



Sciences Economiques et Sociales de la Santé
& Traitement de l'Information Médicale

sesstim.univ-amu.fr

Sokhna DIENG

*Aix Marseille Univ, IRD, Inserm, SESSTIM, Marseille, France
2 Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique, Rennes, France*

**La variation spatio-temporelle des hotspots du paludisme au centre du
Sénégal, 2008-2012**

juin 2019



[Cliquez ici pour voir l'intégralité des ressources associées à ce document](#)

La variation spatio-temporelle des hotspots du paludisme au centre du Sénégal, 2008-2012

Sokhna Dieng

MSc, MPH,

Doctorante en santé publique

SESSTIM (équipe QuantIM)

sokhna.dieng@etu.univ-amu.fr

Directeur de thèse

Pr Jean Gaudart

Webinar QuantIM du 21 juin 2019

<https://sesstim.univ-amu.fr/>

Introduction (1/2)

Contexte

- Paludisme **2017**: 92% (219 millions) des cas et 93% (435 000) des décès → l'Afrique subsaharienne.
- Incidence paludisme Sénégal **2009-2017**: 14 → 26 cas/1000 p.a.
- Hétérogénéité spatiale du paludisme → contribution transmission
Ex: Incidence districts Sénégal en **2017** entre 0.4(St-Louis) et 473.9 cas/1000 p.a (Kédougou).
- Facteurs environnementaux, météorologiques → hétérogénéité du paludisme
- Pertinence de prendre en compte cette hétérogénéité montrée.
- Recommandation OMS développement de stratégies de lutte ciblées.
- Identification précise des zones géographiques à risque +++: **Hotspots**

Introduction (2/2)

- Hotspots instables ou stables dans le temps selon les zones d'étude.
- Instabilité \longleftrightarrow variation spatio-temporelle \longrightarrow efficacité des stratégies de lutttes.
- Facteurs associés à cette variation très peu étudiés.

Objectif général

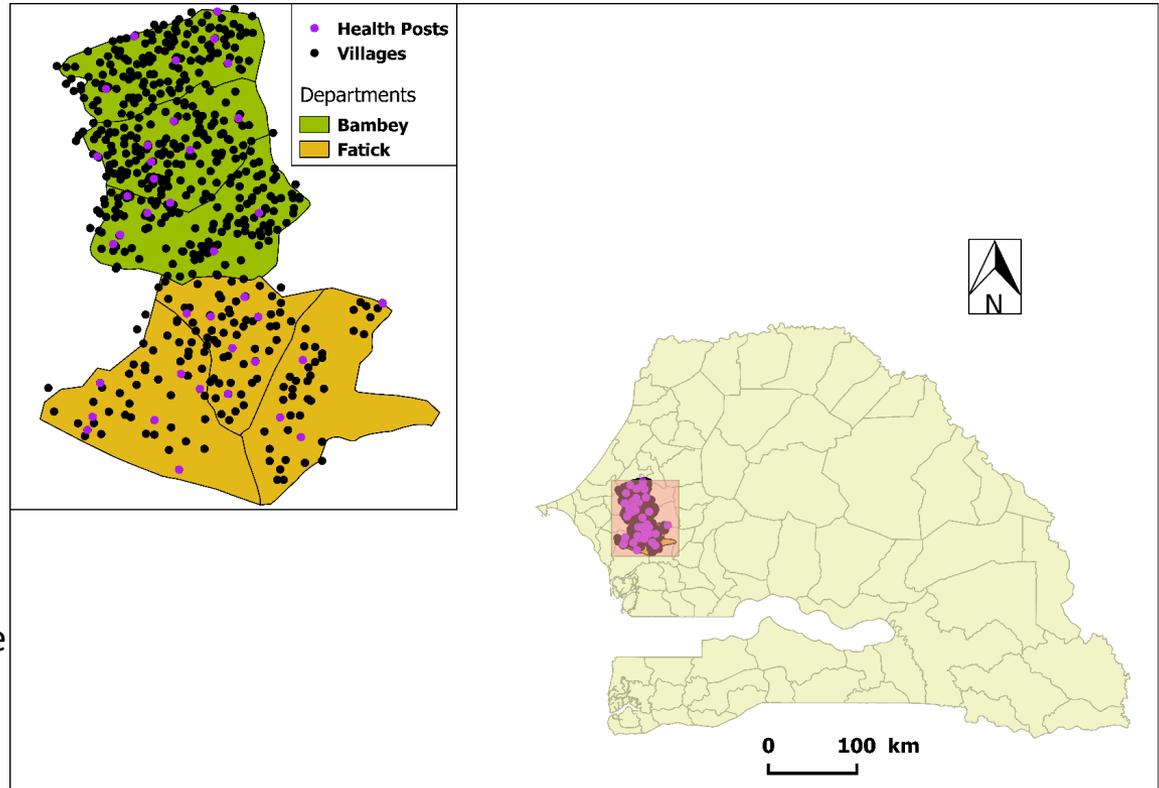
Décrire la variation spatio-temporelle des hotspots du paludisme au centre du Sénégal et ensuite **identifier** les facteurs météorologiques, environnementaux et de prévention qui sont associés à cette variation.

- Déterminer les périodes de transmission du paludisme
- Déterminer les hotspots du paludisme dans chaque période de transmission
- Déterminer les facteurs associés à la variation de ces hostpots de période en période

Méthode(1/3)

- Site d'étude:

- ✓ Plus grand HDSS Sénégal
- ✓ 575 villages
- ✓ Population ~ 523 908 hbts
- ✓ 38 Postes de santé
- ✓ Chimio-prévention saisonnière du paludisme (CPS) 2008-2010



Méthode(2/3)

- **Période:** janvier 2008- décembre 2012

- **Coordonnées géographiques /village**

* Type de végétation:

- ✓ Arbuste (Open shrubland)
- ✓ Prairie (Grassland)
- ✓ Terres cultivées (Cropland)
- ✓ Mixte (Mixed)

Données	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Recueil
Cas paludisme	Semaine	Village	Poste Santé (HDSS Bambey/Fatick)
CPS	Période	Village	Poste Santé (HDSS Bambey/Fatick)
Population	Année	Village	Recensement (HDSS Bambey/Fatick) et projection
Cumul pluie	Semaine	Village	Téledétection (TRMM:Tropical Rainfall Measuring Mission du site NASA Goddard Earth Sciences)
*Type de Végétation	Année	Village	Téledétection (MODIS:Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer)

Method(3/3)

Change point analysis

- Méthode: « **meanvar** » avec algorithme **PELT**(Pruned Exact Linear Time)
- Critère de pénalité: **MBIC** (Modified Bayes Information Criterion)
- Loi statistique de test: **Gamma**

SATSCAN

- Analyse **purement spatiale** dans chaque période avec **distribution Poisson**
- Fenêtre **elliptique** avec coordonnées cartésiennes
- Détection de cluster à haut risque seulement avec **p<0.05**
- Villages hotspot= villages dans clusters à haut risque

GAMM (Generalized additive mixed model)

- $\text{logit}(P(\text{Hotspot}=1)) = \beta_0 + \beta_1 * \text{CPS} + f_1(\text{sem}, \text{by}=\text{Vegetation}) + f_2(\text{pluie}, \text{by}=\text{Vegetation}) + f_3(\text{Longitude}, \text{Latitude}) + u * \text{PosteSante} + \varepsilon$
- Corrélation AR1
- Sélection modèle final par AIC

Logiciels

- R (analyse stat)
- SaTScan (hotspot)
- QGIS (Cartes)

Results(1/5)

Characteristiques périodes basse transmission

- 5 Périodes de basse transmission (LTPs)

(janvier ou fevrier A_n → juillet ou Aout A_n)

- Durée: **21-30 semaines**
- Nombre hotspots: **10-43 villages**
- **Pas de SMC**
- Moyenne cumul pluie: **1.9-10.5 mm/semaine**
- Vegetation : **Mixed and grassland +++**

Characteristiques périodes haute transmission

- 5 Périodes de haute transmission (HTPs)

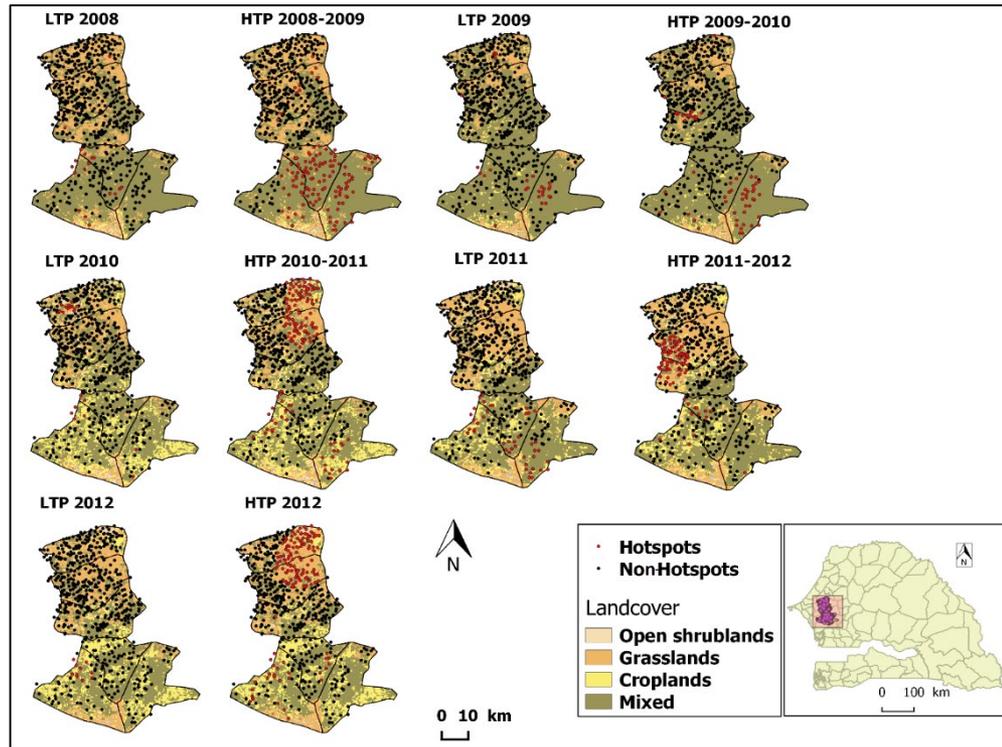
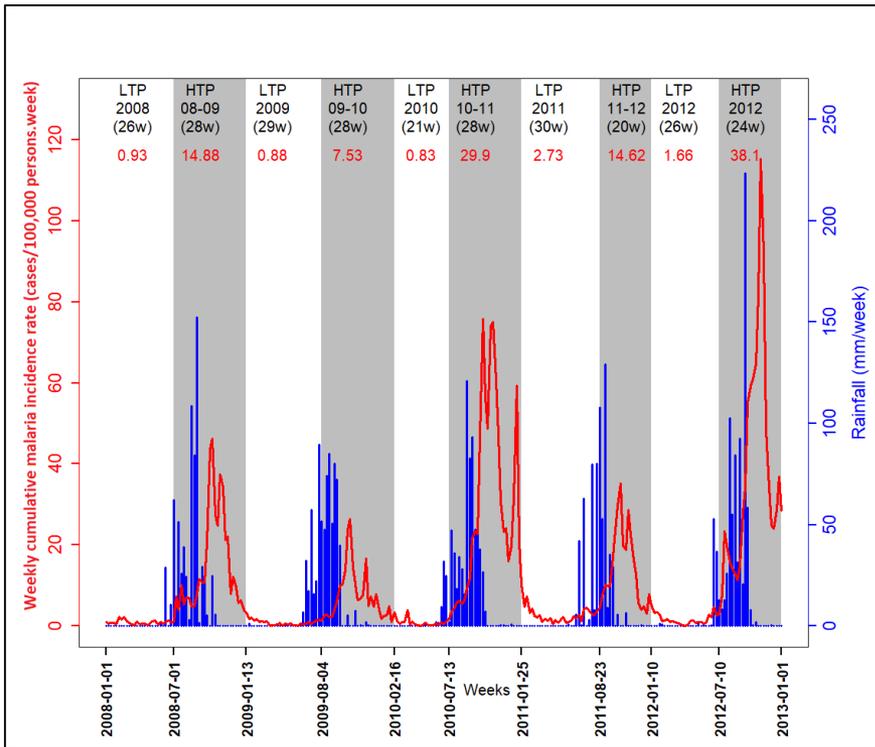
(juillet ou Aout A_n → janvier ou fevrier A_{n+1})

- Durée: **20-28 semaines**
- Nombre hotspots: **62-147 villages**
- **SMC (2008-2010: septembre- decembre)**
- Moyenne cumul pluie: **18.5-31.7 mm/semaine**
- Vegetation : **Mixed and grassland +++**

Results(2/5)

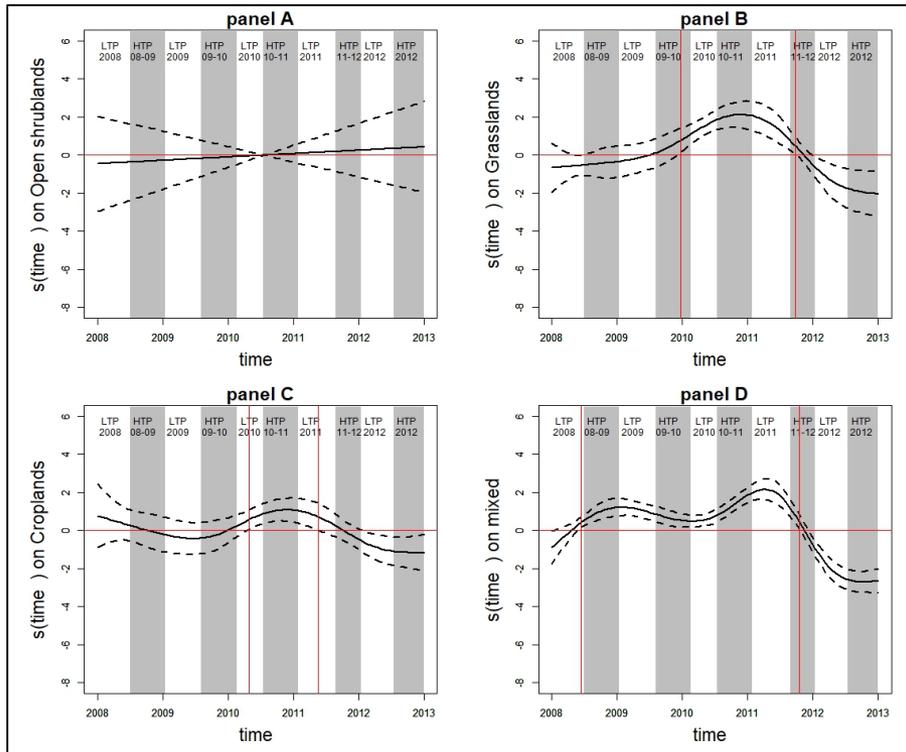
Les périodes de transmission du paludisme

La variation spatio-temporelle des hotspots



Résultats(3/5)

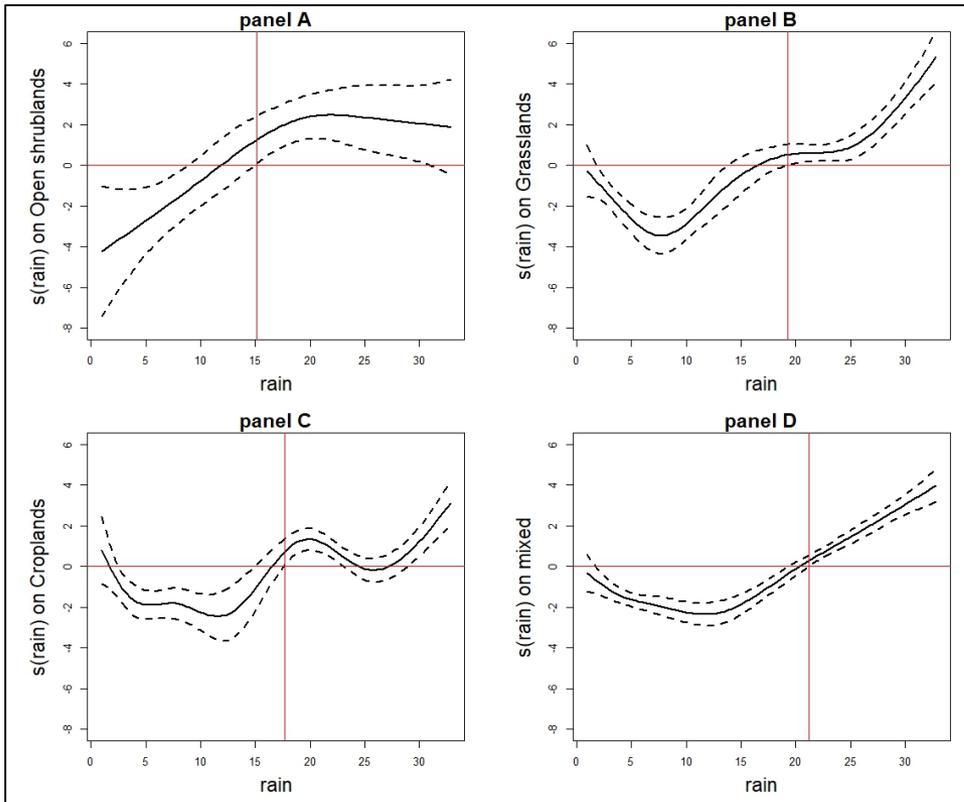
L'évolution temporelle du risque hotspot des villages selon le type de végétation



- **38%** de déviance expliquée par le modèle
- Villages avec **CPS**: moins de risque d'être hotspots (OR=**0.48**, IC95%: 0.33-0.68)
- Villages **Grasslands** à risque entre fin HTP9-10 et début HTP11-12: OR variant entre **1.6**(1.03-2.47)-**8.4**(4.26-16.7)
- Villages **Croplands** à risque entre milieu LTP10 et milieu LTP11: OR variant entre **1.78**(1.07-2.95)-**2.96**(1.62-5.38)
- Villages **Mixed** à risque entre fin LTP8 et début HTP11-12: OR variant entre **1.5**(1.15-2.02)-**8.7**(5.03-15.05)

Résultats(4/5)

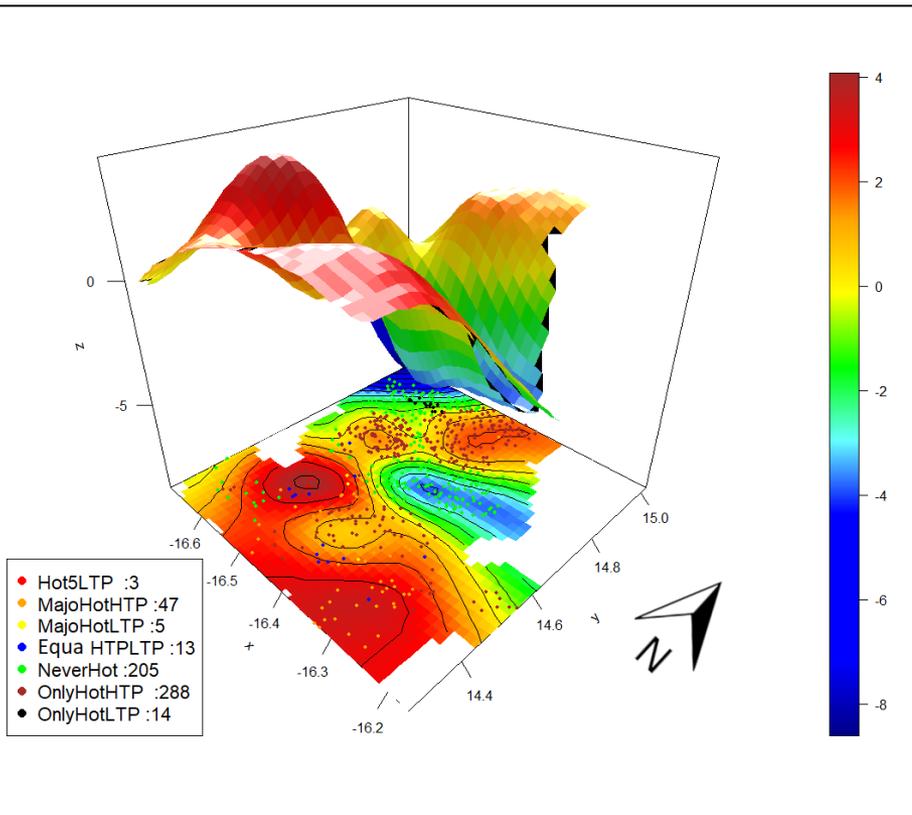
Le risque hotspot des villages selon la quantité de pluie et le type de végétation



- Villages **Open shrub** à risque à partir de **15mm/sem**: OR= **3.5** (1.09-11.34), stable vers 22mm/week **11.87** (3.46-40.75)
- Villages **Grasslands** à risque à partir de **19mm/sem**: OR= **1.7** (1.01-2.83), augmente avec la pluie
- Villages **Croplands** à risque à partir de **18mm/sem**: OR= **2.06** (1.09-3.91), augmente avec la pluie (la baisse entre 23-28mm/sem pas significative)
- OR villages **Mixed**: from **21mm/sem**: OR= **1.33** (1.02-1.75), augmente avec la pluie

Résultats(5/5)

La distribution spatiale du risque hotspot des villages



- **356 villages** (des 575) etaient hotspots au moins 1 fois durant HTPs.
- **82 villages** (des 575) etaient hotspots au moins 1 fois durant LTPs.
- **205 villages** (des 575) n'ont jamais été hotspots.
- **Risque spatial** de hotspot des villages variant entre OR=**1.90** (1.02-3.56) et OR=**60.65** (26.86-136.95)

Discussion et Conclusion (1/2)

- HTPs entre 2 années: agréger et étudier le paludisme avec le calendrier administratif devraient être évités (la même chose trouvée au Mali et au Burkina Fasso)
- Cette étude a montré que l'impact de la pluie sur le paludisme dépend de la quantité de pluie et du type de végétation et ainsi cette interaction modifie la distribution des hotspots (**point nouveau**)
- Malgré l'implémentation des stratégies de lutte et leur efficacité (SMC, MDA, IRS ...), l'incidence du paludisme augmente.
- Les stratégies de lutte sont souvent implémentées au début ou au milieu de la saison pluvieuse qui correspond aux HTPs.
- 3 villages se situant dans la zone la plus à risque (OR=60.65) étaient hotspots durant toutes les LTPs. De tel hotspot persistant peuvent être la source des épidémies saisonnières du paludisme.
- La question des hotspots et des foyers de persistance du paludisme pendant les LTPs devrait être approfondie, de même que la possibilité des stratégies de lutte durant les LTPs.

Discussion et Conclusion (2/2)

- Travail effectué sur des données de qualité d'un essai randomisé avec des échelles spatiales (villages) et temporelles (semaines) très fines.
- Methodes classiques d'analyse spatiale et temporelle:
 - ✓ méthodologie permettant de déterminer les facteurs associés à la variation spatio-temporelle des hotspots
 - ✓ estimation du risque hotspot variant dans le temps et dans l'espace.
- Etude impact interaction entre la pluie et la végétation sur le risque hotspot:
 - ✓ estimation du risque hotspot dépendant de la quantité de pluie et de la végétation
 - ✓ Possible pour d'autres facteurs environnementaux, météorologiques etc.
- Végétation et pluie eues par télédétection: données observées mieux.
- Données socio-economiques pas disponibles.

Remerciements

- **SESSTIM**, Marseille France: Laboratoire de recherche
- **RDSP** animé par **EHESP**, Rennes France : Financement thèse
- **IRD** Dakar, Sénégal : Collaboration
- **London school** of hygiene and tropical medicine, Londres, UK: Collaboration
- **Co-auteurs:**
 - ✓ **El Hadj Ba, Badara Cissé, Cheikh Sokhna** : IRD, Dakar, Sénégal
 - ✓ **Kankoe Sallah**: Aix Marseille Univ, IRD, INSERM, SESSTIM, Marseille, France & AP-HP, Hôpital Bichat, Unité de Recherche Clinique PNVS, Paris, France
 - ✓ **Abdoulaye Guindo**: Aix Marseille Univ, IRD, INSERM, SESSTIM, Marseille, France & Malaria Research and Training Center – Ogobara K Doumbo, Bamako, Mali
 - ✓ **Boukary Ouedraogo**: Aix Marseille Univ, IRD, INSERM, SESSTIM, Marseille, France & Direction des Systèmes d'Information en santé, Ministère de la santé, Ouagadougou, Burkina Faso
 - ✓ **Martine Piarroux**: French Armed Forces Center for Epidemiology and Public Health (CESPA), Marseille, France
 - ✓ **Stanislas Rebaudet**: APHM, Assistance Publique - Hôpitaux de Marseille, Marseille, France & Hôpital Européen, Marseille, France
 - ✓ **Renaud Piarroux**: Sorbonne Université, INSERM, Institut Pierre-Louis d'Epidémiologie et de Santé Publique, AP-HP, Hôpital Pitié-Salpêtrière, Paris, France
 - ✓ **Jordi Landier**: Aix Marseille Univ, IRD, INSERM, SESSTIM, Marseille, France
 - ✓ **Paul Milligan**: London school of hygiene and tropical medicine, Londres, UK
 - ✓ **Jean Gaudart**: Aix Marseille Univ, APHM, INSERM, IRD, SESSTIM, Hop Timone, BioSTIC, Biostatistic & ICT, Marseille, France

Références

- World Health Organization. World malaria report 2018. 2018. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275867/9789241565653-eng.pdf?ua=1>. Accessed 5 Feb 2019.
- PNLP Senegal <http://www.pnlp.sn/>
- Landier J, Rebaudet S, Piarroux R, Gaudart J. Spatiotemporal analysis of malaria for new sustainable control strategies. *BMC Medicine*. 2018;16. doi:10.1186/s12916-018-1224-2.
- Bousema T, Griffin JT, Sauerwein RW, Smith DL, Churcher TS, Takken W, et al. Hitting Hotspots: Spatial Targeting of Malaria for Control and Elimination. *PLoS Medicine*. 2012;9:e1001165. doi:10.1371/journal.pmed.1001165.
- Bejon P, Williams TN, Liljander A, Noor AM, Wambua J, Ogada E, et al. Stable and Unstable Malaria Hotspots in Longitudinal Cohort Studies in Kenya. *PLOS Medicine*. 2010;7:e1000304. doi:10.1371/journal.pmed.1000304
- Bousema T, Drakeley C, Gesase S, Hashim R, Magesa S, Mosha F, et al. Identification of Hot Spots of Malaria Transmission for Targeted Malaria Control. *J Infect Dis*. 2010;201:1764–74. doi:10.1086/652456
- Sokhna C, Cissé B, Bâ EH, Milligan P, Hallett R, Sutherland C, et al. A Trial of the Efficacy, Safety and Impact on Drug Resistance of Four Drug Regimens for Seasonal Intermittent Preventive Treatment for Malaria in Senegalese Children. *PLOS ONE*. 2008;3:e1471. doi:10.1371/journal.pone.0001471.
- Cissé B, Ba EH, Sokhna C, NDiaye JL, Gomis JF, Dial Y, et al. Effectiveness of Seasonal Malaria Chemoprevention in Children under Ten Years of Age in Senegal: A Stepped-Wedge Cluster-Randomised Trial. *PLOS Medicine*. 2016;13:e1002175. doi:10.1371/journal.pmed.1002175.
- Martiny N, Dessay N, Yaka P, Toure O, Sultan B, Rebaudet S, et al. Le climat, un facteur de risque pour la santé en Afrique de l’Ouest. *La Météorologie*. 2012; Spécial AMMA:73–79. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00757107/>. Accessed 12 Sep 2017.

Références

- Sissoko MS, Sissoko K, Kamate B, Samake Y, Goita S, Dabo A, et al. Temporal dynamic of malaria in a suburban area along the Niger River. *Malaria Journal*. 2017;16:420. doi:10.1186/s12936-017-2068-5
- Ouedraogo B, Inoue Y, Kambiré A, Sallah K, Dieng S, Tine R, et al. Spatio-temporal dynamic of malaria in Ouagadougou, Burkina Faso, 2011–2015. *Malar J*. 2018;17. doi:10.1186/s12936-018-2280-y.
- McKay HS, Lessler J, Moore SM, Azman AS. What is a Hotspot Anyway? *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2017;96:1270–3. doi:10.4269/ajtmh.16-0427.
- World Health Organization, Global Malaria Programme, World Health Organization. A framework for malaria elimination. 2017. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/254761/1/9789241511988-eng.pdf>. Accessed 18 Sep 2017.
- Killick R, Eckley I. changepoint: An R package for changepoint analysis. *Journal of Statistical Software*. 2014;58:1–19. <http://eprints.lancs.ac.uk/51975/>. Accessed 14 Sep 2017
- Kulldorff M. A spatial scan statistic. *Communications in Statistics - Theory and Methods*. 1997;26:1481–96. doi:10.1080/03610929708831995.
- Wood SN. *Generalized additive models: an introduction with R*. CRC press; 2017
- Package R: mgcv, changepoint