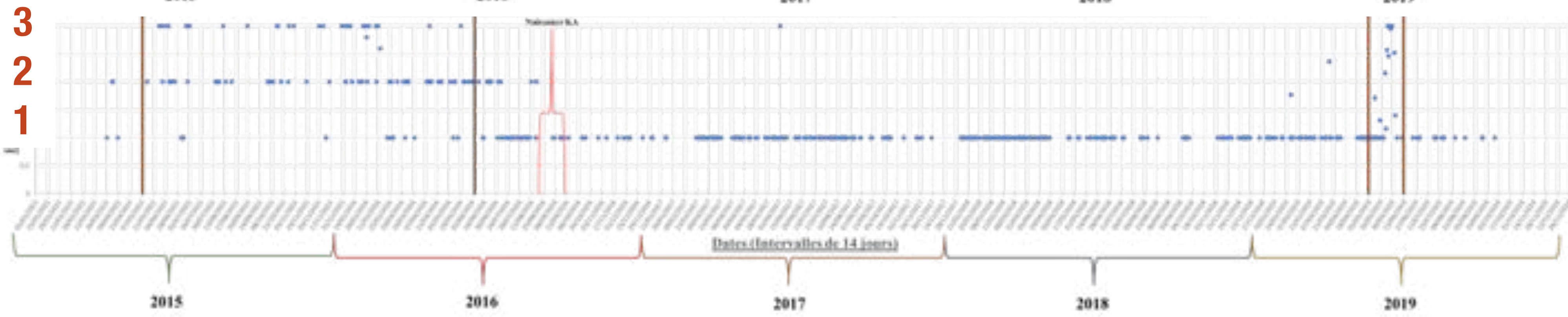


PP

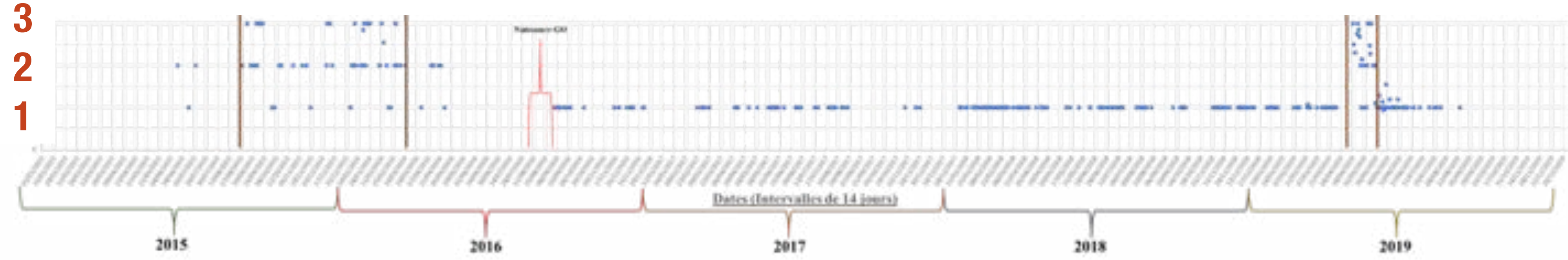


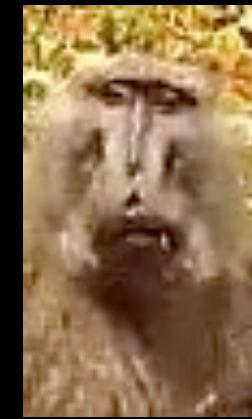
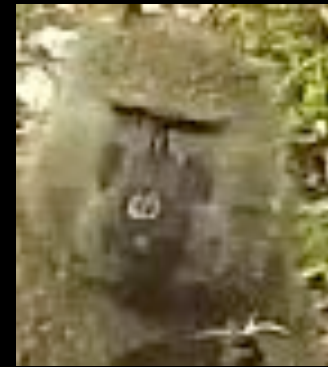
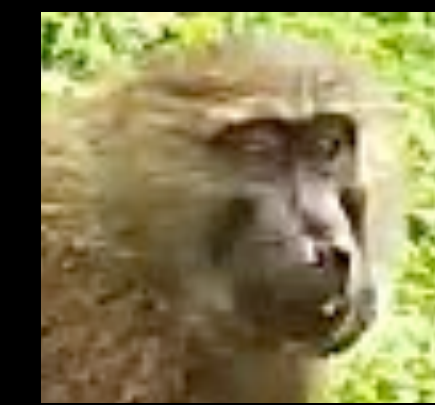
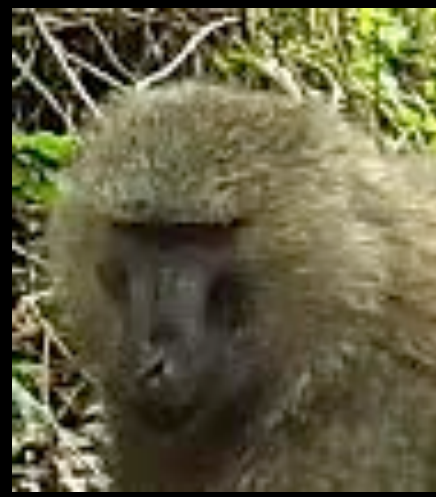
FEMELLES DE L'EST

KT

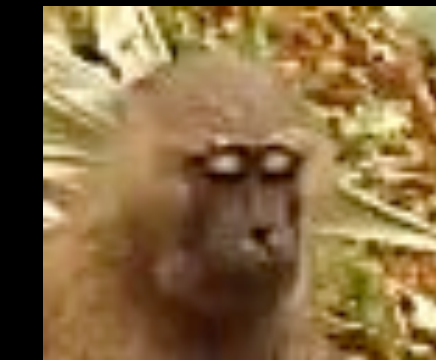
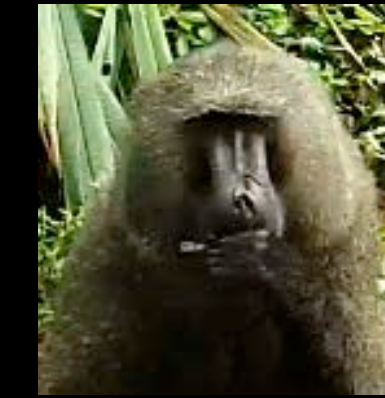


GB

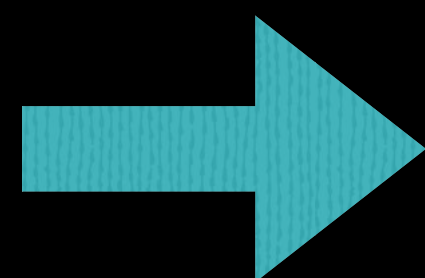




Zones d'activité des babouins



Position	Nb of individuals seen	Nb of CT	Nb of days filmed	Abundance (nb of indiv/100CT-days)
Western (Nyamaguere)	23	21	1406	1,63584637
Eastern (Munobwa)	6	4	804	0,74626866
South western	3	4	1085	0,2764977
South Eastern	5	4	833	0,6002401



Une différence d'exposition entre l'est et l'ouest du territoire?

À L'EST



À L'OUEST



À L'OUEST



SUR LA ROUTE



Les usages locaux de produits phytosanitaires

❖ Fermiers ayant des cultures vivrières

* « only coated maize seeds are planted »

* mancozeb, cypermethrin, glyphosate, paraquat and 2,4 D amine

❖ Les deux usines de thé : glyphosate

❖ Fermiers cultivant du thé : paraquat

❖ Les échoppes de Fort Portal :












* Forte demande en chlorpyrifos, profenofos, metalaxyl-M, dimethoate, diammonium phosphate

* the « red maize seeds » : “Hybrid H520 (Kenyaseeds™) » but unknown chemical coating

Sont nombreux et peu contrôlés !

Methodes (2)

1- Recherche de pesticides dans les cultures/poissons/sol/sédiments

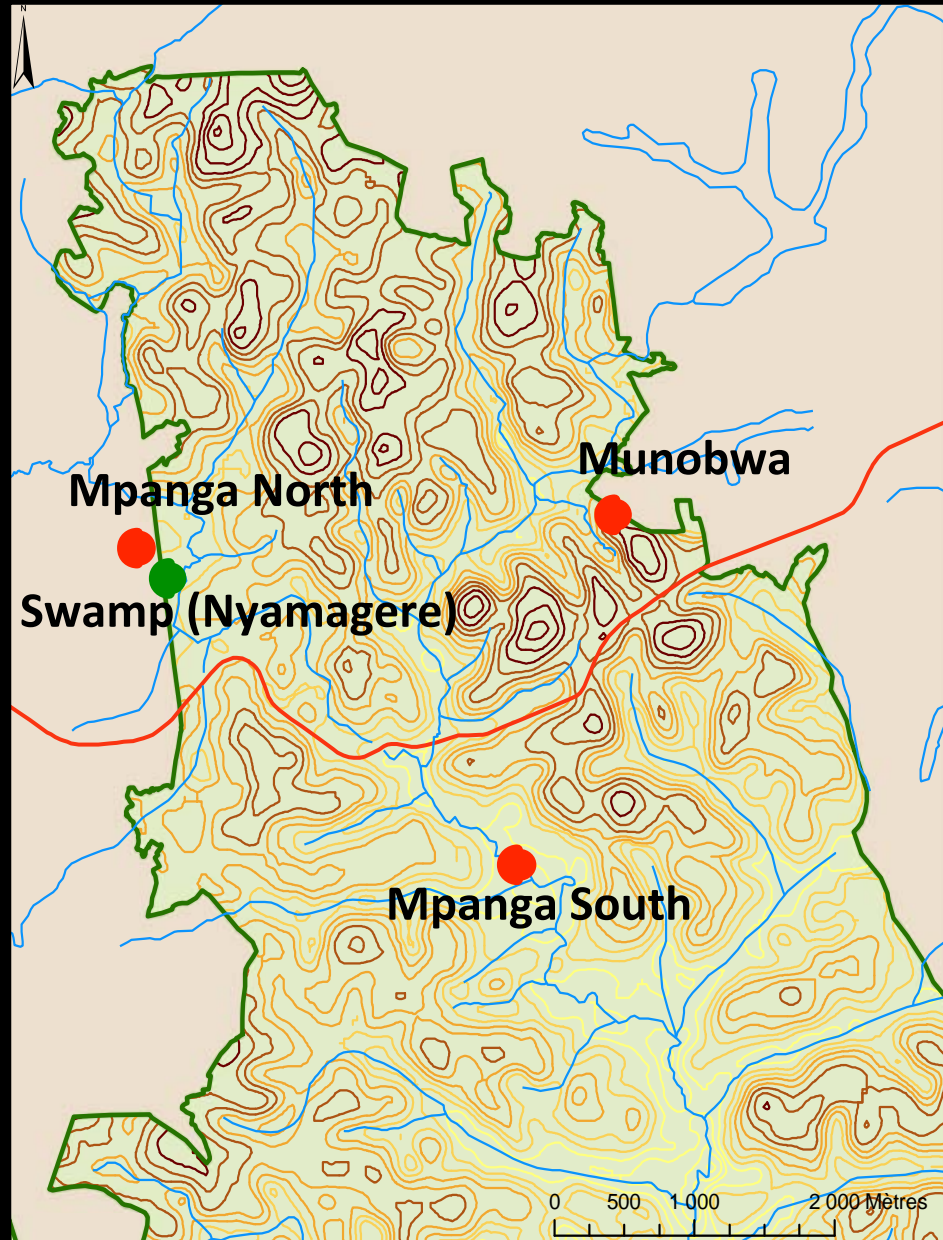
Composés recherchés	Type d'échantillons	Makerere University (Uganda)	Ecotox Lyon (France)	Phytocontrol ® (France)
Pesticides	  	GC-MS & selective mass detector Column : HP5-MS		
Organochlorés	 		CG-ECD Colonne : HP1	
Organophosphates, pyrethroïdes et herbicides	 		GC-MS Colonne : HP5-MS	
Néonicotinoïdes insecticides	 		HPLC-UV detection Colonne : C18, 25 cm	
Criblage herbicides, fongicides, glyphosate+AMPA (150 substances)	 			HPLC-MS/MS méthodologie confidentielle

Methodes (2)

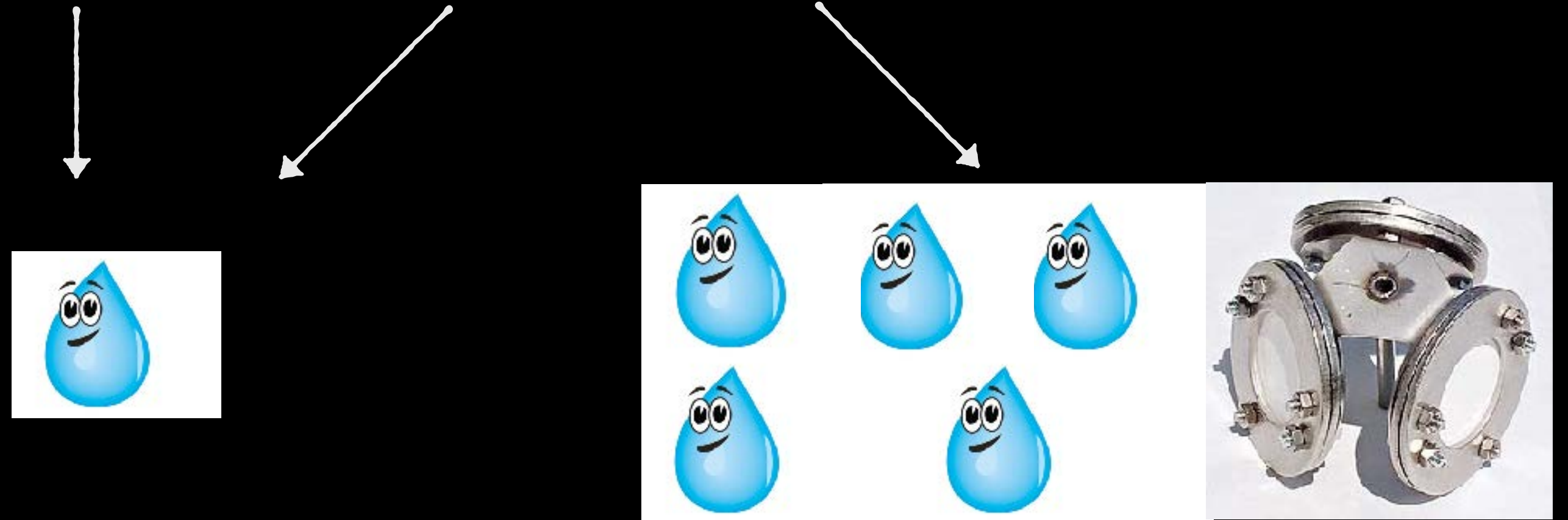
2) Analyse de la composition et des activités de l'eau (rivières)

lab. Evol regulations endocrines- MNHN

Watchfrog
LNE



1 site « marécage » (ouest) 3 sites « rivières » (ouest, est, sud)



2 L de chaque site
(0°C/-20°C/RT)

Echantillonnage passif
POCIS + GLY (14 jours)

set 2

set 1

Bio-essais

androgene, oestrogene, hormones

thyroïdiennes

têtards & medakas transgeniques

Analyse chimique

HLPC GC-MS MSMS

pour 509 pesticides

3) Etude de la pollution de l'air et plastique (route) LNE

4) Etude des poils de chimpanzés LIH

Western Sebitoli



Nyamagere



Southern Sebitoli Mpanga South



Eastern Sebitoli

Munobwa



Road



Out of Sebitoli



0 0.5 1 2 Km



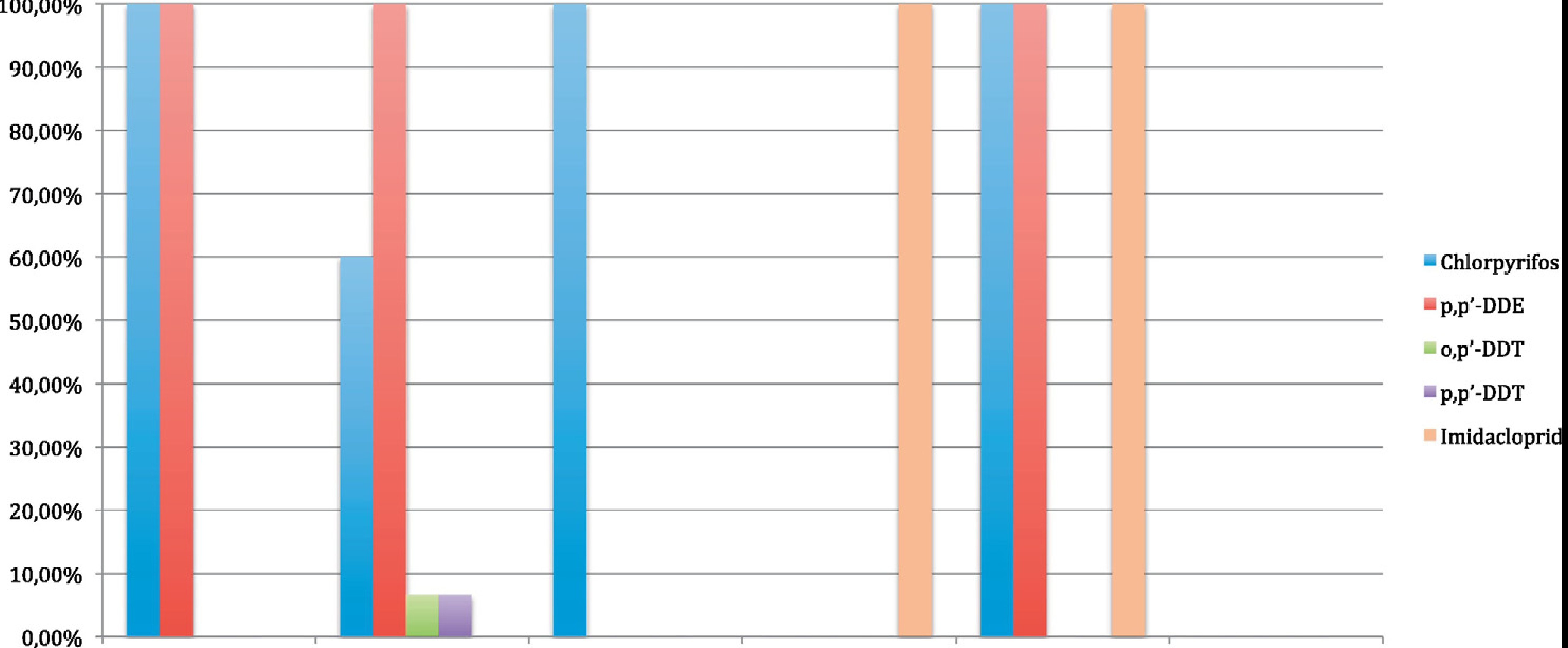


Pesticides décrits comme utilisés

- glyphosate, cyperméthrin, profenofos, mancozeb, metalaxyl, diméthoate, **chlorpyrifos**, 2,4-D amine

Pesticides mis en évidence ds sédiments/sol/aliments: leurs effets

- **DDT** (et ses métabolites, pp' DDE): insecticide très persistant, effets **oestrogéniques** et anti androgéniques (Ingber, 2013; Carreno, 2007)
- **chlorpyrifos** : insecticide organophosphoré (Pyrinex, Nurelle/Dox Chemical) utilisé pr « protéger » le maïs et dans les vergers, un des perturbateurs endocriniens considéré comme responsable des **maladies neurodéveloppementales** (Bellanger 2015) et un des pesticides les + utilisés
- **Imidaclopride** : néonicotinoïde (Gauchó/Bayer), réduction de la production de spermatozoïdes, la fécondité ou même augmenter l'incidence de la **prématurité** ou la mort embryonnaire précoce chez les poissons et les oiseaux (Gibbons, 2015)



Fresh maize seeds (n=4) Fresh maize stems (n=15) sediment and soil (n=16) maize coated seeds Fish (1 sample of 10 fish) Fish Control (1 sample of 10 fish)

SEBITOLI

CONTROL



Présence et concentration des pesticides

daily acceptable Dose

Effets

Tiges et grains
de maïs

Semences
enrobées

Poissons

DDT

Interdit (depuis 1970)
sauf ds qq pays

Troubles de la reproduction,
cancer du sein, diabetes

0.007 mg/kg

0 mg/kg

0.078 mg/kg

chlorpyrifos

0.001 mg/kg/j

Déficits euro-
comportementaux

0.372 mg/kg

0 mg/kg

0.030 mg/kg

imidaclopride

0.05 mg/kg/j

Très toxique pour les abeilles

Troubles de la reproduction

NT

460 mg/kg

0.016 mg/kg

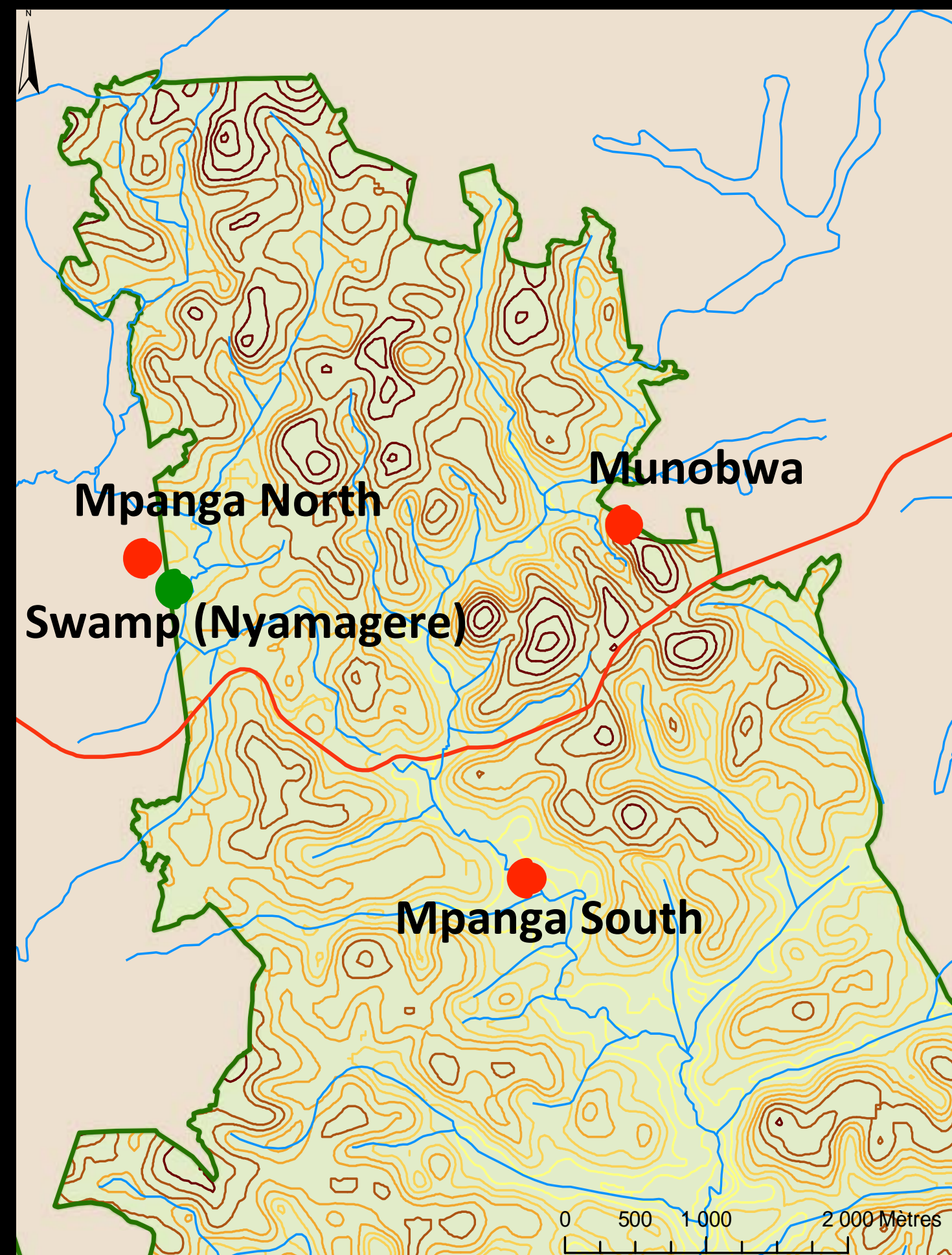


Pesticides dans l'eau des rivières (3 sites, 3 campagnes 2017-2019)

A L'OUEST

Nyamagere et Mpanga South

	2017	2018	2019
2,4-D	x	x	x
<i>Acetamiprid</i>	0	x	0
<i>Ametryn</i>	x	x	x
<i>Carbaryl</i>	x	x	x
<i>Carbendazim</i>	x	x	x
<i>Carbofuran</i>	x	x	x
<i>Diethyl-m-toluamid, N,N- (DEET)</i>	x	0	0
<i>Dimethoat</i>	x	x	0
<i>Dimethylphenylfor</i>	0	x	0
<i>Imidacloprid</i>	x	x	x
<i>Isoproturon</i>	x	x	0
<i>Methamidophos</i>	0	x	x
<i>Metolachlor</i>	x	0	0
<i>Picaridin</i>	x	0	0
<i>Terbutryn</i>	x	x	x
<i>Thiamethoxam</i>	x	x	x
GLYPHOSATE	NT	x	x
AMPA	NT	x	x



A L'EST

Munobwa

	2017	2018	2019
2,4-D	0	0	0
<i>Acetamiprid</i>	0	0	0
<i>Ametryn</i>	x	0	0
<i>Carbaryl</i>	0	0	0
<i>Carbendazim</i>	0	0	0
<i>Carbofuran</i>	0	0	0
<i>Diethyl-m-toluamid, N,N- (DEET)</i>	x	0	0
<i>Dimethoat</i>	0	0	0
<i>Dimethylphenylfor</i>	0	0	0
<i>Imidacloprid</i>	0	0	0
<i>Isoproturon</i>	0	0	0
<i>Methamidophos</i>	0	0	x
<i>Metolachlor</i>	x	0	0
<i>Picaridin</i>	x	0	0
<i>Terbutryn</i>	0	0	0
<i>Thiamethoxam</i>	0	0	0
GLYPHOSATE	NT	x	x
AMPA	NT	x	x

Effets PE de l'eau de Sebitoli sur les modèles (2017)

xénopes et medakas

ÉQUIPE « RÉGULATIONS ENDOCRINIENNES » MNHN

B Demeneix, JB Fini et P Spirhanzlova

WATCHFROG A. Tindall

	Species	Number of	Number of larvae
Thyroid test	<i>Xenopus laevis</i>	3	15
Estrogen test	<i>Oryzias latipes</i>	3	8
Androgen test	<i>Oryzias latipes</i>	3	8
Mobility	<i>Xenopus laevis</i>	3	12
Brain	<i>Xenopus laevis</i>	3	15

Area	Thyroid axis	Estrogen axis	Androgen axis	Mobility	Brain/head ratio
Swamp			=	=	
Mpanga (Southern Sebitoli)			=		
Nyamaguere (Western Sebitoli)			=	=	=
Munobwa (Eastern Sebitoli)					=

Polluants atmosphériques le long de la route (2019)

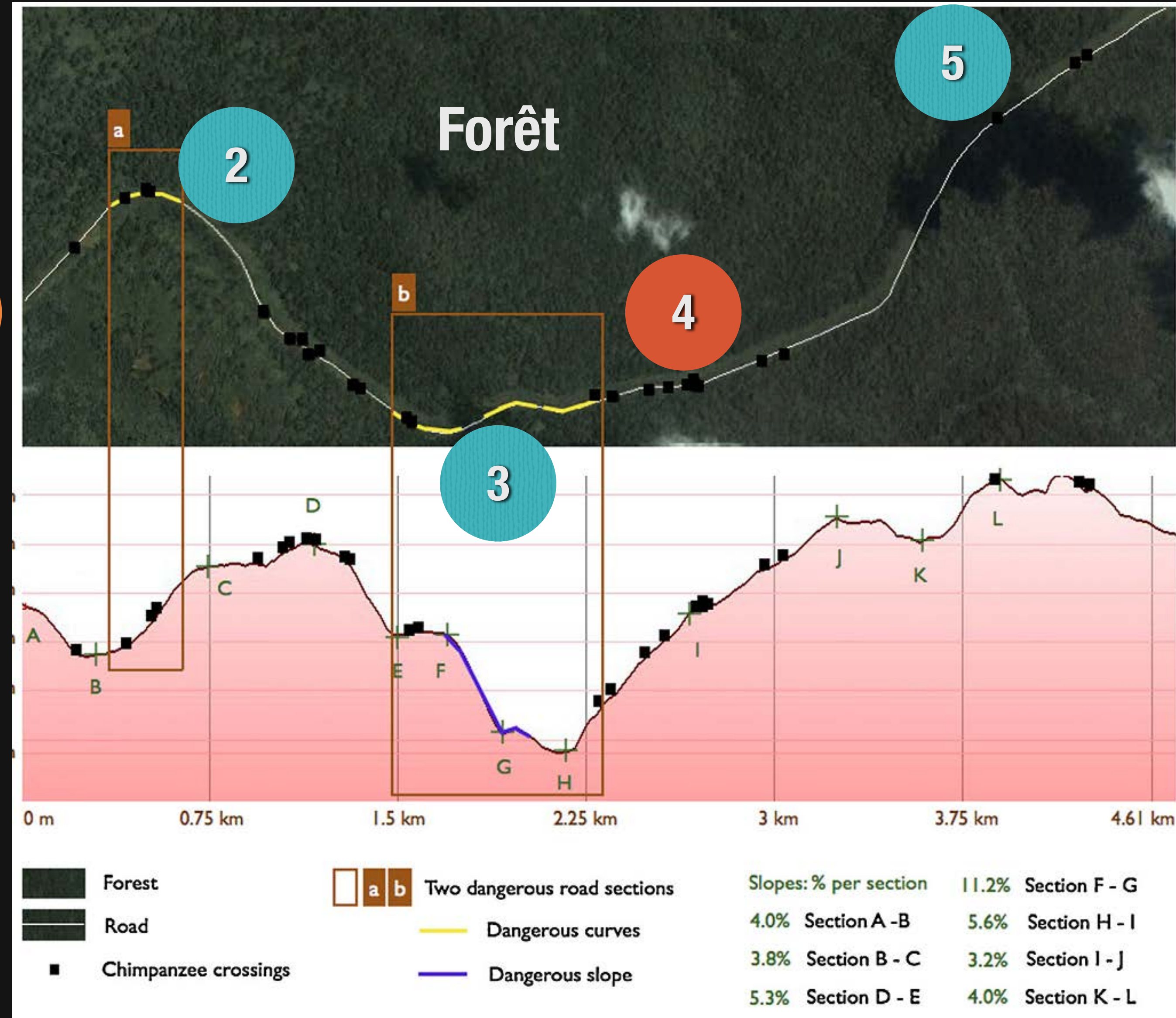


Echantillonnage passif d'air (radiellos)

Ozone
NO2
SO2
Benzène
Toluène
Ethylbenzène
Xylènes

Village

1





Ramassage des déchets plastiques le long des 4 km de route traversant le parc national



Date des ramassages	Nombre de bouteilles de soda	Poids de plastique collecté	Nb de bouteilles/ mois entre 2 collectes
Juillet 2019	3090	92	
Décembre 2019	2406	96	601/month
Mai 2020	1884	70.5	376/month
Juillet 2020	2926	78	1170/month
Total en 1 an	10 306	336.5	

Conclusion

Trois espèces de primates, dont l'homme/espèce menacée d'extinction, touchées par des malformations inexplicables —> Importance de l'approche « One Health »

Contexte de recherche complexe: approche indirecte, multi-disciplinaire mais rigoureuse

—> Un cocktail de polluants dans l'environnement révélé par l'étude de la santé animale

—> Des actions type PE, malformations et troubles comportementaux sur les modèles animaux

Urgence d'agir > < **long process** de la recherche



Collaborations scientifiques

Remerciements

Partenariats financiers

MNHN

DEMENEIX B.
SPIRHZANZLOVA P.
BONNARD J.
LAFOSSE J.
BORTOLAMIOL S.
LACROUX C.



MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE



ECOTOX -LYON

BERNY P.

LNE

LARDY-FONTAN S.
VASLIN-REIMAN S.



WATCHFROG

TINDALL A.

LABORATOIRE
WATCHFROG

LUXEMBOURG INSTITUTE OF HEALTH

BRICE APPENZELLER



MAKERERE UNIVERSITY, UGANDA

GUMISIRIZA F.
WASSWA J.

UGANDA WILDLIFE AUTHORITY

GUMA N.



MC GILL UNIVERSITY, QUEBEC

CHAPMAN C. CHAPMAN L.

photos : JM Krief



Projet pour
la conservation
des grands singes
sabrina-jm-krief.com



Notre projet

Forêt-Faune-Populations en Ouganda

MNHN avec Kinomé/PCGS
Le LNE
et les partenaires ougandais
avec le soutien du FFEM, de la FNH, FPA2



Diminuer le conflit
Homme-faune

déprédation

braconnage



Amélioration de la
gouvernance collective

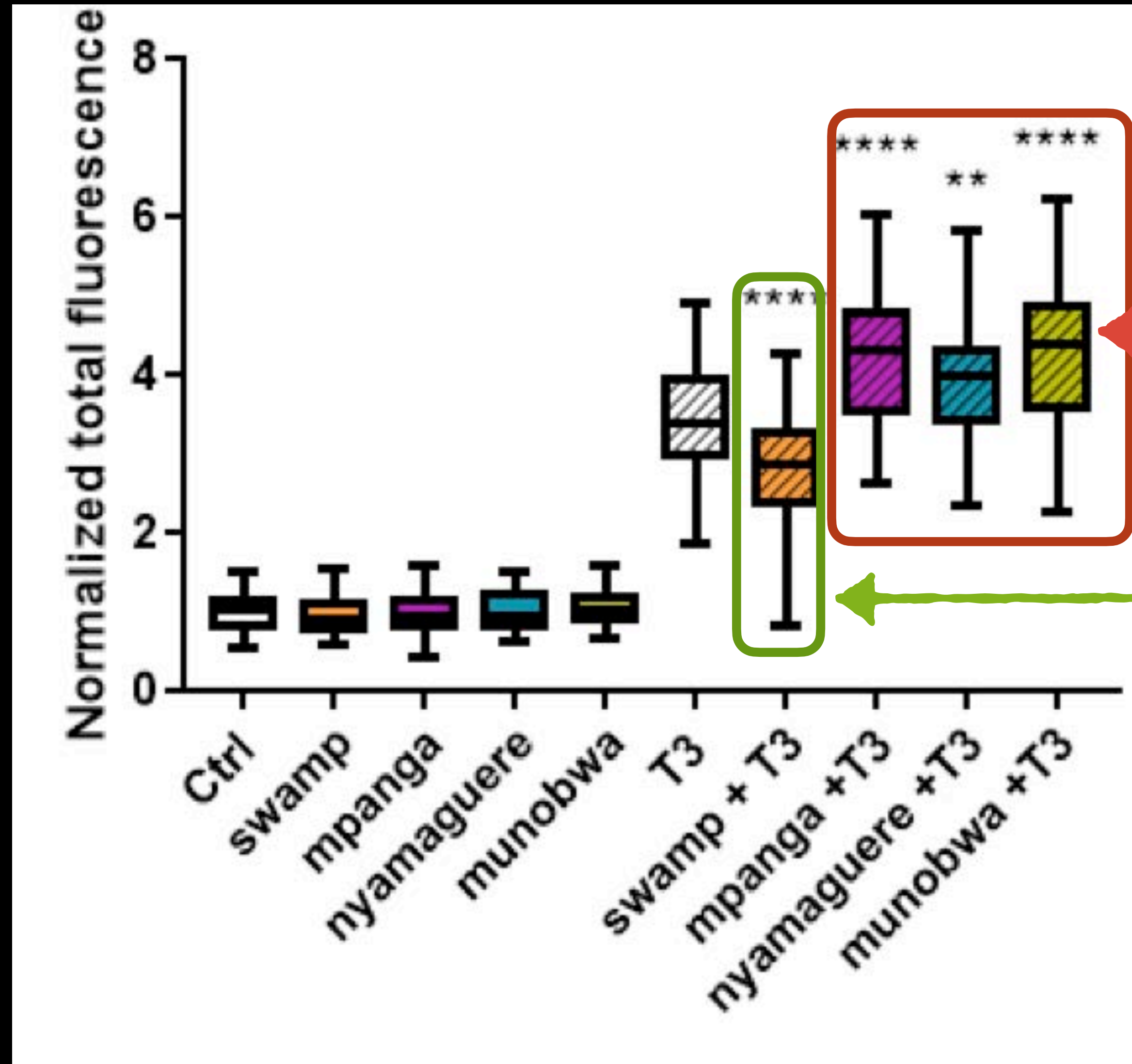
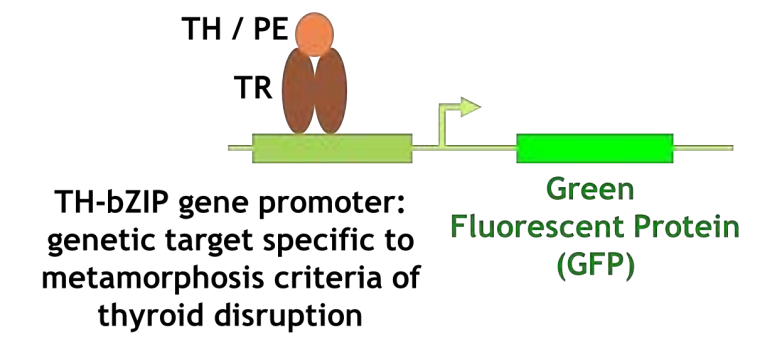


Production BIO et
EQUITABLE

thé, café, ricin, vanille, chili, avocats,
mangues...

Prunus africana, insectes

XETA : eau des rivières et du marécage: perturbations endocriniennes (thyroïdiennes)

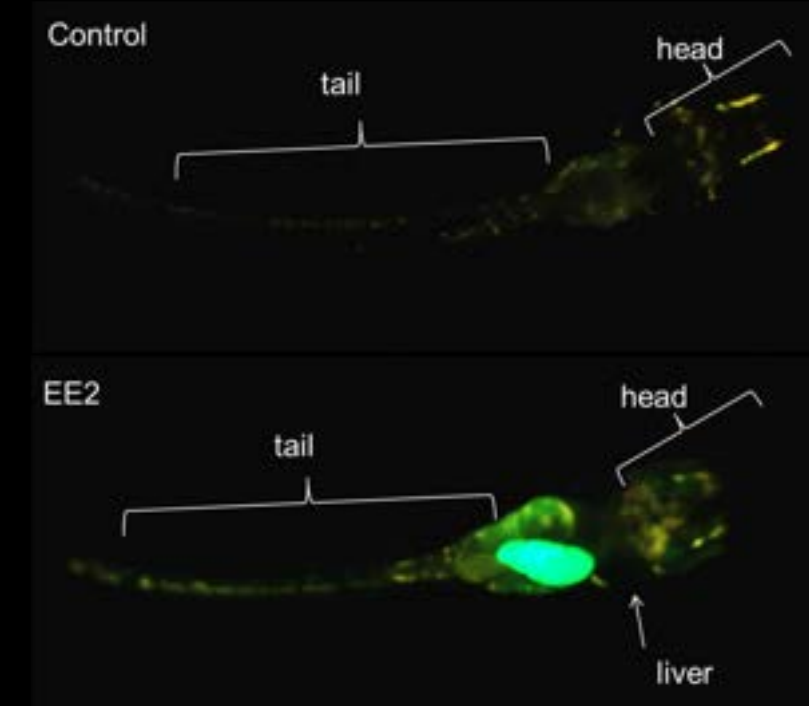


Effet pro-thyroidogénique

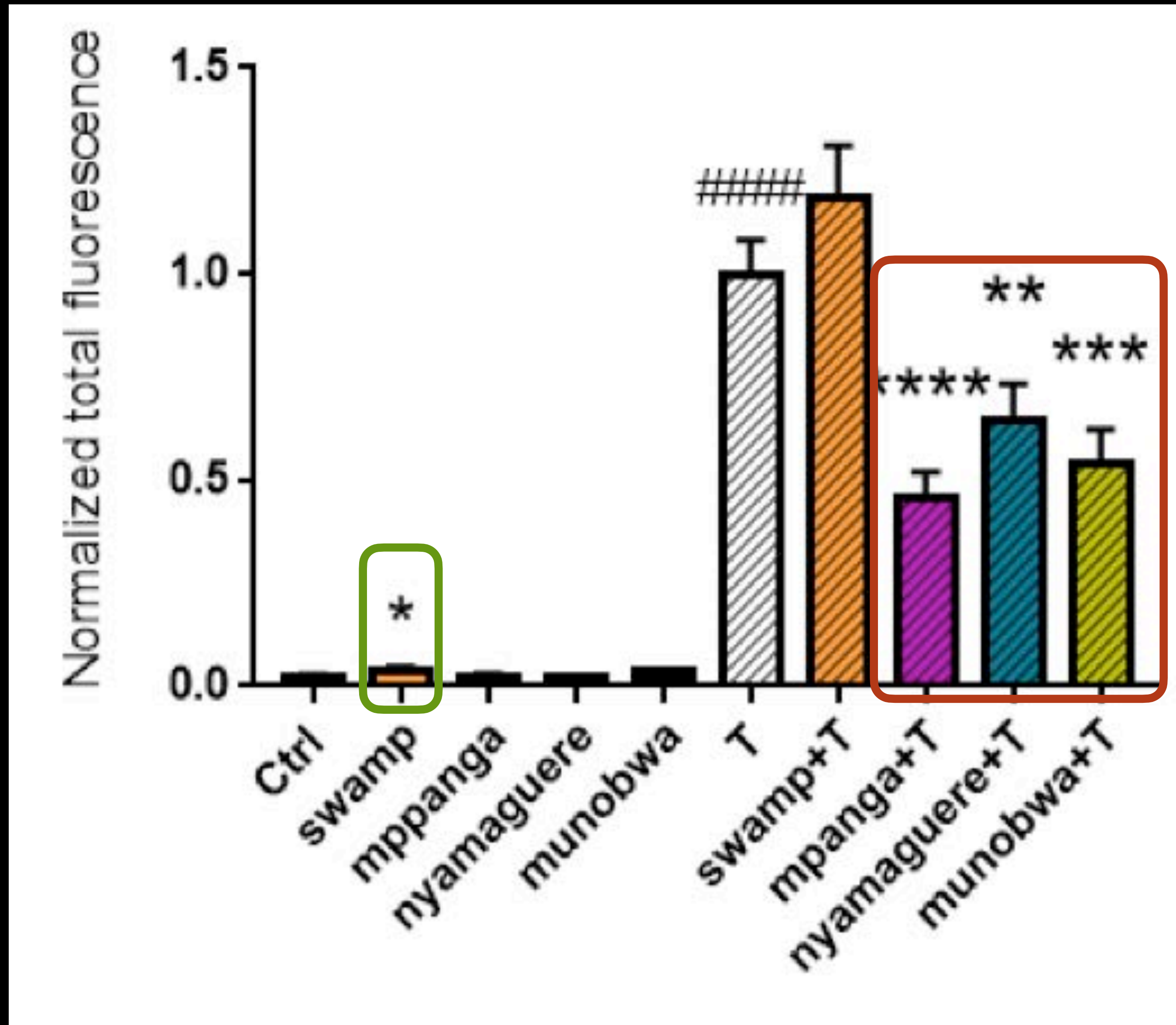
Effet anti-thyroidogénique

n=15/réplicats
3 réplicats indépendants

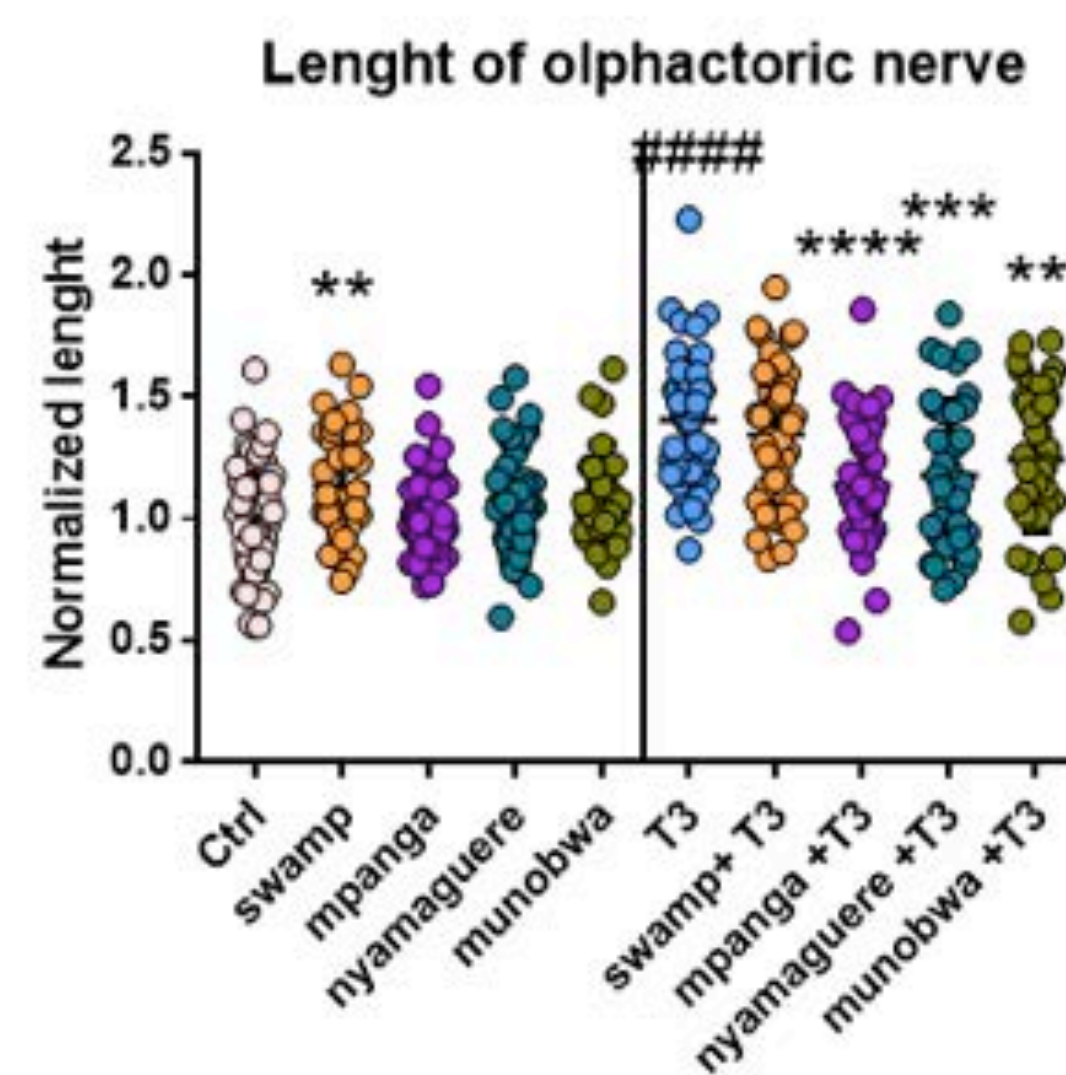
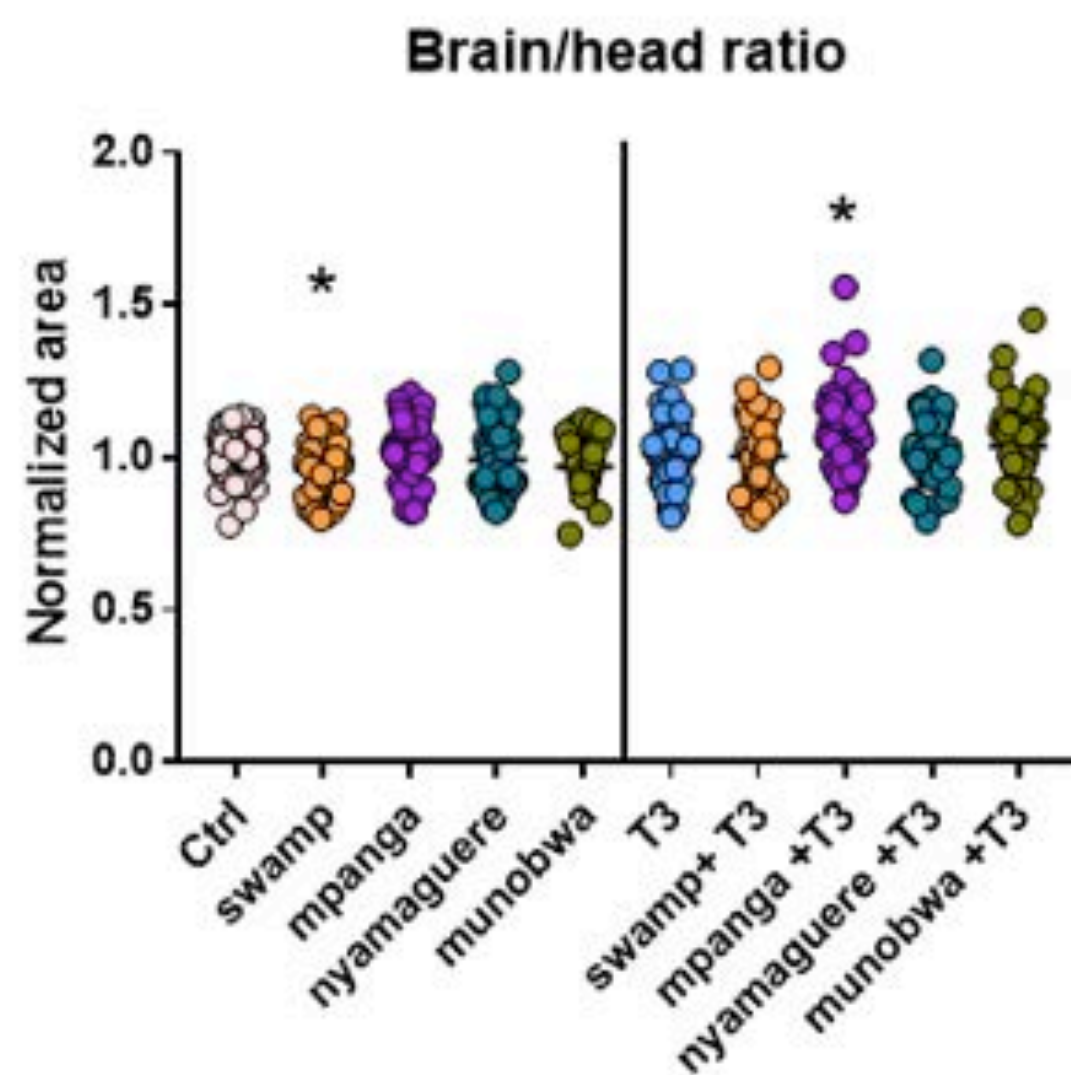
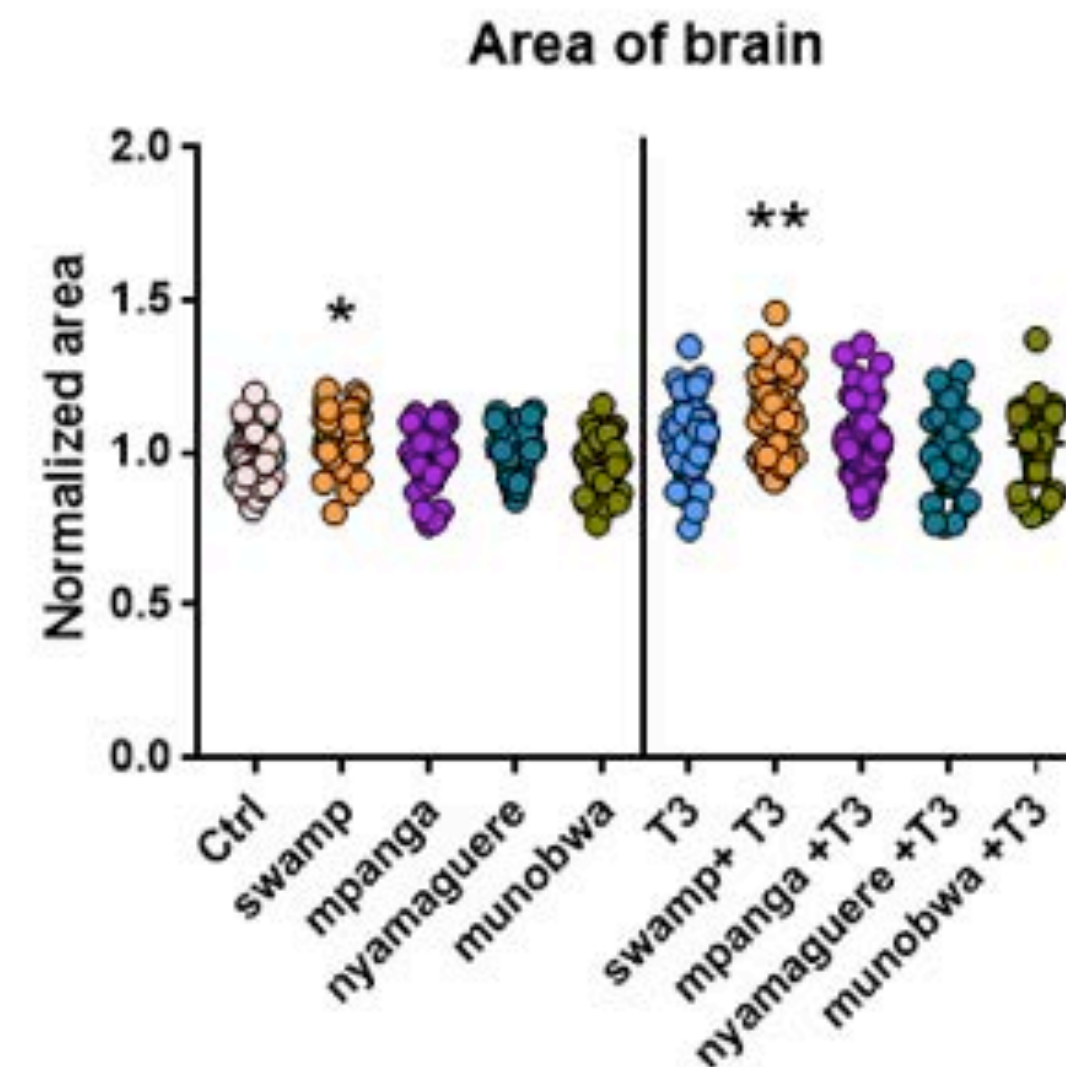
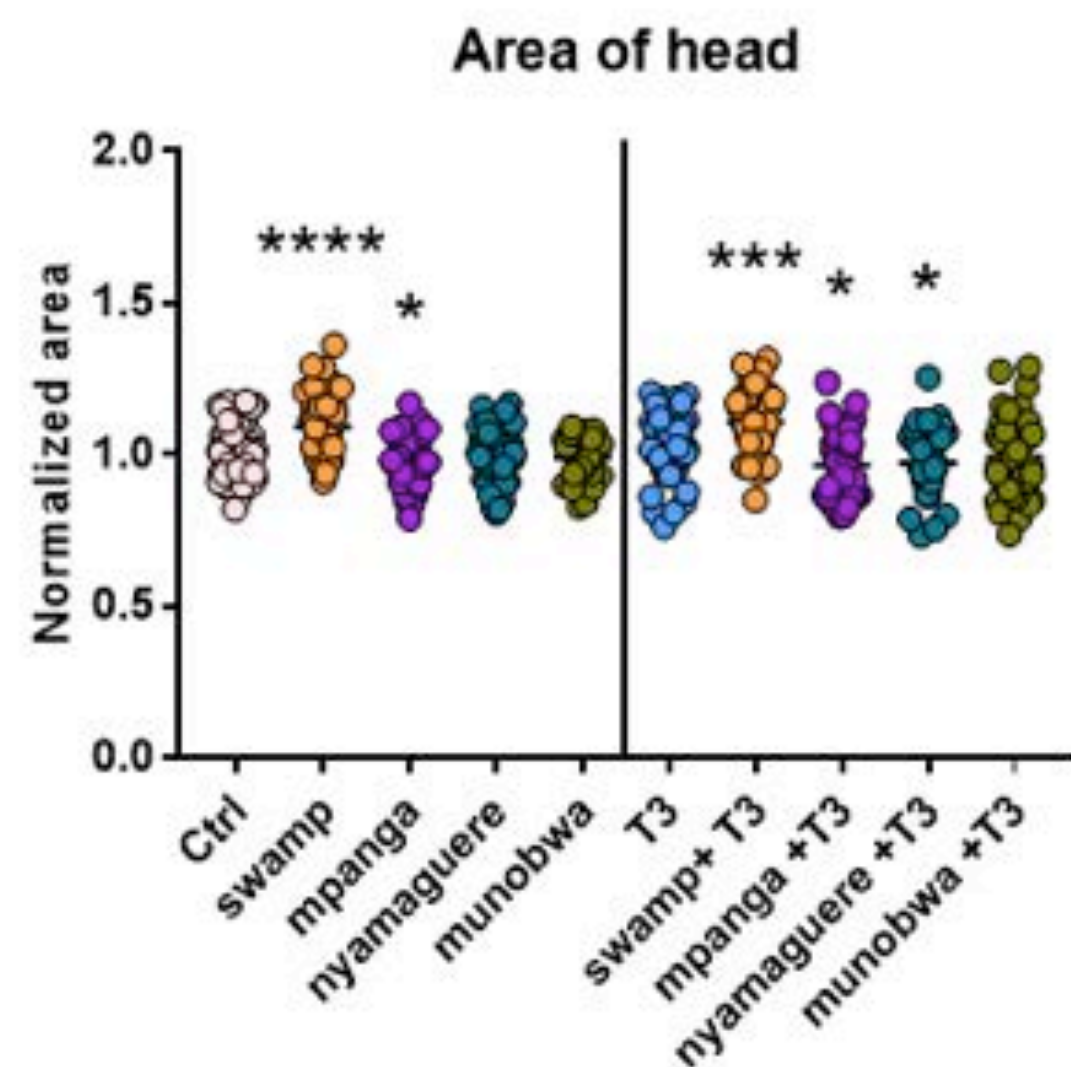
Medaka: activités anti-estrogéniques des rivières



24h of exposure
n=8 per replicate
3 independent replicates

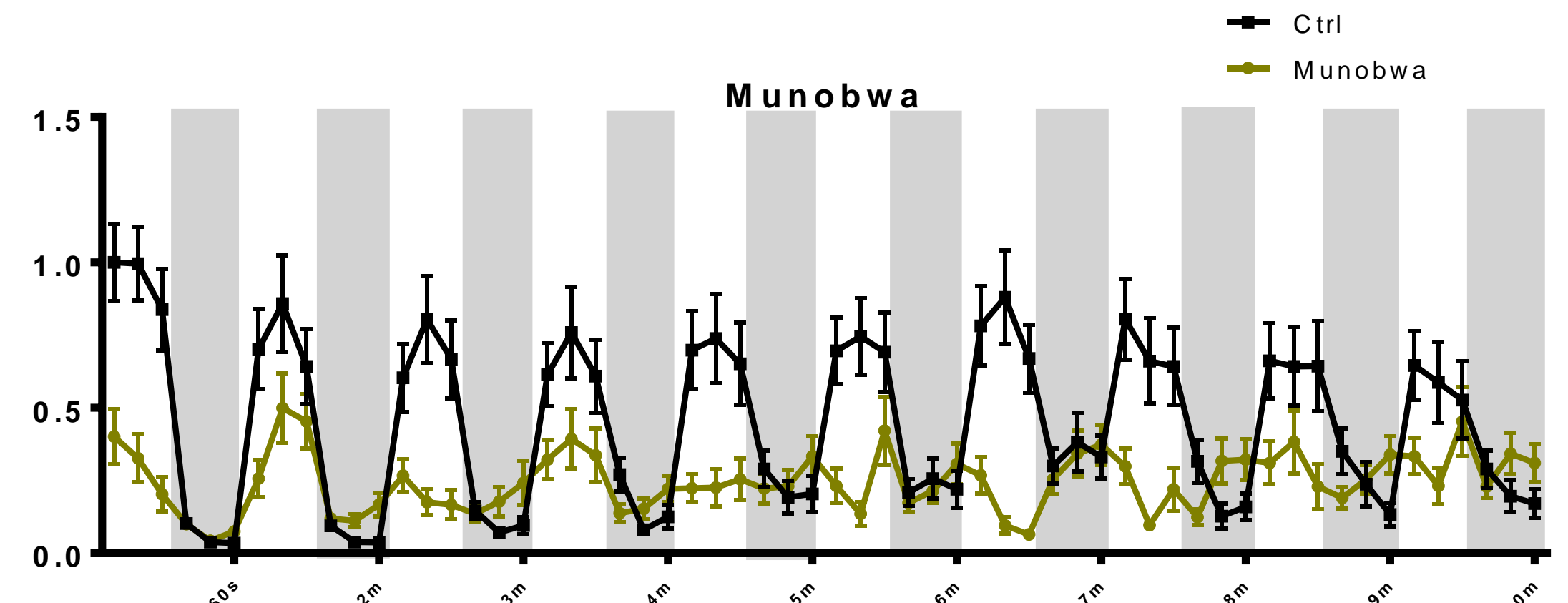
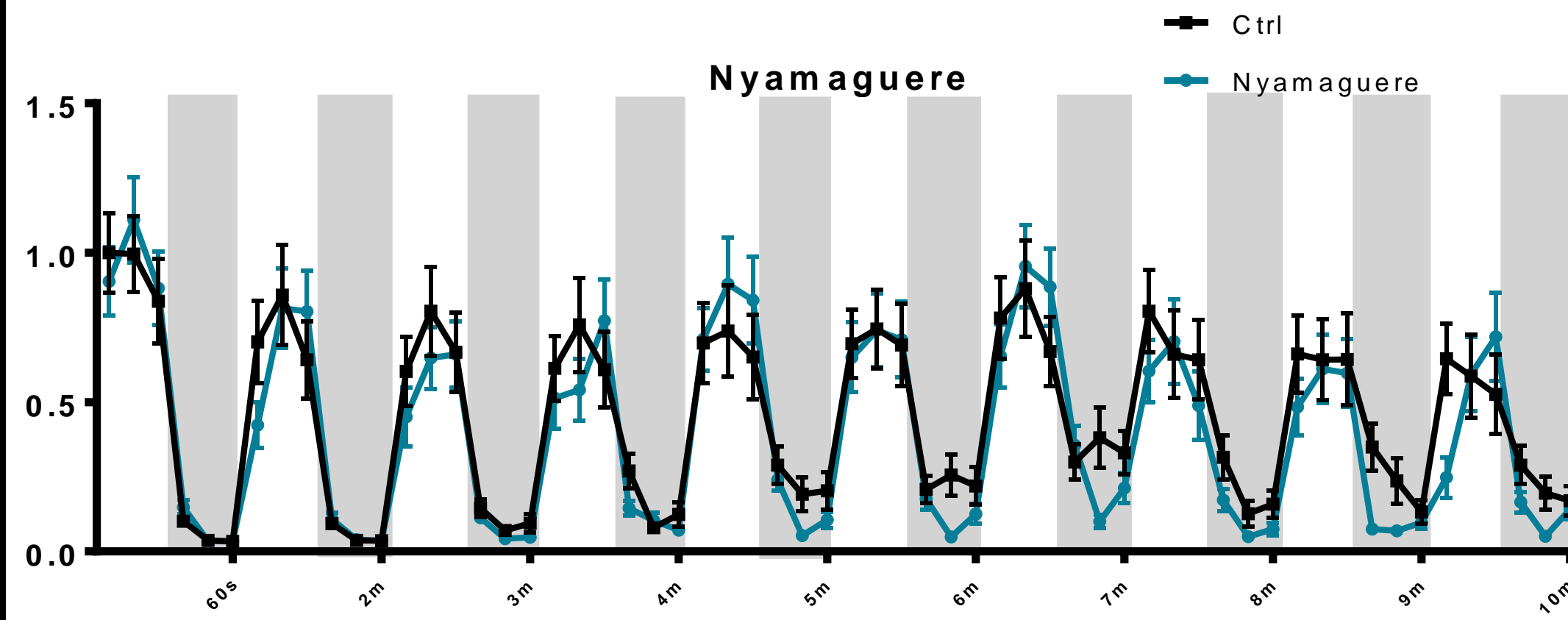
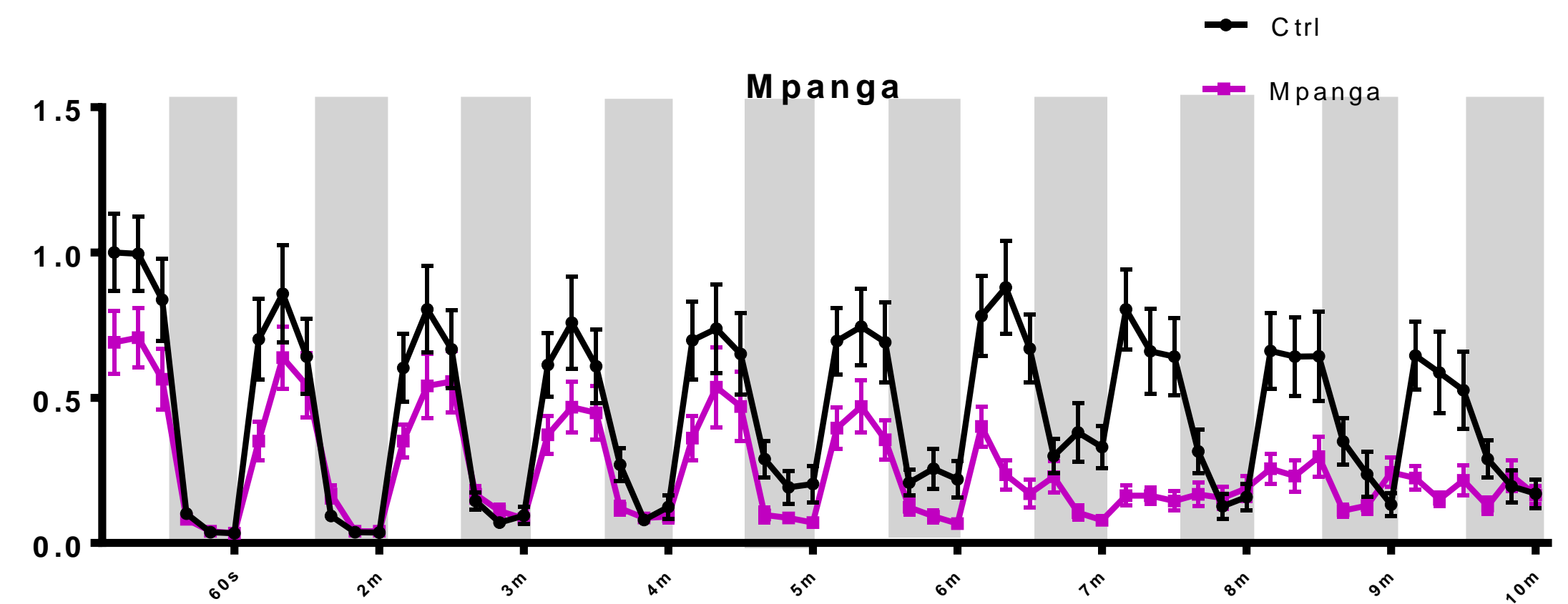
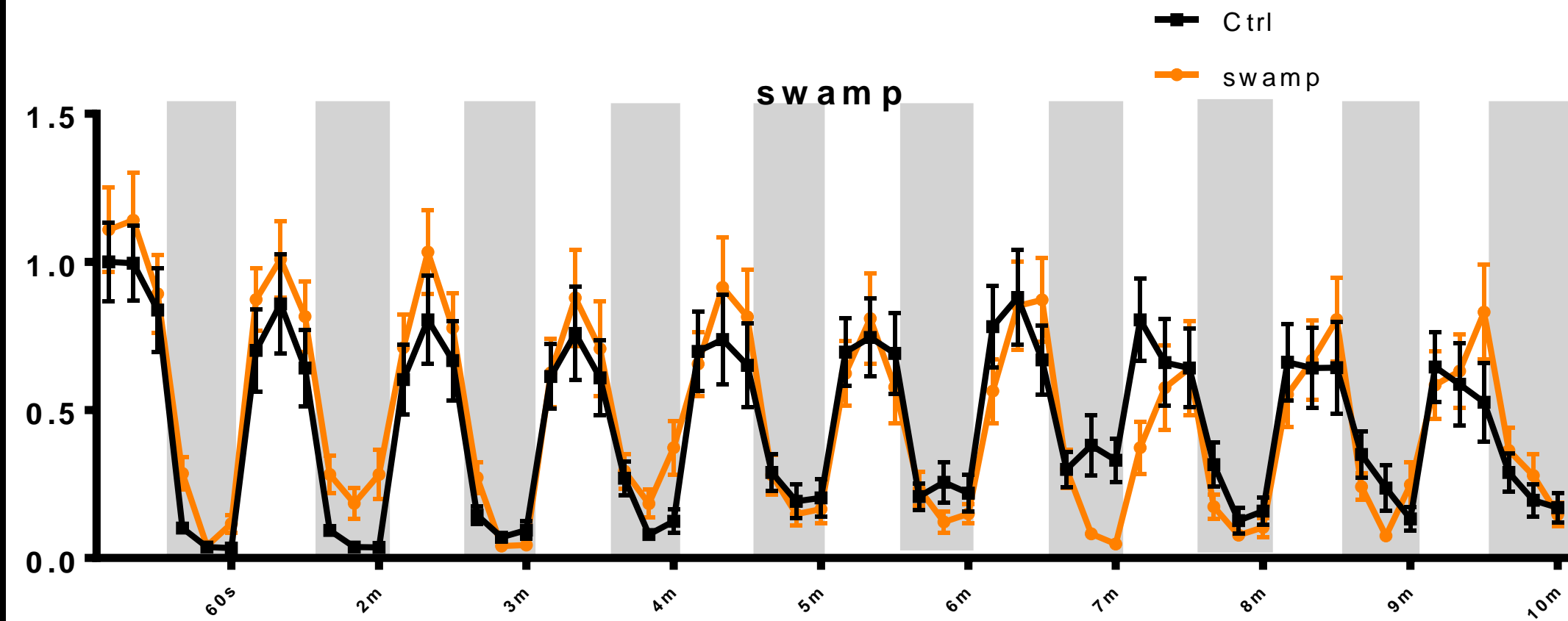


Têtes et cerveaux des têtards exposés



n=15/replicat
3 replicats independants

Mobilité des têtards exposés à l'eau de Sebitoli



N=12, three independent replicates
72h of exposure, 30 sec of light, 30 sec of dark period