



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

sesstim.univ-amu.fr

**Florian GIROND**

*Institut Pasteur de Madagascar, Antananarivo, Madagascar - UMR 228 ESPACE-DEV (IRD, UAG, UM, UR), Station SEAS-OI, Saint-Pierre, La Réunion, France - Southern Africa Malaria Elimination Eight (E8) Secretariat Initiative*

**Mise en place d'un système d'information géographique pour la détection précoce et la prédiction des épidémies de paludisme à Madagascar**

décembre 2017



**Cliquez ici pour voir l'intégralité des ressources associées à ce document**



Mise en place d'un système d'information géographique pour  
la détection précoce et la prédiction des épidémies de  
paludisme à Madagascar

**Florian Girond**

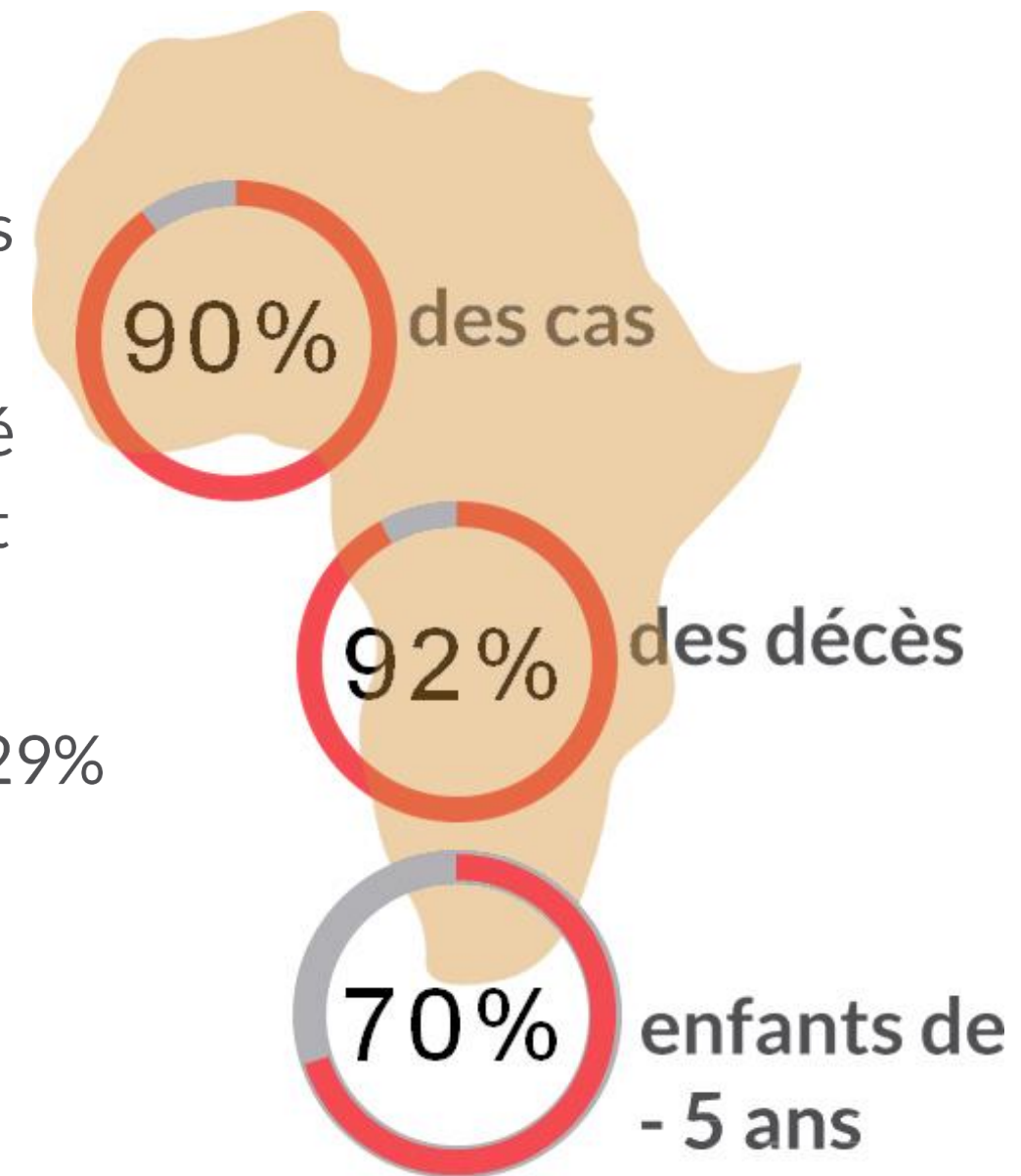
Institut Pasteur de Madagascar  
Southern Africa Malaria Elimination 8



# Le paludisme, problème de santé publique



- Maladie parasitaire à transmission vectorielle
- En 2015, environ 212 millions de cas et 429 000 décès
- Au niveau mondial, l'incidence du paludisme a diminué de 41 % entre 2000 et 2015, et de 21 % entre 2010 et 2015.
- Baisse du taux de mortalité par paludisme de plus de 29% à l'échelle mondiale depuis 2010.



# Les interventions de contrôle du paludisme

## La lutte anti-vectorielle

**MILD**

Moustiquaires imprégnées d'insecticide à effet longue durée

**CAID**

Campagne d'aspersion intra-domiciliaire d'insecticide à effet rémanent

## Traitement et diagnostic

**TDR**

Test de Diagnostic Rapide

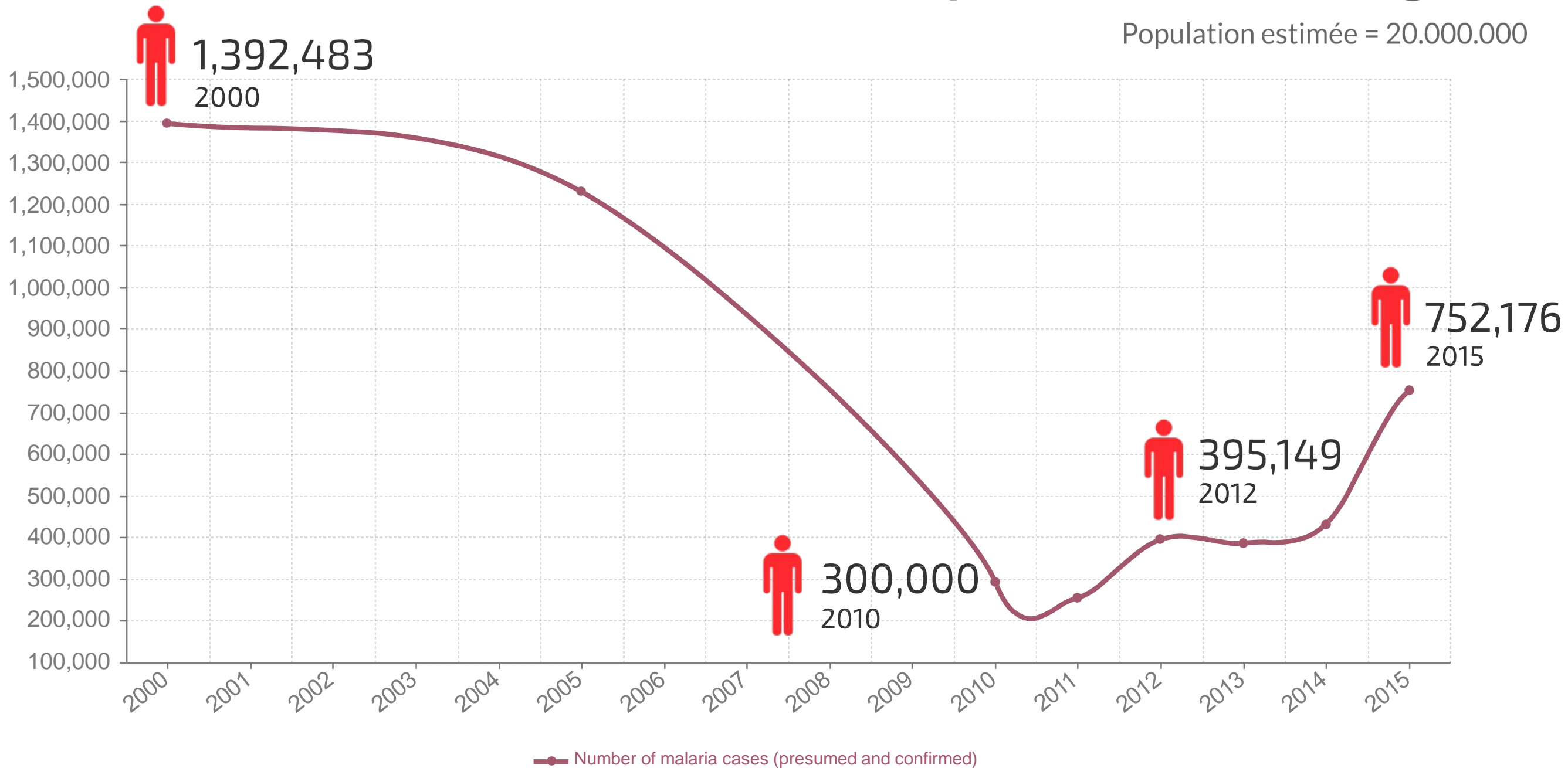
**ACT**

Thérapies combinées à base d'artémisinine



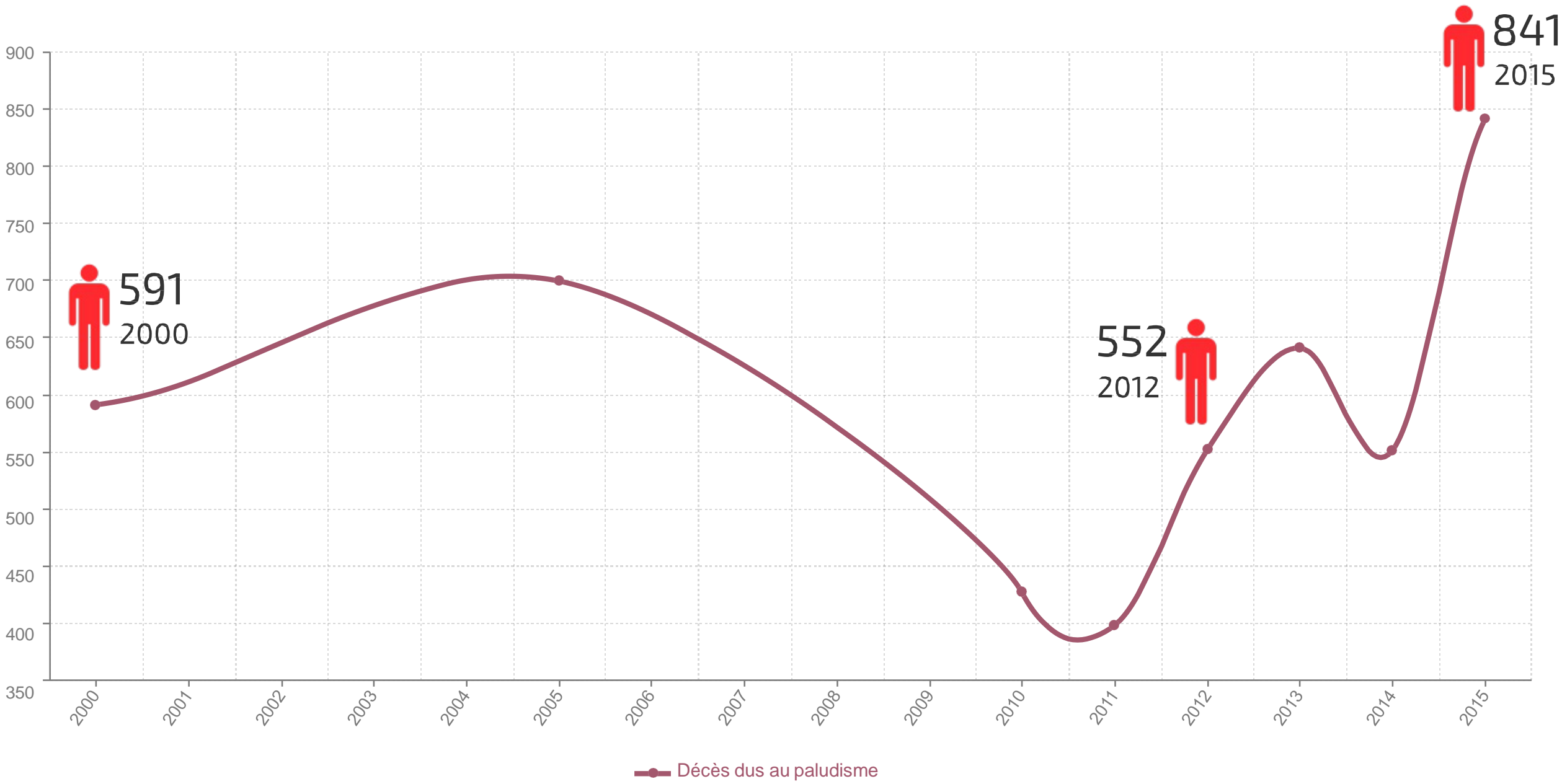
# Nombre de cas de paludisme à Madagascar

Population estimée = 20.000.000



Source: World Malaria Report 2016

# Nombre de décès dus au paludisme à Madagascar



Source: World Malaria Report 2016

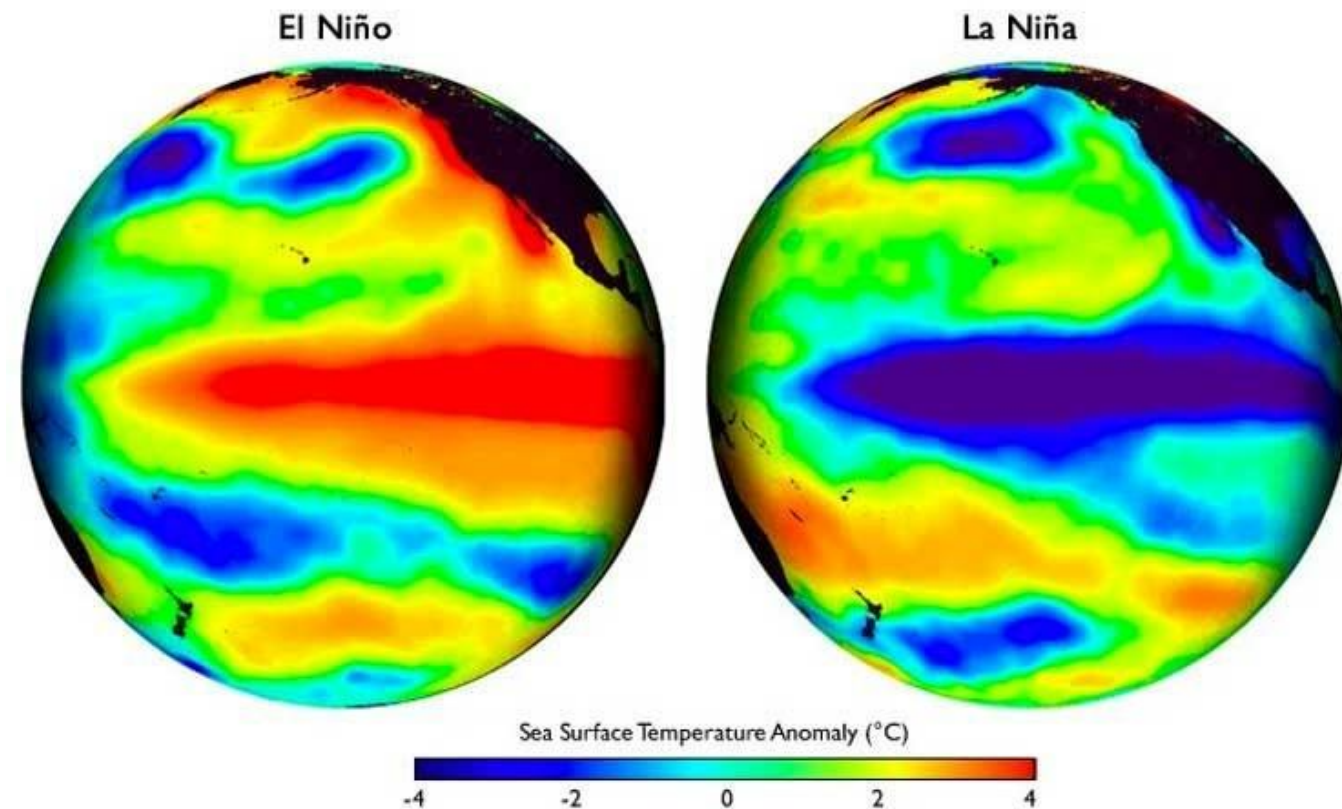
# Objectifs

- Mise en place d'un système d'alerte précoce des épidémies de paludisme
- Evaluer les capacités prédictives du système dans un cadre opérationnel
- Evaluer la durabilité de l'efficacité des campagnes de distribution de masse de  
MILD

# Systeme d'alerte precoce

- Systeme de detection precoce
- Systeme d'alerte precoce
- Systeme de prediction a long terme

Ordre programmatique



# Systeme de detection precoce

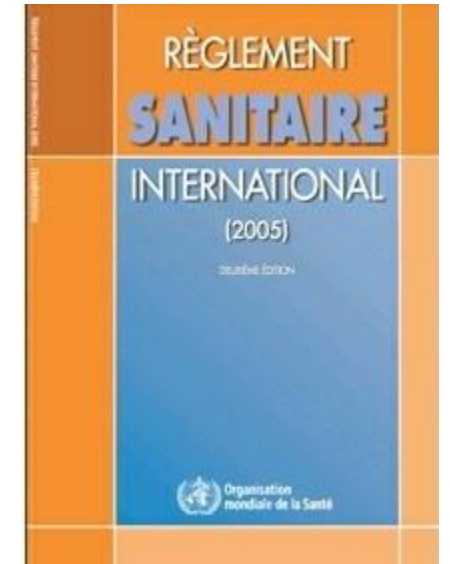
## Systeme de surveillance du paludisme

- Changements dans l'incidence de la maladie au niveau local en s'appuyant sur des systemes de surveillance de sante publique.
- Mise a disposition et analyse des donnees de haute qualite dans des delais adaptes
- Les systemes de surveillance de sante publique sont, dans de nombreux pays, faibles et fragmentes.
- A defaut d'un systeme national de surveillance efficace, ces systemes peuvent s'appuyer sur des systemes de surveillance sentinelle.

# Systeme de surveillance sentinelle à Madagascar

Menaces pour la santé publique de maladies infectieuses au niveau mondial

- SRAS en 2003
- Dengue et Chikungunya en 2006
- Systemes de surveillance et d'intervention efficaces
- Collaboration entre le gouvernement de Madagascar et l'Institut Pasteur de Madagascar (IPM)
- Réseau de surveillance sentinelle afin d'améliorer la détection et la prise en charge rapide des maladies à potentiel épidémique





# Systeme de surveillance sentinelle

Centres de santé pré-existants

Implémentation progressive depuis 2007

2007 : 6 sites

2011 : 34 sites

■ 13 sites faciès de transmission de l'Ouest

■ 7 dans l'Est

■ 5 dans les marges

■ 7 dans les Hautes-Terres Centrales (HTC)

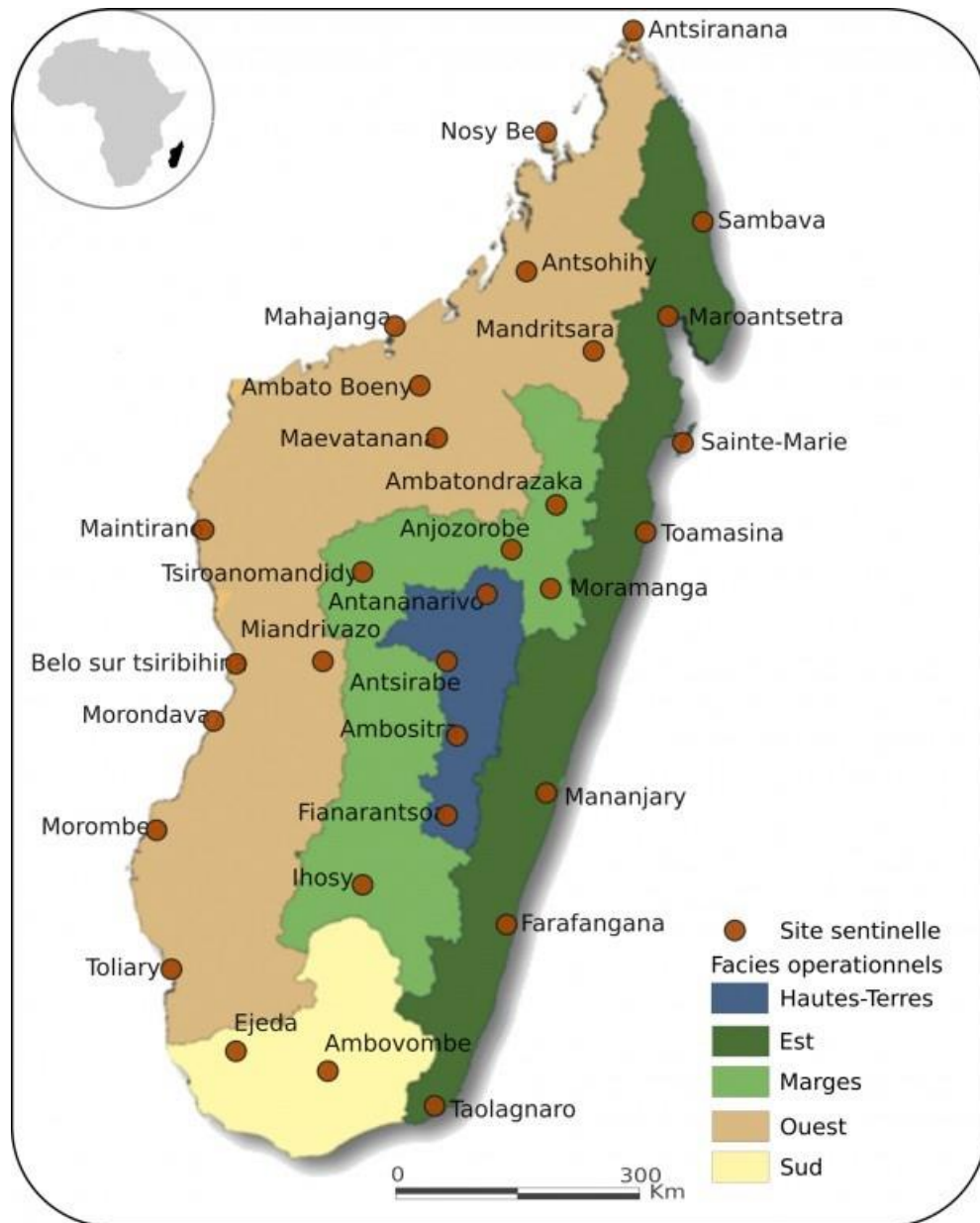
■ 2 dans le Sud

■ Saison de faible transmission (Juin à Octobre)

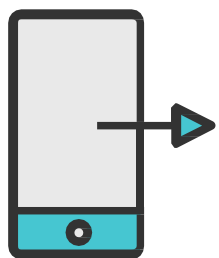
■ Saison de moyenne transmission ( Novembre à Mars)

■ Saison de forte transmission (Avril à Mai)

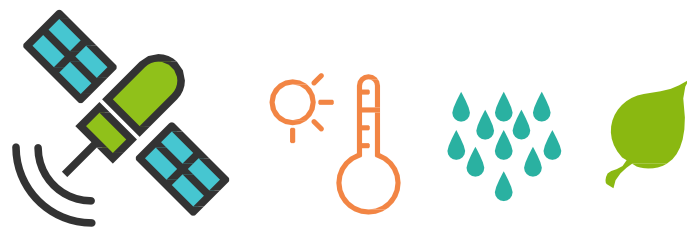
★ Pic de pluviométrie ( Janvier - Février)



Notifications des sites sentinelles



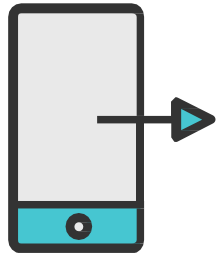
Données météorologiques et environnementales



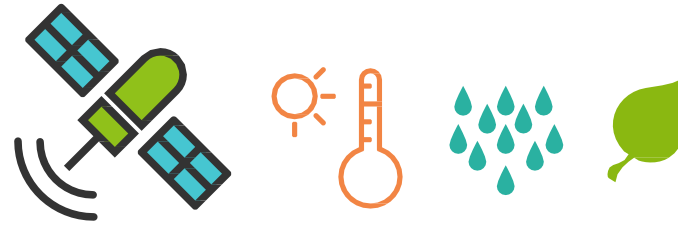
MILD  
CAID



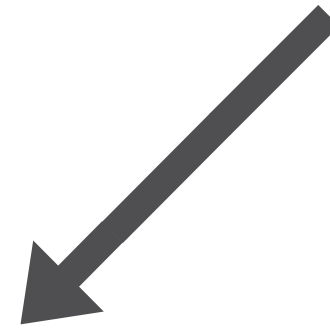
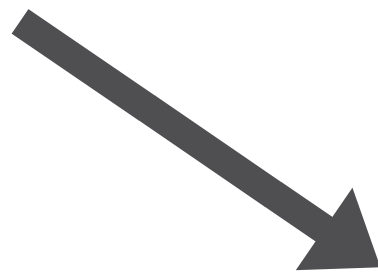
Notifications des sites sentinelles



Données météorologiques et environnementales



LLINs  
IRS

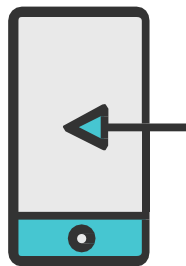


Analyse automatique de  
détection des tendances et  
des épidémies

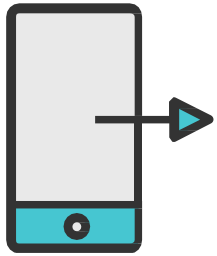
Interface web  
interactive



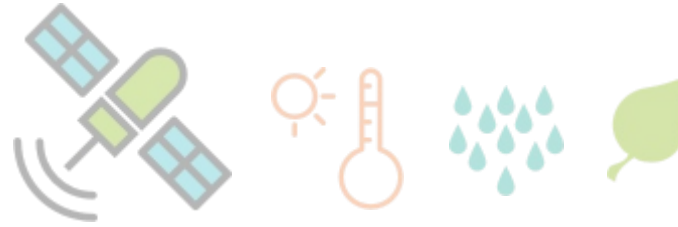
Rapport automatisé  
envoyé par SMS



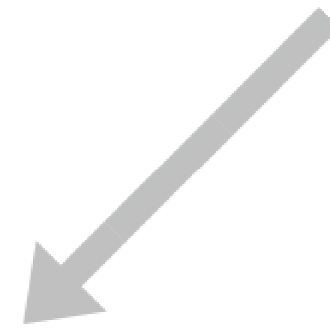
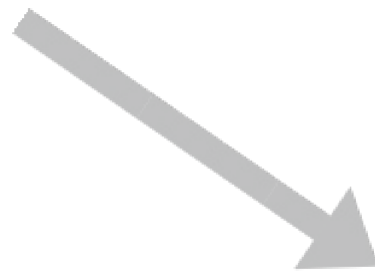
Notifications des sites sentinelles



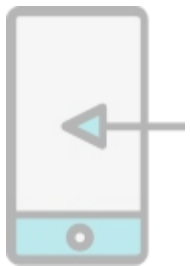
Données météorologiques et environnementales



LLINs  
IRS



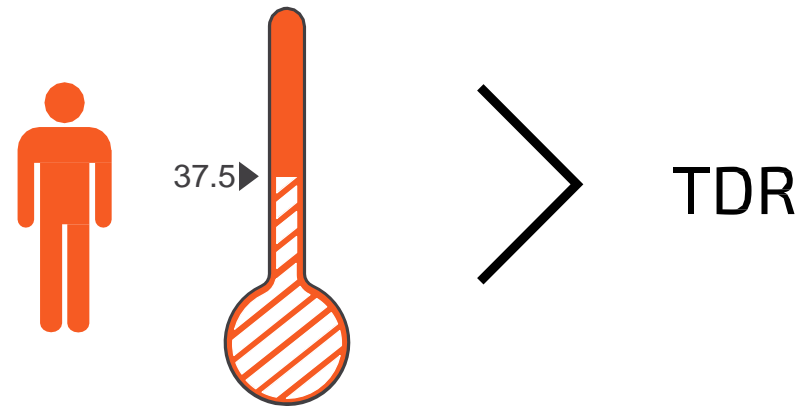
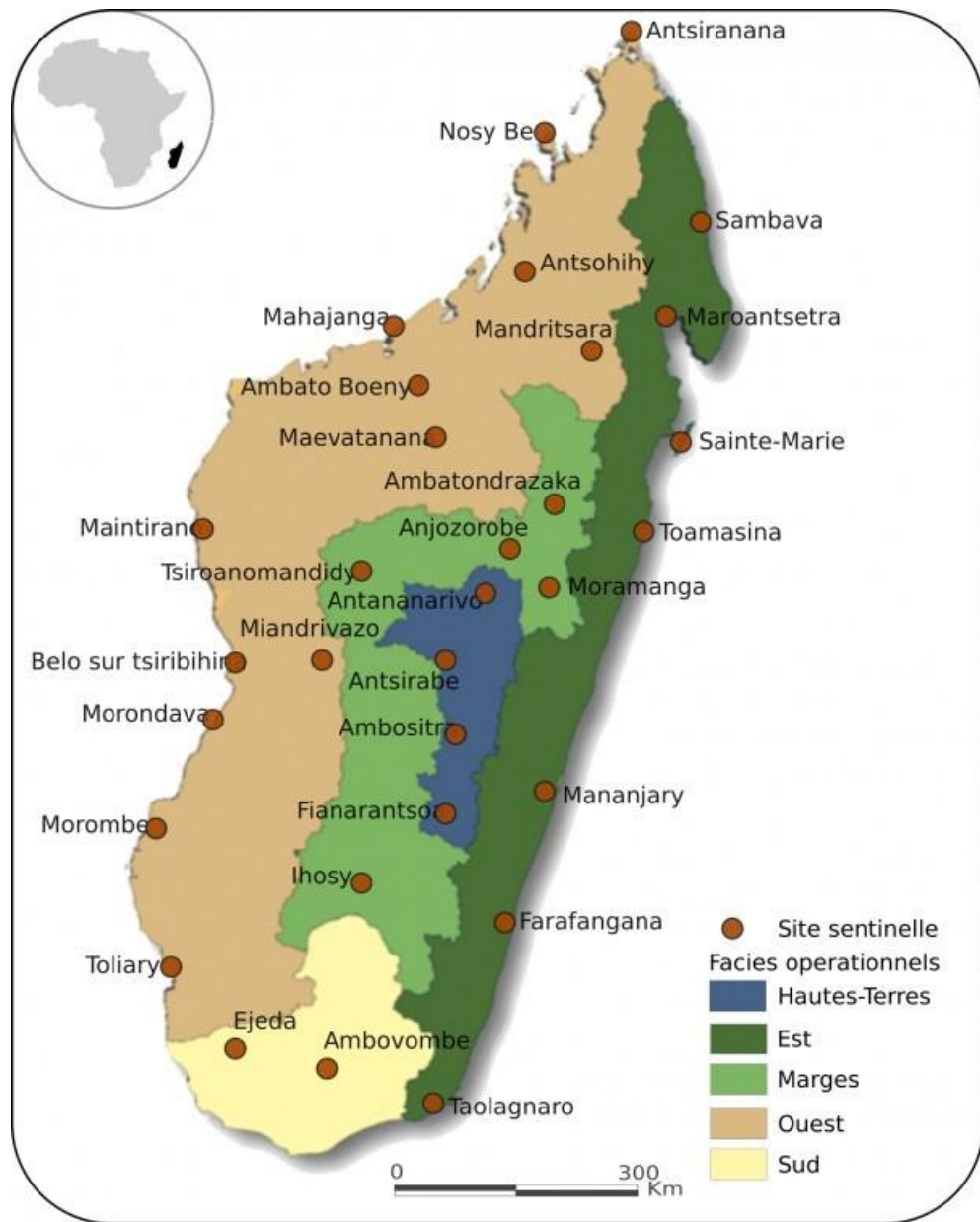
Rapport automatisé  
envoyé par SMS



Analyse automatique de  
détection des tendances et  
des épidémies

Interface web  
interactive

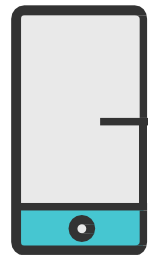




- Nombre de consultations
- Nombre de cas fébriles
- Nombre de tests de diagnostic rapide effectués
- Nombre de tests positifs

Transmission quotidienne de données par SMS

Sentinel disease  
notifications



SMS

Smartphone Android

Formulaire de saisie

Limitation des erreurs de saisie

Flexibilité dans Ajout/Suppression de variables

Envoi automatique des données formatées en SMS

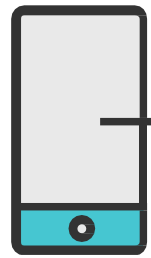
Fluidification de la transmission de données

# Mobile Health



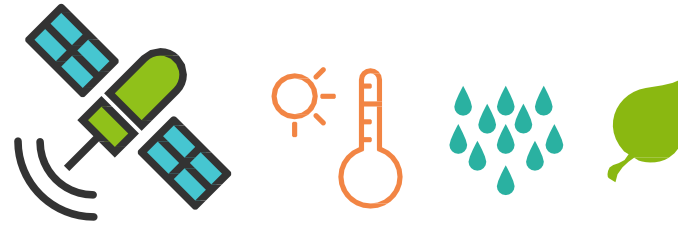


Notifications des sites sentinelles

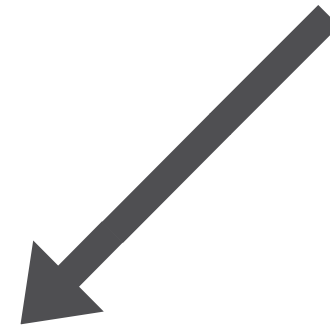
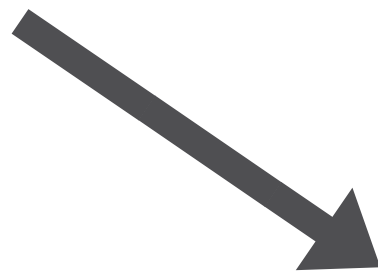


SMS

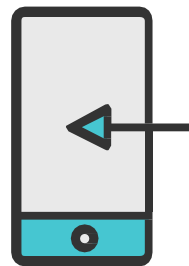
Données météorologiques et environnementales



LLINs  
IRS



Rapport automatisé  
envoyé par SMS

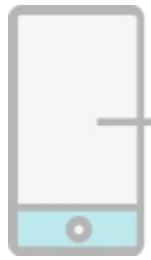


Analyse automatique de  
détection des tendances et  
des épidémies

Interface web  
interactive

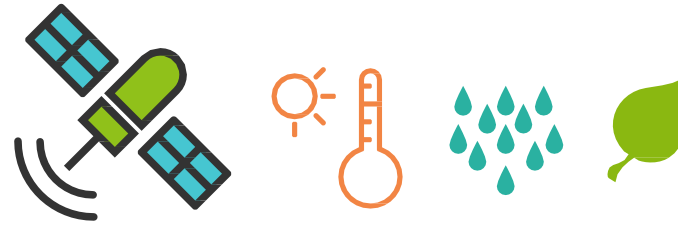


Sentinel disease notifications

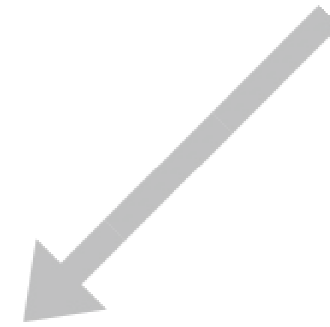
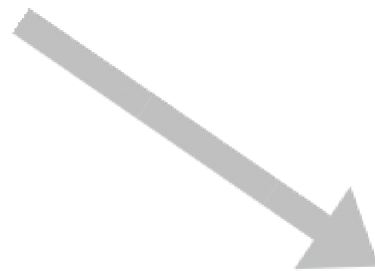


SMS

Données météorologiques et environnementales



LLINs  
IRS

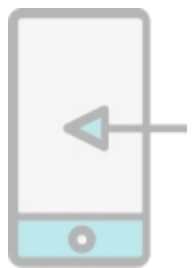


Analyse automatique de  
détection des tendances et  
des épidémies

Interface web  
interactive



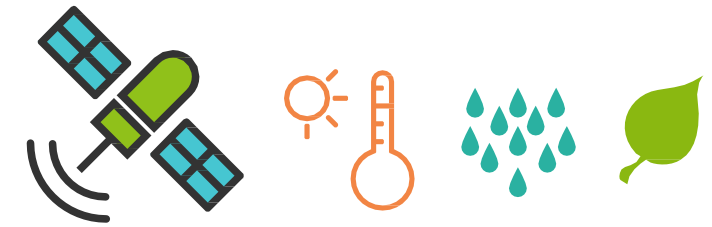
Rapport automatisé  
envoyé par SMS



# Téledétection

Données météorologiques et environnementales

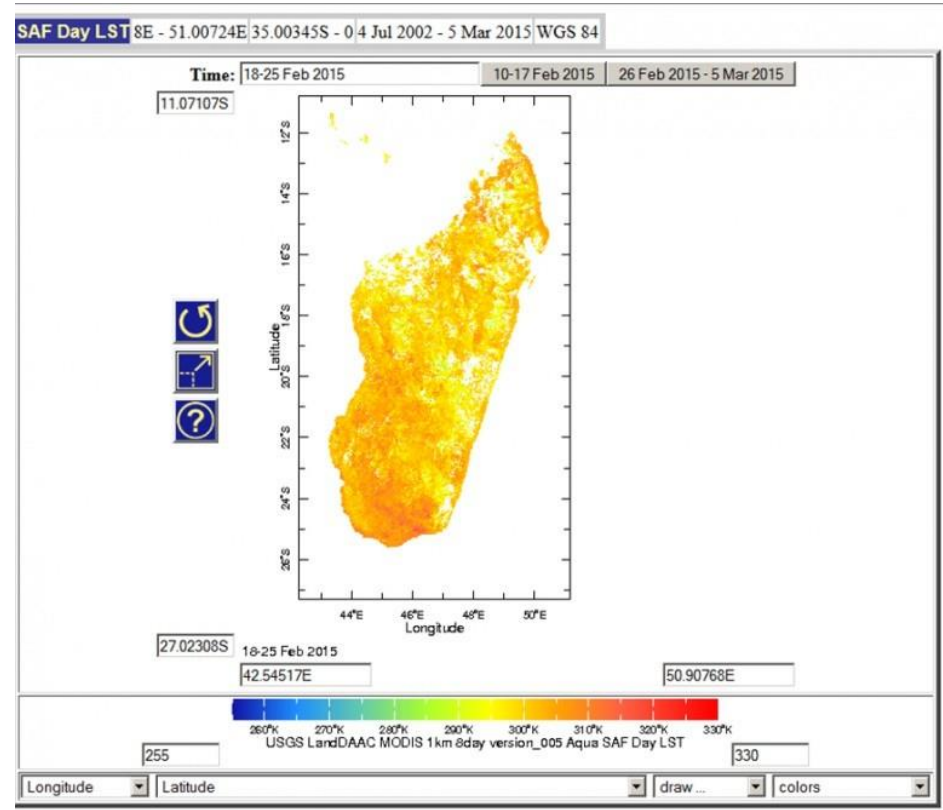
International Research Center for Climate and Society (IRI)



Température de jour et de nuit == MODIS 1km 8 jours

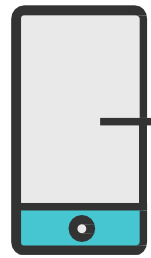
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) == MODIS à 250m Résolution spatiale, 16 jours

Précipitation estimée (RFE and ARC) from Climate Prediction Center / Famine Early Warning System (~10 Km).



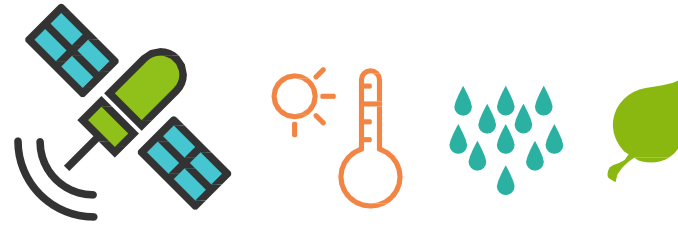
Création d'un logiciel spécifique

Notifications des sites sentinelles

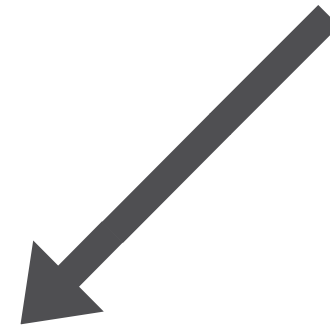
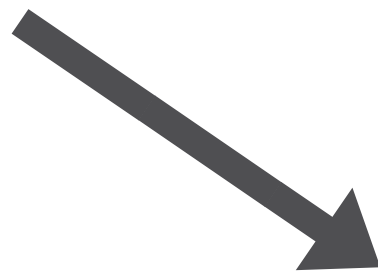


SMS

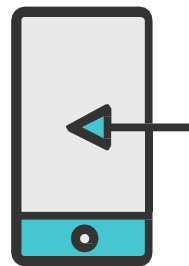
Données météorologiques et environnementales



LLINs  
IRS



Rapport automatisé  
envoyé par SMS



Analyse automatique de  
détection des tendances et  
des épidémies

Interface web  
interactive



Sentinel disease notifications

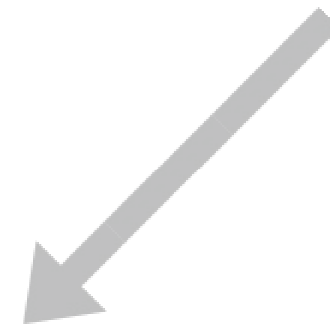
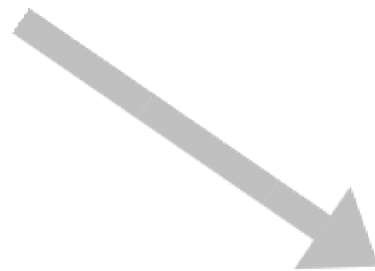


SMS

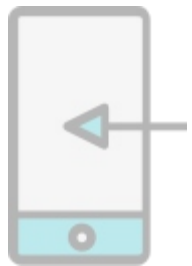
Données météorologiques et environnementales



LLINs  
IRS



Rapport automatisé  
envoyé par SMS



Analyse automatique de  
détection des tendances et  
des épidémies

Interface web  
interactive





# Intervention de contrôle du paludisme

LLINs  
IRS

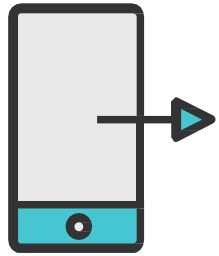
Création d'une base de données sur CAID et MILD

Date de début de distribution par site sentinelle





Notifications des sites sentinelles

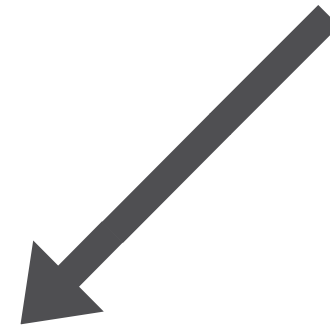
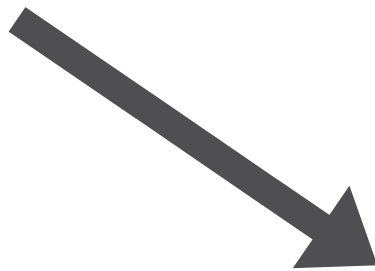


SMS

Données météorologiques et environnementales



LLINs  
IRS

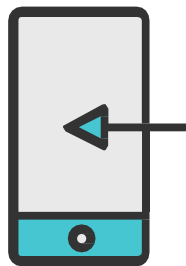


Analyse automatique de  
détection des tendances et  
des épidémies

Interface web  
interactive



Rapport automatisé  
envoyé par SMS



# Algorithmes de détermination des seuils d'alerte

- Type d'épidémies à détecter
- Les connaissances à leur sujet
- La disponibilité des données historiques
- Les données à utiliser ou à exclure
- Des traitements à réaliser
- La nature des données



Orientation dans le choix des méthodes

Plusieurs algorithmes ont ainsi été développés, présentant selon les situations des facilités d'utilisation mais également des limites à prendre en compte.

# Algorithmes de détermination des seuils d'alerte

75th Percentile

Cullen

Cumulative-SUM

Pente

Méthodes recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé

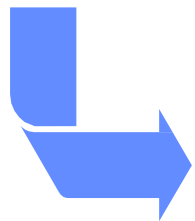
# Algorithmes de détermination des seuils d'alerte

75th Percentile

Cullen

Cumulative-SUM

Pente



Méthode simple  
Ne nécessite pas d'ordinateur  
5 années de données historiques

Alerte : Nombre de cas supérieur à la deuxième valeur la plus élevée pour chaque mois parmi les cinq ans.

# Algorithmes de détermination des seuils d'alerte

75th Percentile

Cullen

Cumulative-SUM

Pente



5 années de données historiques  
Moyenne hebdomadaire + 2 écarts-types  
Exclusion des années épidémiques

Alerte : Nombre de cas hebdomadaire supérieur à ce seuil calculé

# Algorithmes de détermination des seuils d'alerte

75th Percentile

Cullen

Cumulative-SUM

Pente

5 années de données historiques  
Moyenne hebdomadaire ( sur 3 semaines) + 2 écarts-types  
Exclusion des années épidémiques



Alerte : Nombre de cas hebdomadaire supérieur à ce seuil calculé pendant 3 semaines consécutives



# Algorithmes de détermination des seuils d'alerte

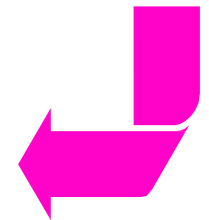
75th Percentile

Cullen

Cumulative-SUM

Pente

Pas de données historiques nécessaires  
Doublement du nombre de cas pendant 3 semaines consécutives



# Algorithmes de détermination des seuils d'alerte

75th Percentile

Cullen

Cumulative-SUM

Pente

90th percentile

Alerte est définie comme un nombre de cas hebdomadaire dépassant le seuil du 90th percentile pendant 3 semaines consécutives

# Méthodes statistiques de détection

Les méthodes statistiques de détection ont donc pour fonction d'isoler les signaux suspects à investiguer.

Traite le signal et produit en sortie une détermination de la présence ou de l'absence d'un événement (ici, une épidémie).

- Réactive
- Sensible
- Spécifique

# Méthodes statistiques de détection

Les méthodes statistiques de détection ont donc pour fonction d'isoler les signaux suspects à investiguer

- Réactive
- Sensible
- Spécifique

Donner l'alerte assez tôt pour permettre les mesures de contrôle

# Méthodes statistiques de détection

Les méthodes statistiques de détection ont donc pour fonction d'isoler les signaux suspects à investiguer

- Réactive
- Sensible
- Spécifique

Capacité de la méthode à donner un signal positif en cas d'une épidémie

# Méthodes statistiques de détection

Les méthodes statistiques de détection ont donc pour fonction d'isoler les signaux suspects à investiguer

- Réactive
- Sensible
- Spécifique

Capacité de la méthode à donner un signal négatif en absence d'épidémie

# Méthodes statistiques de détection

Les méthodes statistiques de détection ont donc pour fonction d'isoler les signaux suspects à investiguer

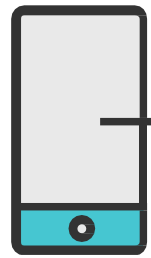
- Réactive
- Sensible
- Spécifique

Capacité de la méthode à donner un signal négatif en absence d'épidémie

Les méthodes de détection peuvent souvent être ajustées pour augmenter ou diminuer la sensibilité.

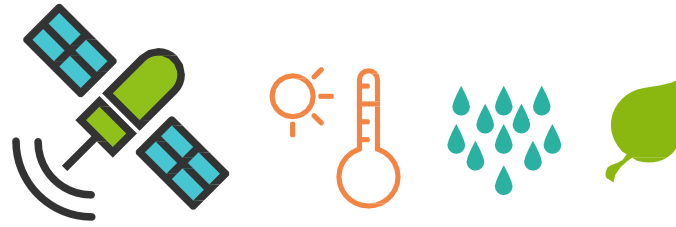


Sentinel disease notifications

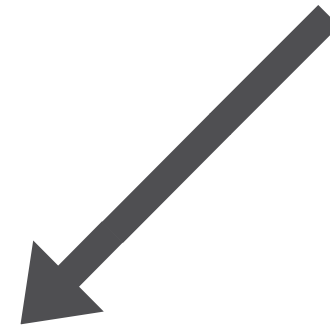
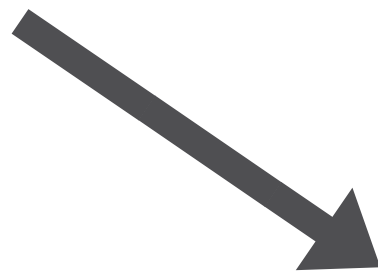


SMS

Satellite weather data



LLINs  
IRS

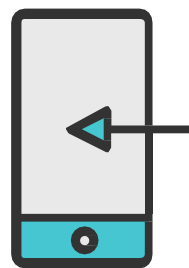


Automatic analysis to detect trends and alerts (outbreak detection)

Interactive web interface



Automatic feedback Report sent by SMS



**Alert Thresholds**

**Algorithms:**

- Percentile
- MinSan
- C-SUM
- RDT+/fever Indicator

**About algorithm**

An alert is triggered when a week malaria cases exceeds selected value (below) of percentile of the whole chronological series of a site. The 90th percentile is the value such that 90% of the time series values are below it (and therefore 10% are above).

**Centile Value:**

1 90 100

1 11 21 31 41 51 61 71 81 91 100

This option is intended to improve the specificity of the alert system

**Number of consecutive weeks above threshold:**

- 1
- 2
- 3
- 4

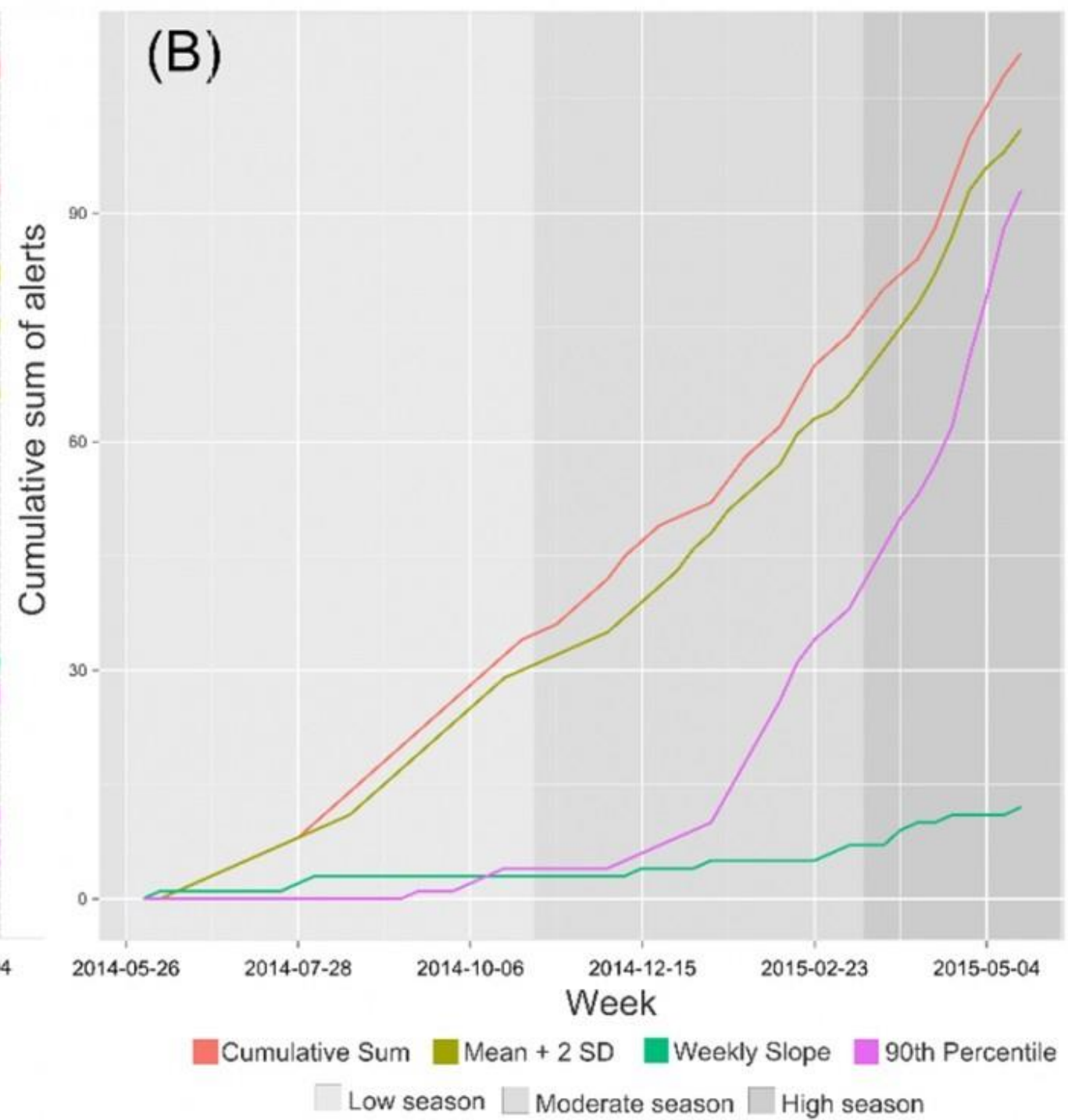
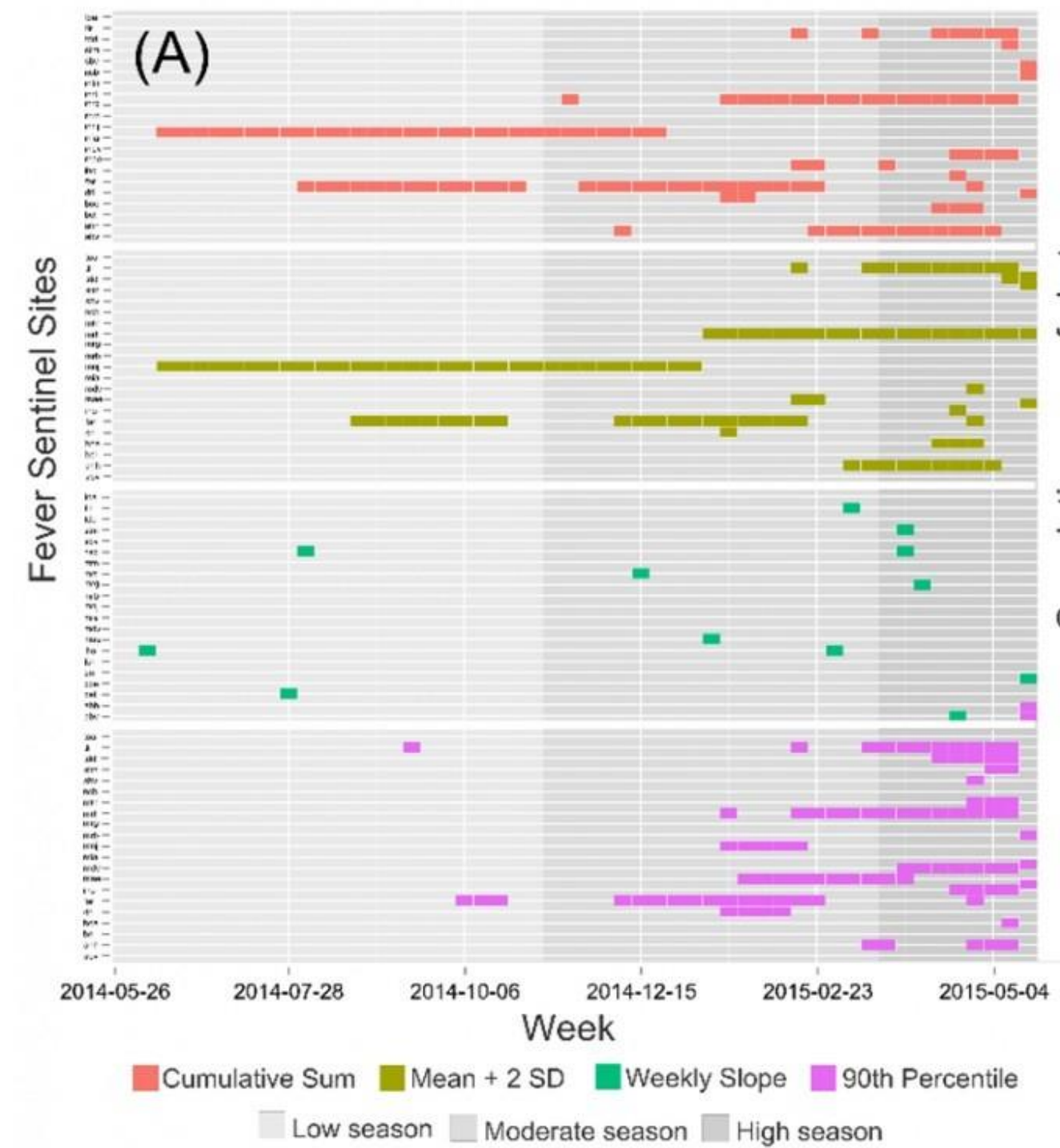


- Circle width is proportional to percentile value (click on map and see below)
- The number of reported malaria cases is below the threshold
- The number of reported malaria cases is above the threshold
- Click on a site to see malaria time series

Week : 2017\_22

Click on the legend to hide/show variables

Click and drag on the graph to zoom



**Alert Thresholds**

**Algorithms:**

- Percentile
- MinSan
- C-SUM
- RDT+/fever Indicator

**About algorithm**

An alert is triggered when a week malaria cases exceeds selected value (below) of percentile of the whole chronological series of a site. The 90th percentile is the value such that 90% of the time series values are below it (and therefore 10% are above).

**Centile Value:**

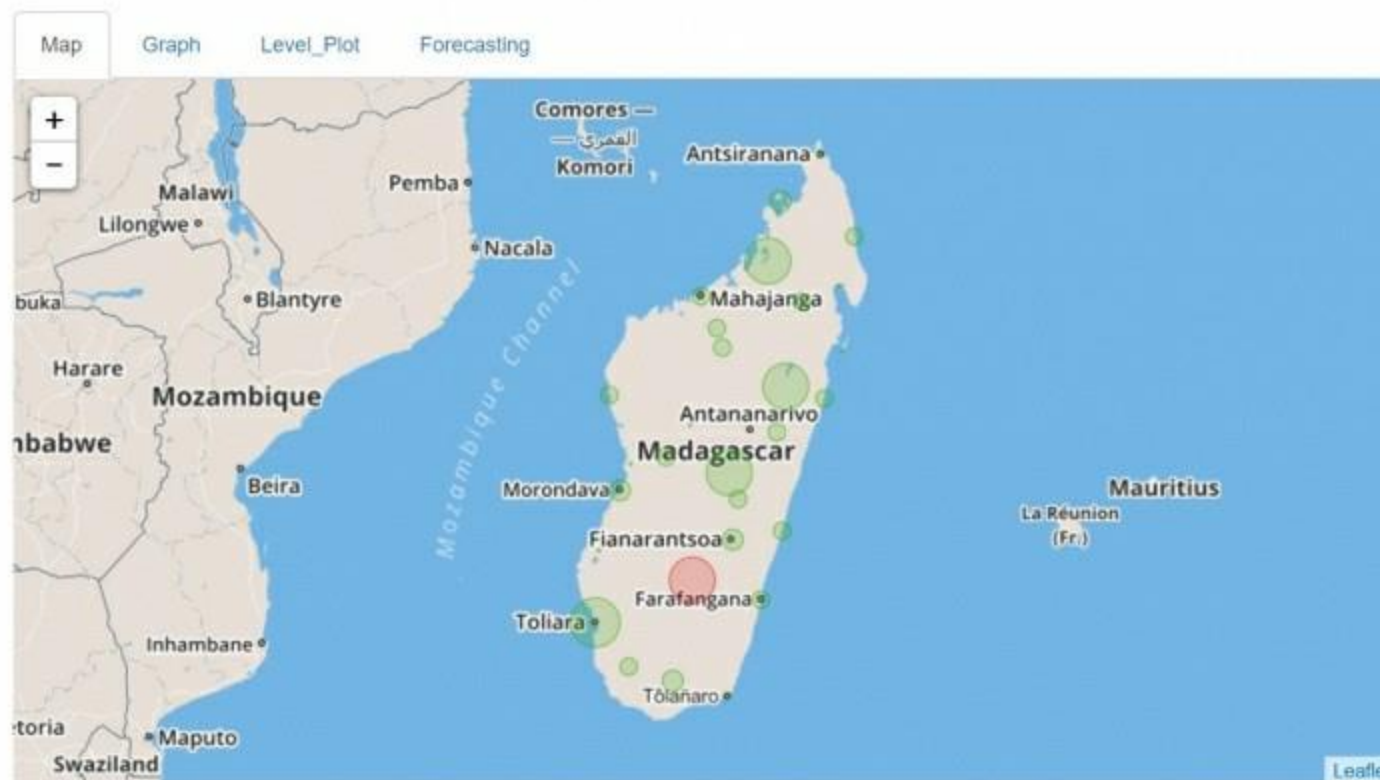
1 90 100

1 11 21 31 41 51 61 71 81 91 100

This option is intended to improve the specificity of the alert system

**Number of consecutive weeks above threshold:**

- 1
- 2
- 3
- 4



- Circle width is proportional to percentile value (click on map and see below)
- The number of reported malaria cases is below the threshold
- The number of reported malaria cases is above the threshold
- Click on a site to see malaria time series

Week : 2017\_22

Click on the legend to hide/show variables

Click and drag on the graph to zoom



**Alert Thresholds**

**Algorithms:**

- Malaria cases
- MinSan
- Percentile
- C-SUM
- RDT+/fever indicator

---

Please select data aggregation level (by facies)

National

---

Centile Value:

1 90 100

1 11 21 31 41 51 61 71 81 91 100

---

This option is intended to improve the specificity of the alert system

**Number of consecutive weeks above threshold:**

- 1
- 2
- 3
- 4

---

**Number of years to display:**

1 6 7

---

An alert is triggered when a week malaria cases exceeds selected value (below) of percentile of the whole chronological series of a site. The 90th percentile is the value such that 90% of the time series values are below it (and therefore 10% are above)

Map Graph Level\_Plot Forecasting

Percentile



Click on the legend to hide/show variables

Click and drag on the graph to zoom

**Legend**

Alert, is proportion of site in alert across selected facies in the side panel

Rainfall, African Rainfall Estimation (RFE) is produced by NOAA-CPC

NDVI, is a normalized difference vegetation index (NDVI) produced by MODIS

Temperature, Land Surface temperature is an estimation of near surface temperature, produced by MODIS

IRS, proportion of sites that received a IRS

LLIN, proportion of sites that received a LLIN

Alert Thresholds

Algorithms:

- Malaria cases
- MinSan
- Percentile
- C-SUM
- RDT+/fever Indicator

Please select data aggregation level (by facies)

National

Centile Value:



This option is intended to improve the specificity of the alert system

Number of consecutive weeks above threshold:

- 1
- 2
- 3
- 4

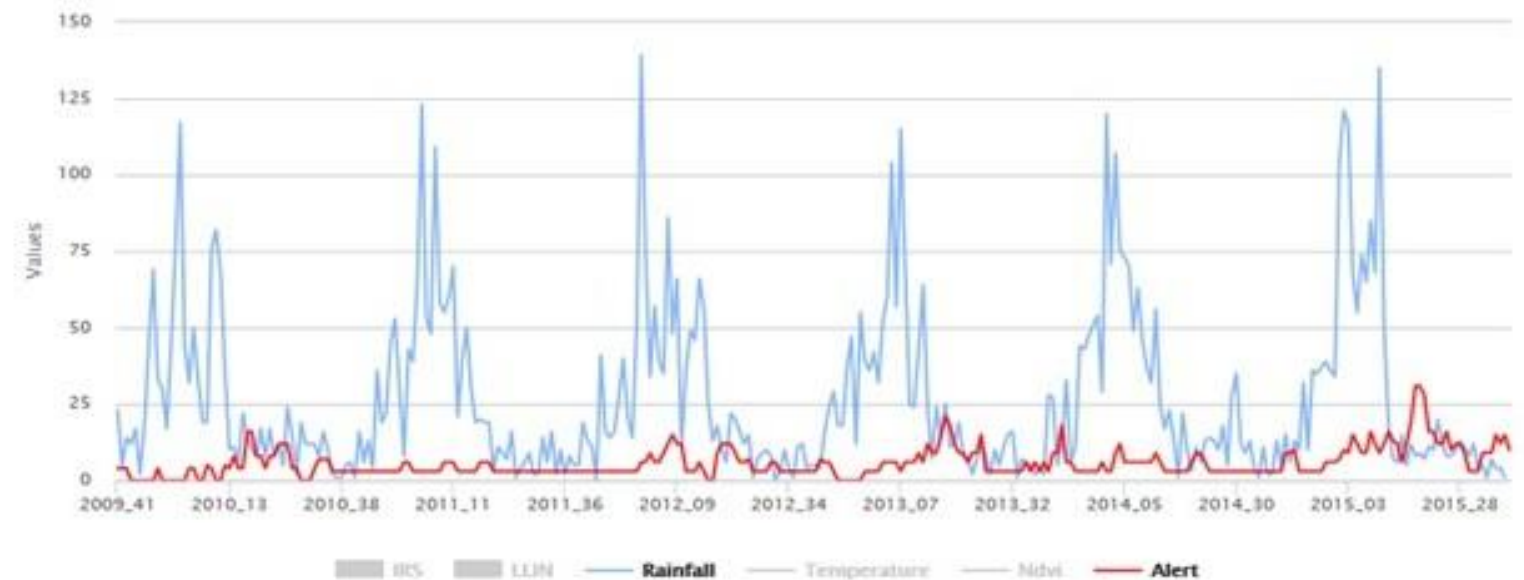
Number of years to display:



An alert is triggered when a week malaria cases exceeds selected value (below) of percentile of the whole chronological series of a site. The 90th percentile is the value such that 90% of the time series values are below it (and therefore 10% are above)

Map Graph Level\_Plot Forecasting

Percentile



Click on the legend to hide/show variables

Click and drag on the graph to zoom

Legend

Alert, is proportion of site in alert across selected facies in the side panel.

Rainfall, African Rainfall Estimation (RFE) is produced by NOAA-CPC

NDVI, is a normalized difference vegetation index (NDVI) produced by MODIS

Temperature, Land Surface temperature is an estimation of near surface temperature, produced by MODIS

IRS, proportion of sites that received a IRS

LLIN, proportion of sites that received a LLIN

**Alert Thresholds**

**Algorithms:**

- Malaria cases
- MinSan
- Percentile
- C-SUM
- RDT+/fever indicator

**Please select data aggregation level (by facies)**

National

**Centile Value:**

1 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

1 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

This option is intended to improve the specificity of the alert system

**Number of consecutive weeks above threshold:**

- 1
- 2
- 3
- 4

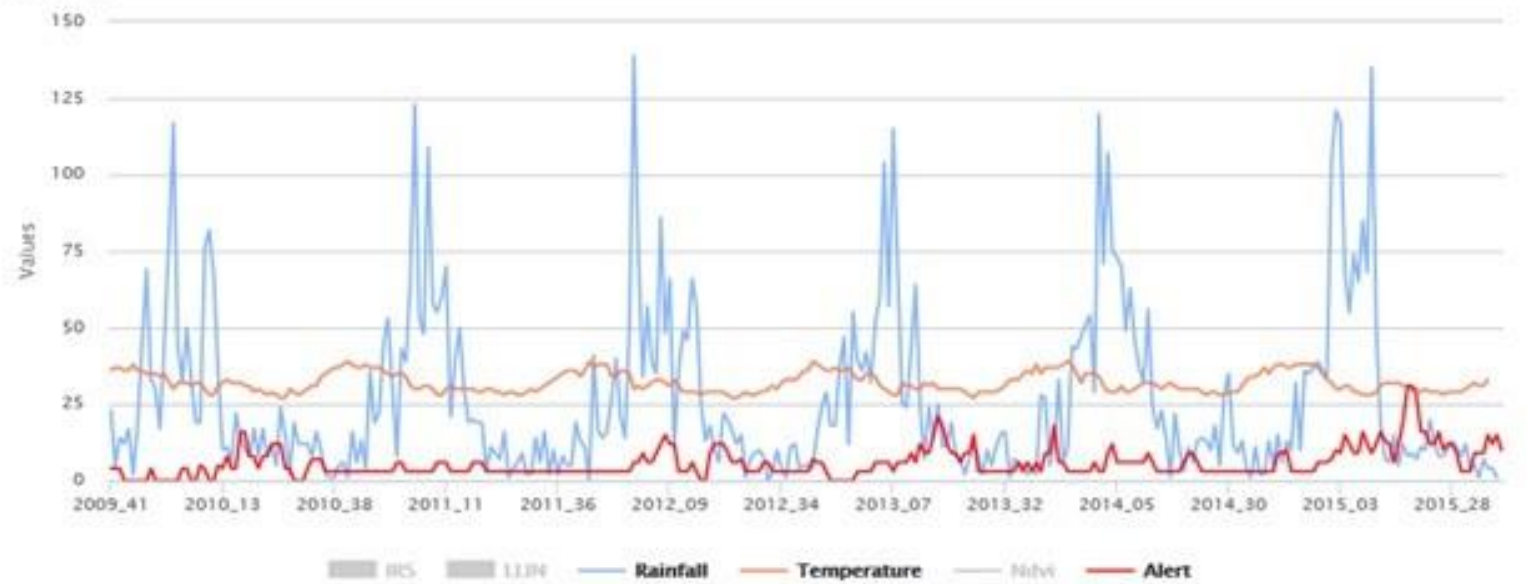
**Number of years to display:**

1 2 3 4 5 6 7

An alert is triggered when a week malaria cases exceeds selected value (below) of percentile of the whole chronological series of a site. The 90th percentile is the value such that 90% of the time series values are below it (and therefore 10% are above).

Map Graph Level\_Plot Forecasting

Percentile



Click on the legend to hide/show variables.

Click and drag on the graph to zoom

**Legend**

Alert, is proportion of site in alert across selected facies in the side panel.

Rainfall, African Rainfall Estimation (RFE) is produced by NOAA-CPC

NDVI, is a normalized difference vegetation index (NDVI) produced by MODIS

Temperature, Land Surface temperature is an estimation of near surface temperature, produced by MODIS

RS, proportion of sites that received a RS

LLN, proportion of sites that received a LLN



Alert Thresholds

Algorithms:

- Malaria cases
- MinSan
- Percentile
- C-SUM
- RDT+/fever Indicator

Please select data aggregation level (by facies)

National

Centile Value:



This option is intended to improve the specificity of the alert system

Number of consecutive weeks above threshold:

- 1
- 2
- 3
- 4

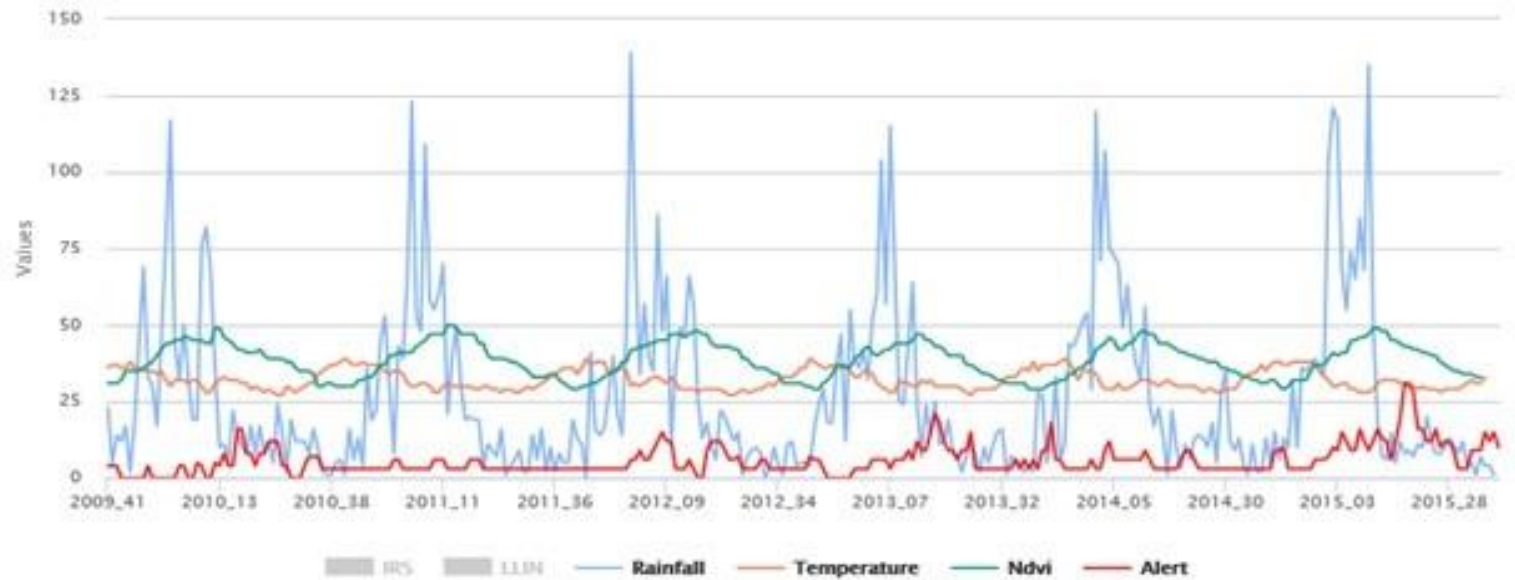
Number of years to display:



An alert is triggered when a week malaria cases exceeds selected value (below) of percentile of the whole chronological series of a site. The 90th percentile is the value such that 90% of the time series values are below it (and therefore 10% are above).

- Map
- Graph
- Level\_Plot
- Forecasting

Percentile



Click on the legend to hide/show variables

Click and drag on the graph to zoom

Legend

Alert, is proportion of site in alert across selected facies in the side panel.

Rainfall, African Rainfall Estimation (RFE) is produced by NOAA-CPC

NDVI, is a normalized difference vegetation index (NDVI) produced by MODIS

Temperature, Land Surface temperature is an estimation of near surface temperature, produced by MODIS

IRS, proportion of sites that received a IRS

LLN, proportion of sites that received a LLN

Alert Thresholds

Algorithms:

- Malaria cases
- MinSan
- Percentile
- C-SUM
- RDT+/fever indicator

Please select data aggregation level (by facies)

National

Centile Value:



This option is intended to improve the specificity of the alert system

Number of consecutive weeks above threshold:

- 1
- 2
- 3
- 4

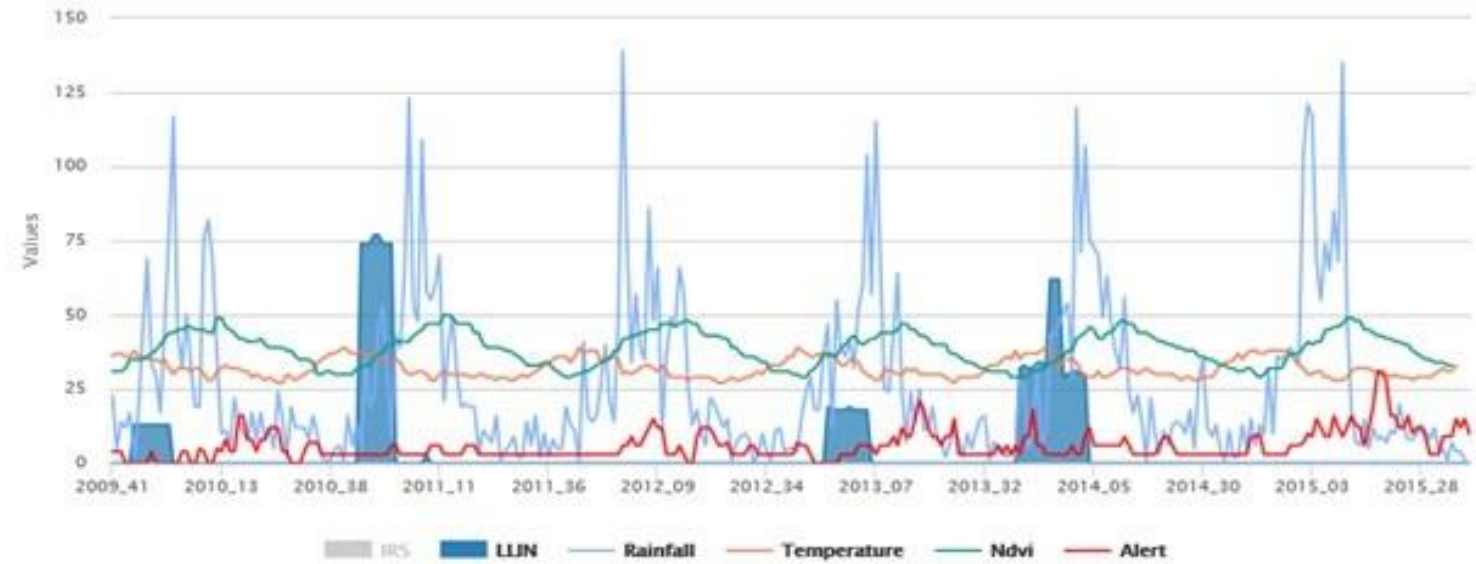
Number of years to display:



An alert is triggered when a week malaria cases exceeds selected value (below) of percentile of the whole chronological series of a site. The 90th percentile is the value such that 90% of the time series values are below it (and therefore 10% are above).

Map Graph Level\_Plot Forecasting

Percentile



Click on the legend to hide/show variables

Click and drag on the graph to zoom

Legend

Alert, is proportion of site in alert across selected facies in the side panel.

Rainfall, African Rainfall Estimation (RFE) is produced by NOAA-CPC

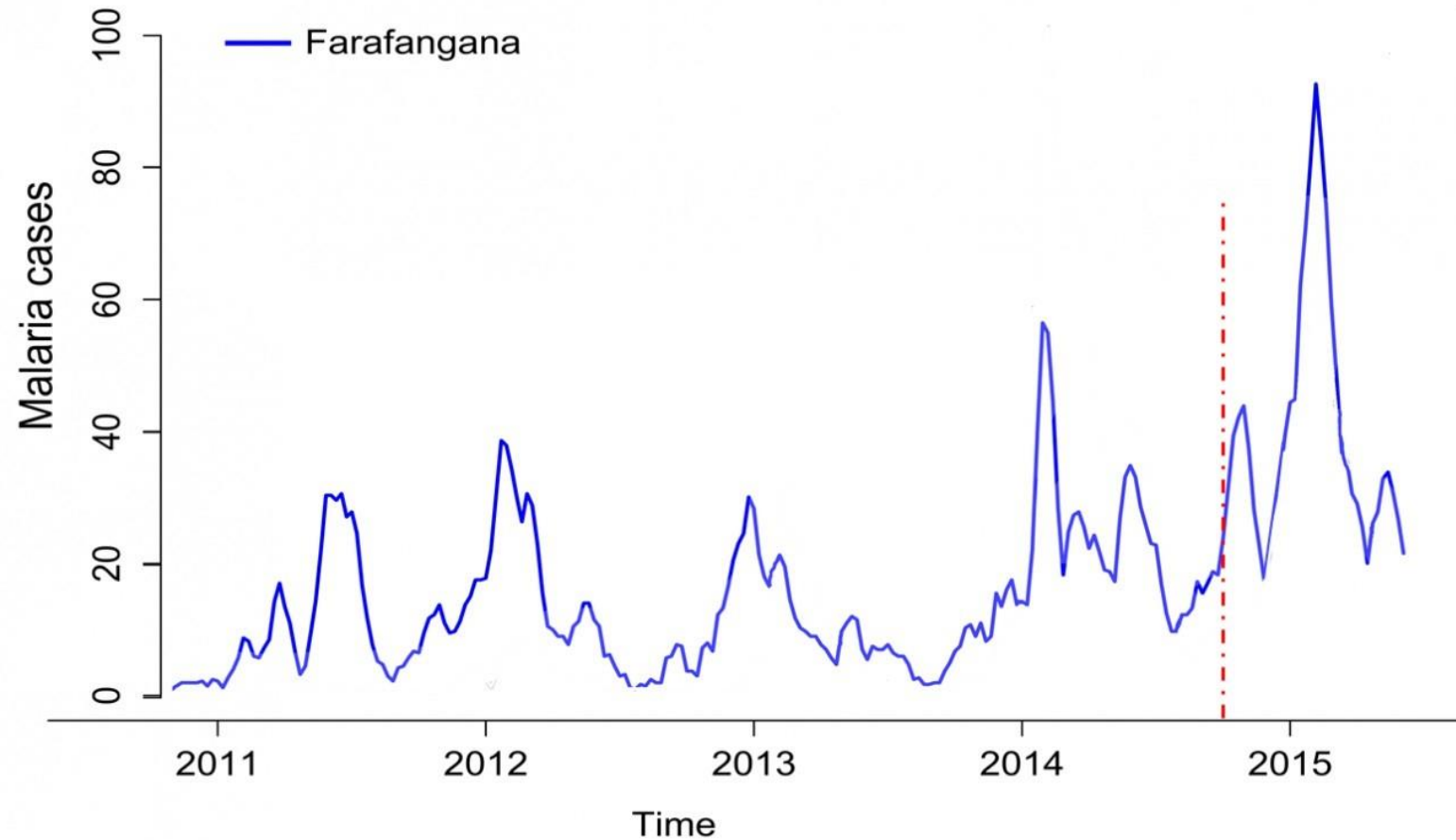
NDVI, is a normalized difference vegetation index (NDVI) produced by MODIS

Temperature, Land Surface temperature is an estimation of near surface temperature, produced by MODIS

IRS, proportion of sites that received a IRS

LLIN, proportion of sites that received a LLIN

## Epidémie de paludisme détectée en Novembre 2014



Utilisation de la méthode de détection basée sur 90th percentile

- Nombre historiquement élevé du nombre de cas de paludisme 6 mois avant la période haute transmission
- Nombre historiquement élevé du nombre de cas de paludisme 3 mois avant le pic attendu des précipitations
- Suspicion de rupture de stock en ACT

**Alert Thresholds**

**Algorithms:**

- Malaria cases
- MinSan
- Percentile
- C-SUM
- RDT+/fever indicator

Please select data aggregation level (by facies)

National

**Centile Value:**

1 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

1 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

This option is intended to improve the specificity of the alert system.

**Number of consecutive weeks above threshold:**

- 1
- 2
- 3
- 4

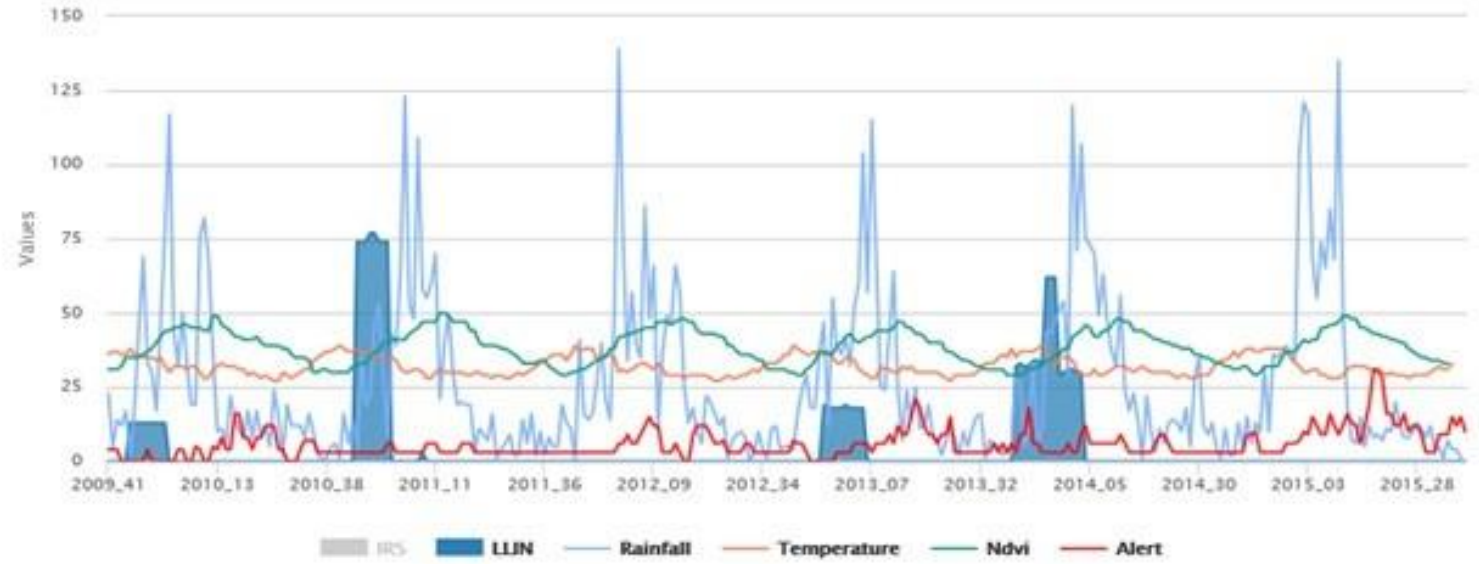
**Number of years to display:**

1 2 3 4 5 6 7

An alert is triggered when a week malaria cases exceeds selected value (below) of percentile of the whole chronological series of a site. The 90th percentile is the value such that 90% of the time series values are below it (and therefore 10% are above).

Map Graph Level\_Plot Forecasting

Percentile



Click on the legend to hide/show variables

Click and drag on the graph to zoom

**Legend**

Alert, is proportion of site in alert across selected facies in the side panel.

Rainfall, African Rainfall Estimation (RFE) is produced by NOAA-CPC

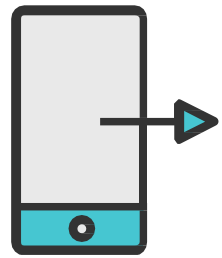
NDVI, is a normalized difference vegetation index (NDVI) produced by MODIS

Temperature, Land Surface temperature is an estimation of near surface temperature, produced by MODIS

IRS, proportion of sites that received a IRS

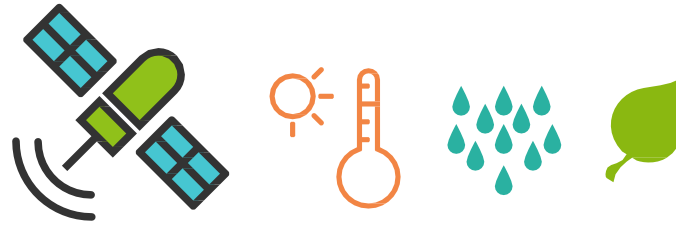
LLIN, proportion of sites that received a LLIN

Sentinel disease notifications

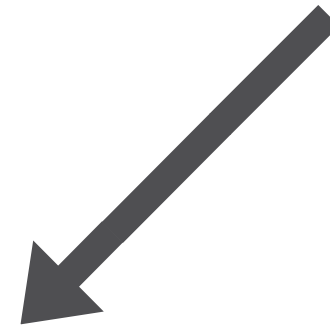
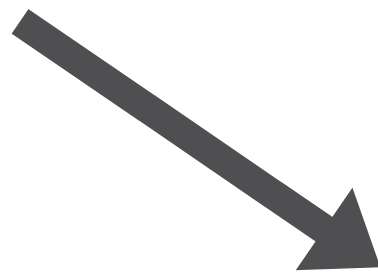


SMS

Satellite weather data



LLINs  
IRS

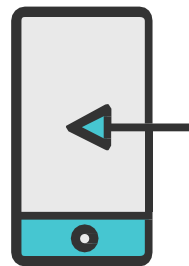


Automatic analysis  
to detect trends and alerts  
(outbreak detection)

Interactive web  
interface



Automatic feedback  
Report sent by SMS





Alert Thresholds

Algorithms:

- Malaria cases
- MinSan
- Percentile
- C-SUM
- RDT+/fever indicator

Please select data aggregation level (by facies)

National

Centile Value:



This option is intended to improve the specificity of the alert system

Number of consecutive weeks above threshold:

- 1
- 2
- 3
- 4

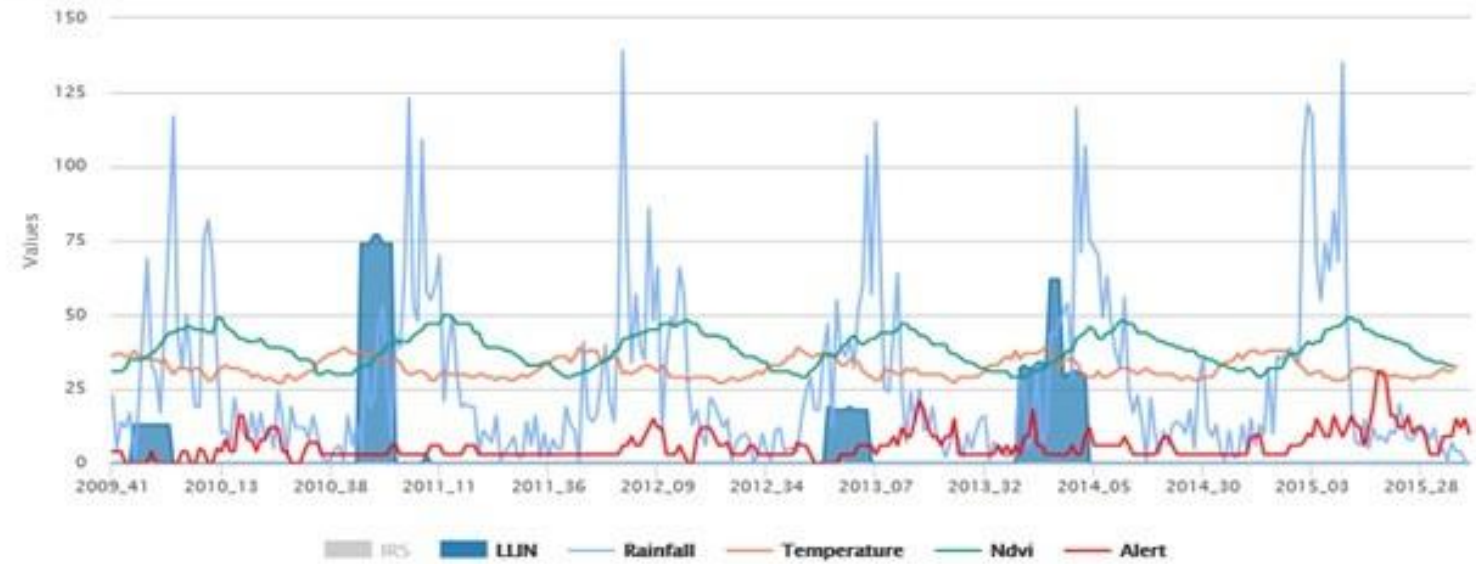
Number of years to display:



An alert is triggered when a week malaria cases exceeds selected value (below) of percentile of the whole chronological series of a site. The 90th percentile is the value such that 90% of the time series values are below it (and therefore 10% are above).

Map Graph Level\_Plot Forecasting

Percentile



Click on the legend to hide/show variables

Click and drag on the graph to zoom

Legend

Alert, is proportion of site in alert across selected facies in the side panel.

Rainfall, African Rainfall Estimation (RFE) is produced by NOAA-CPC

NDVI, is a normalized difference vegetation index (NDVI) produced by MODIS

Temperature, Land Surface temperature is an estimation of near surface temperature, produced by MODIS

IRS, proportion of sites that received a IRS

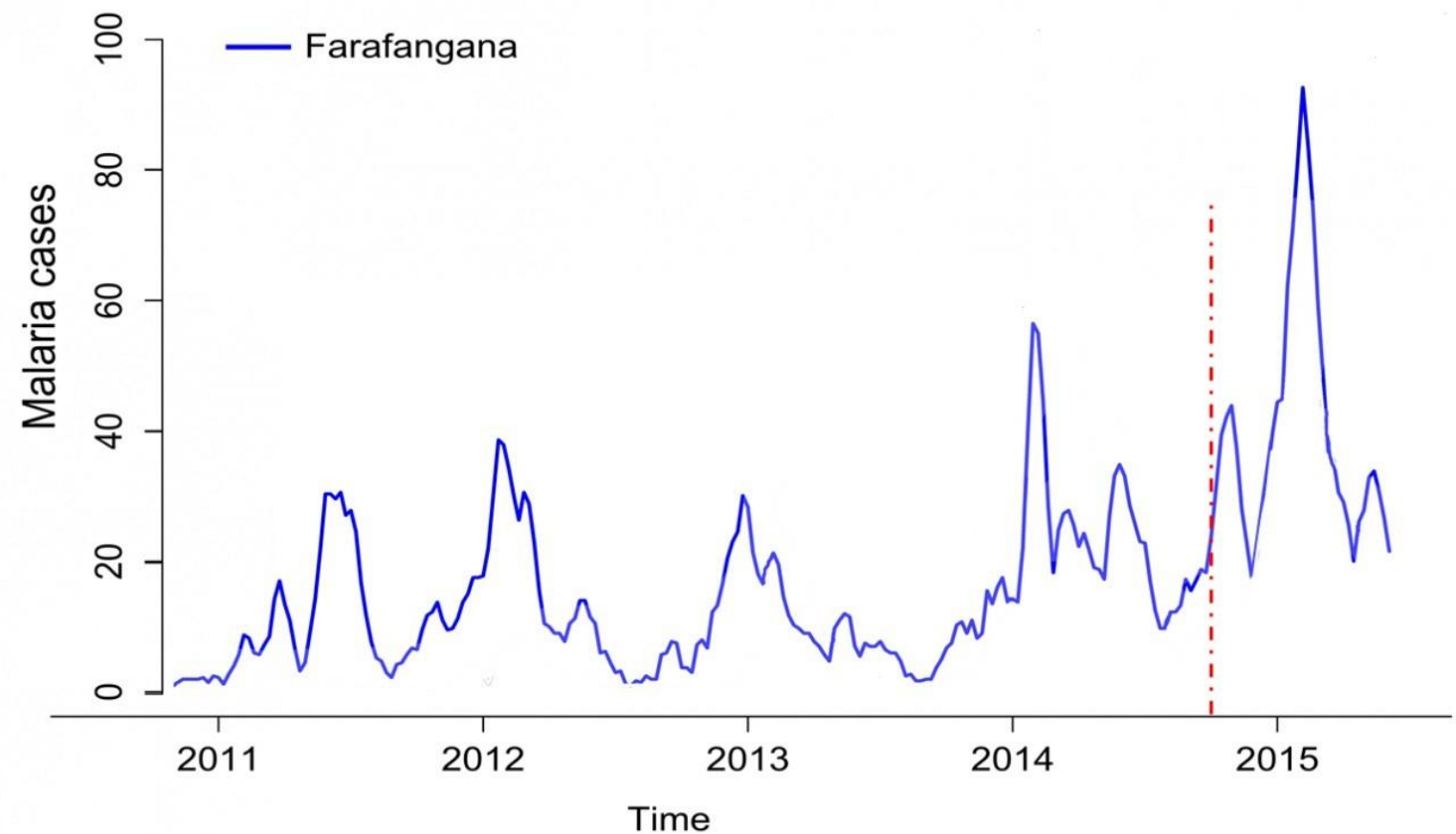
LLIN, proportion of sites that received a LLIN

# Systeme d'alerte precoce (prédiction)

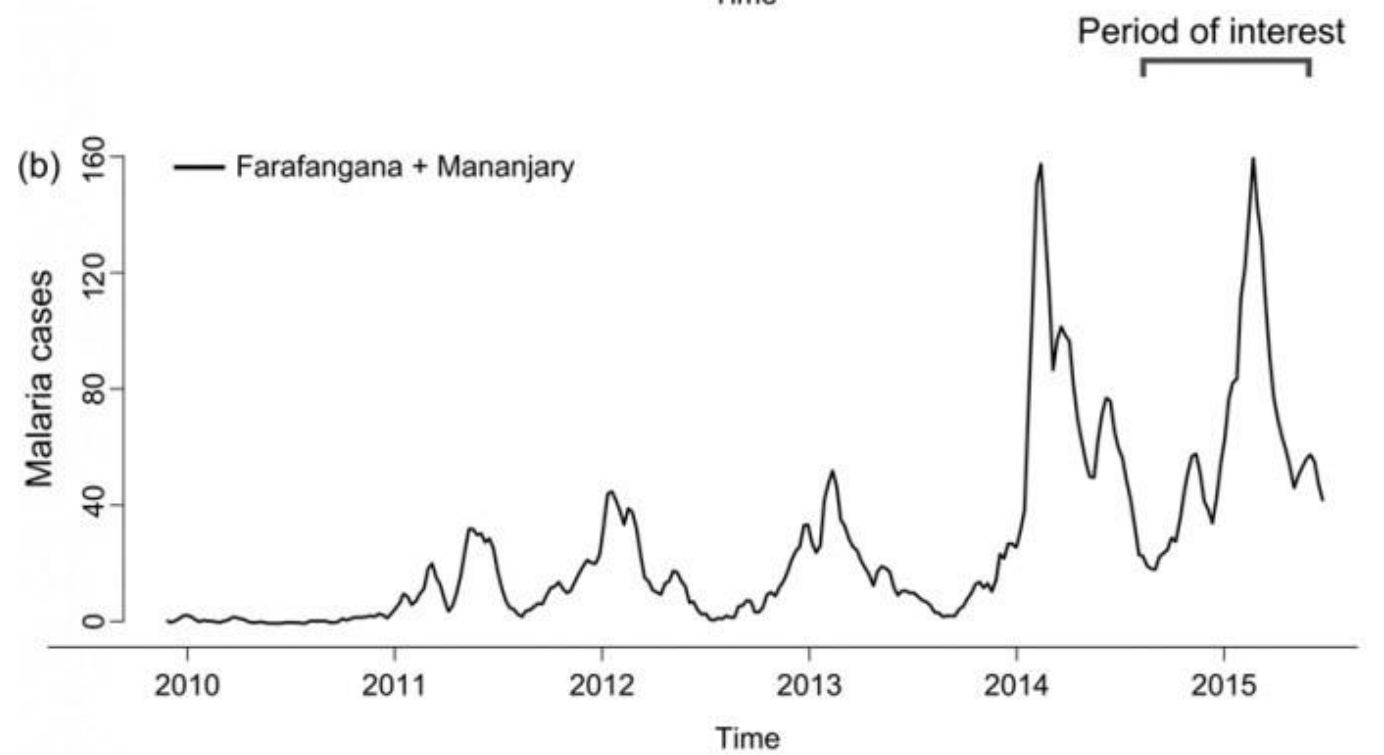
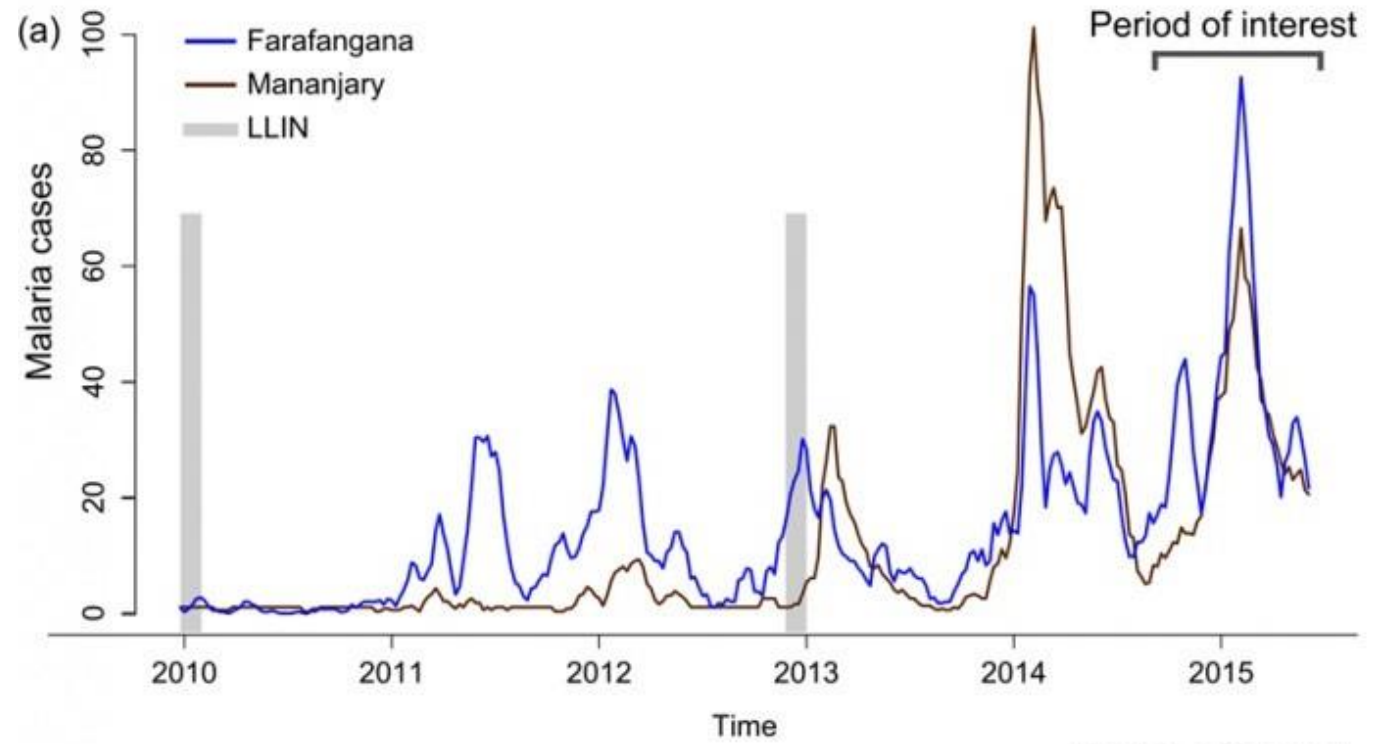
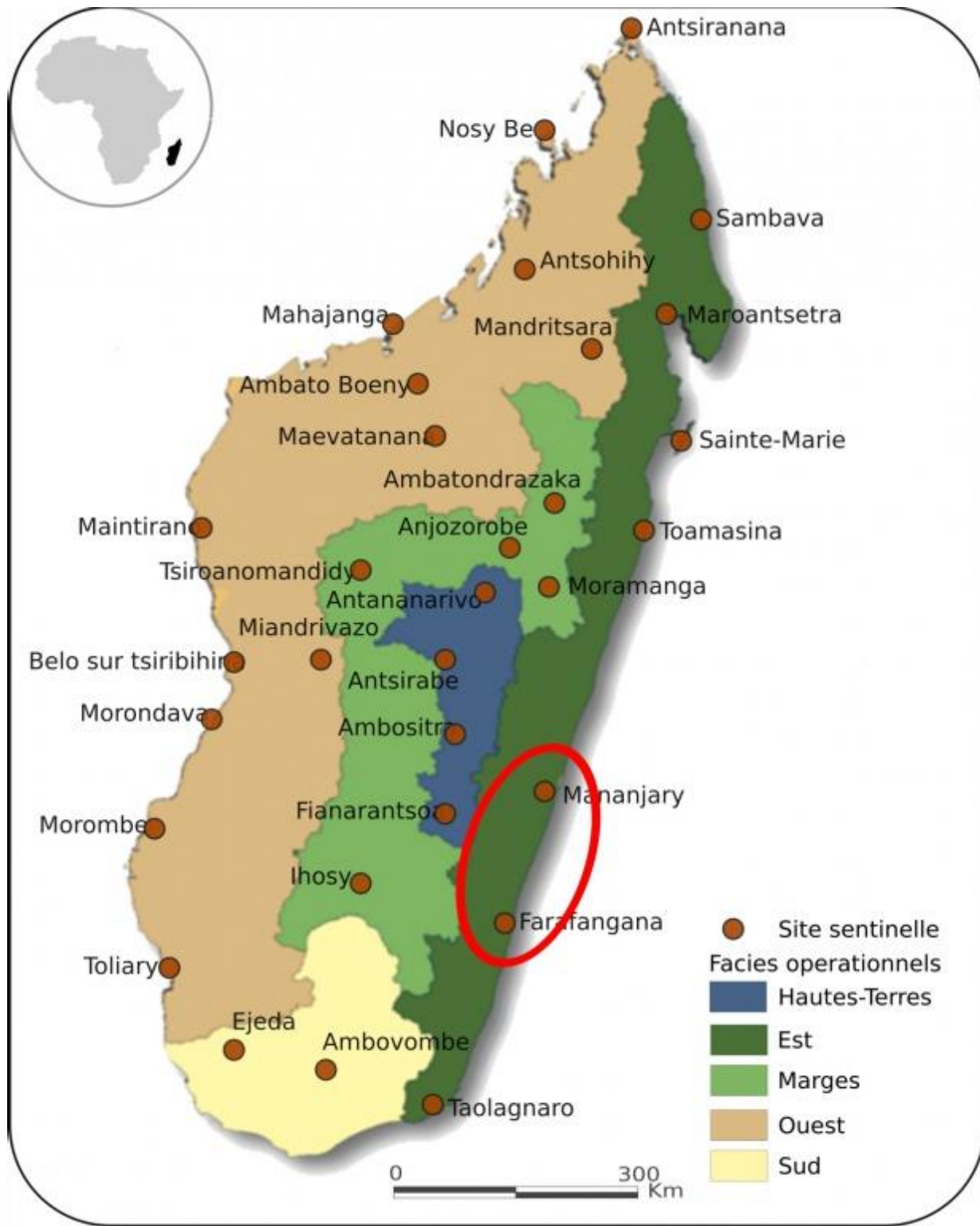
Objectif :

Evaluer la capacité prédictive d'un modèle de manière prospective

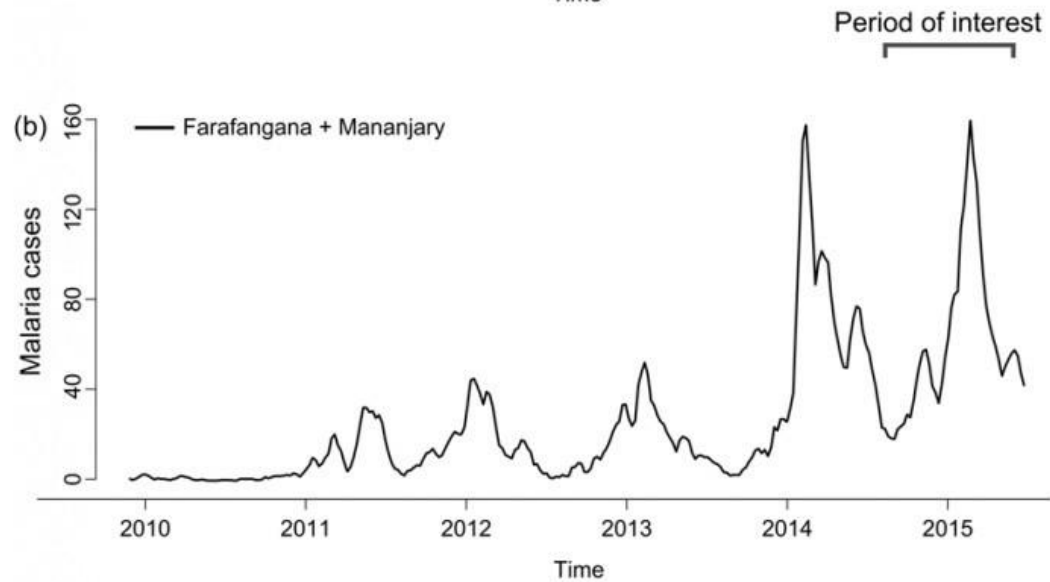
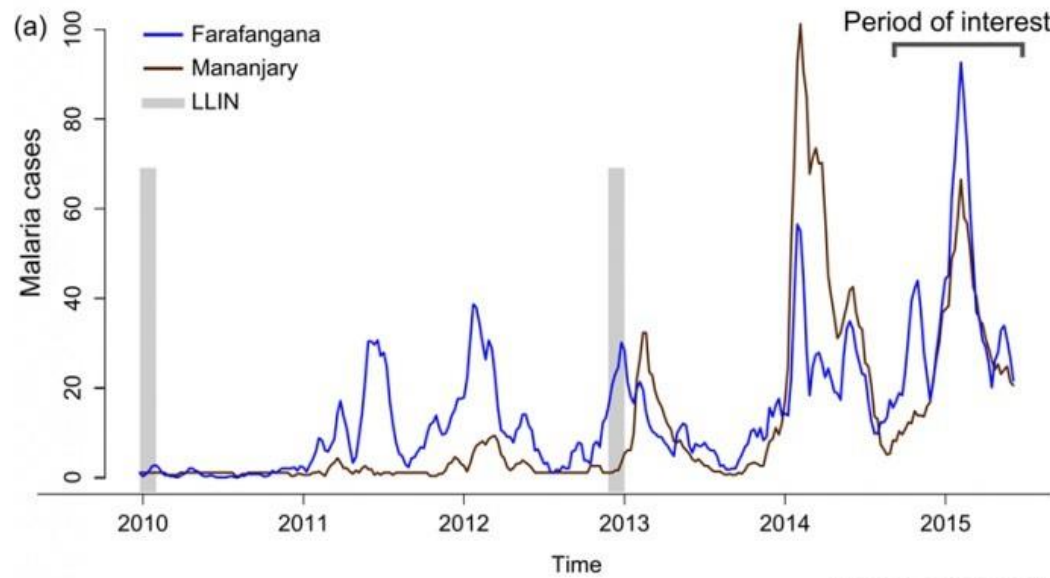
- Notifications des sites sentinelles
- Intervention de contrôle (MILD)
- Données météorologiques issues de la télédétection



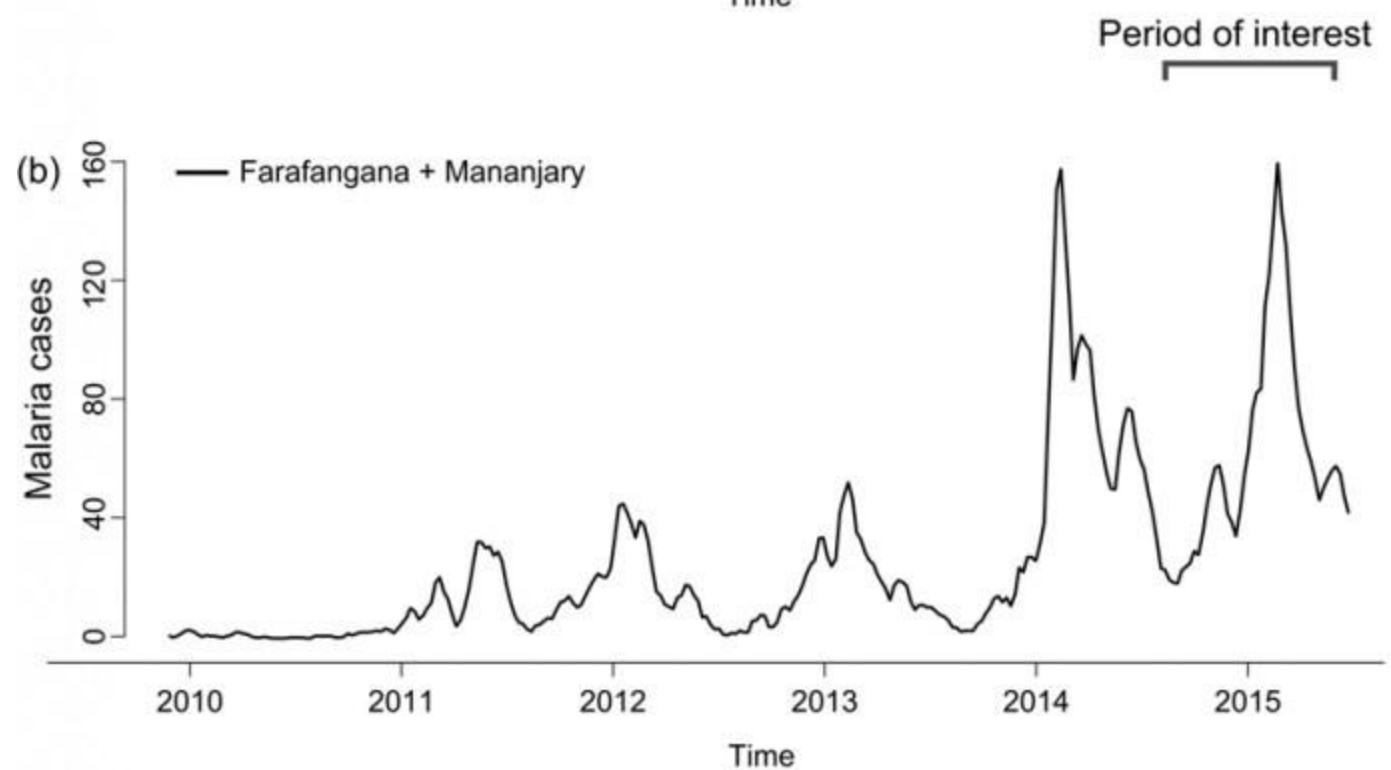
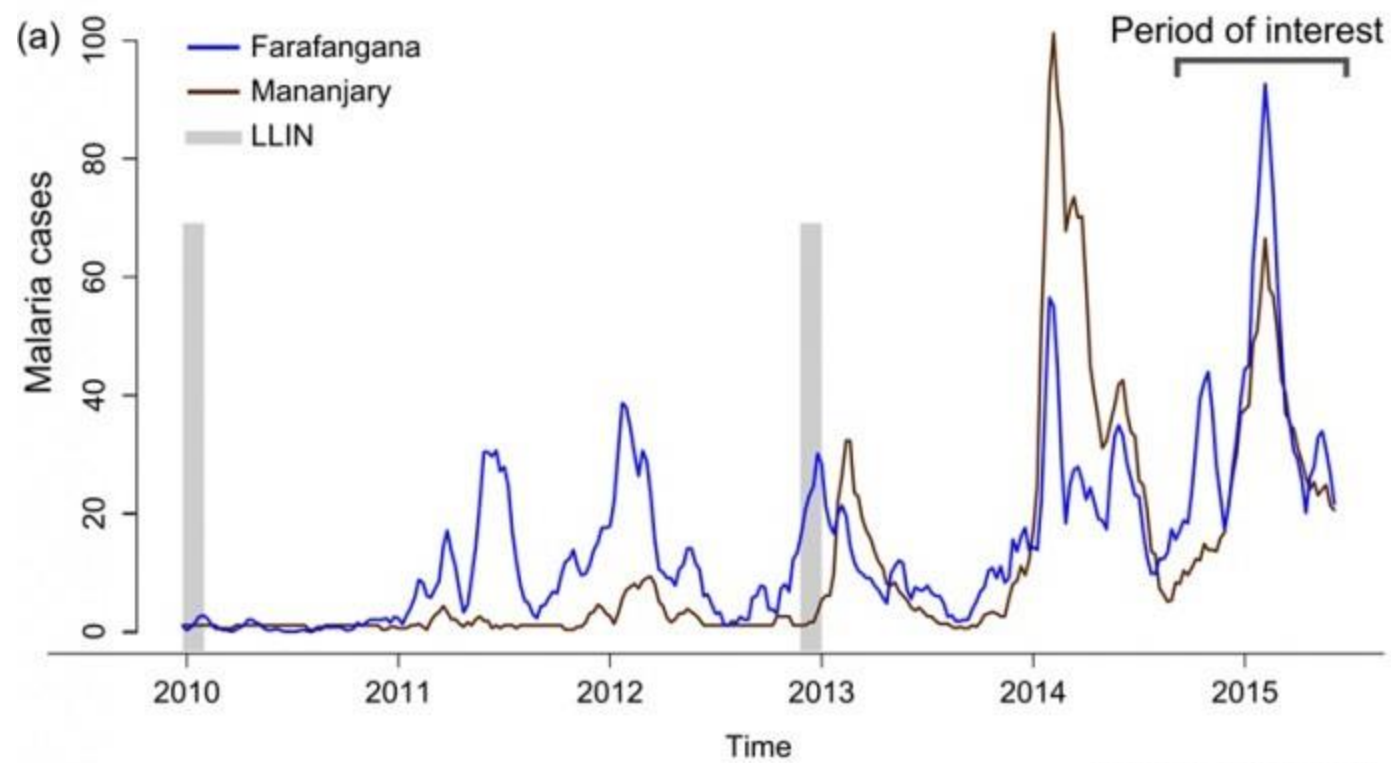




# Systeme d'alerte precoce (prédiction)

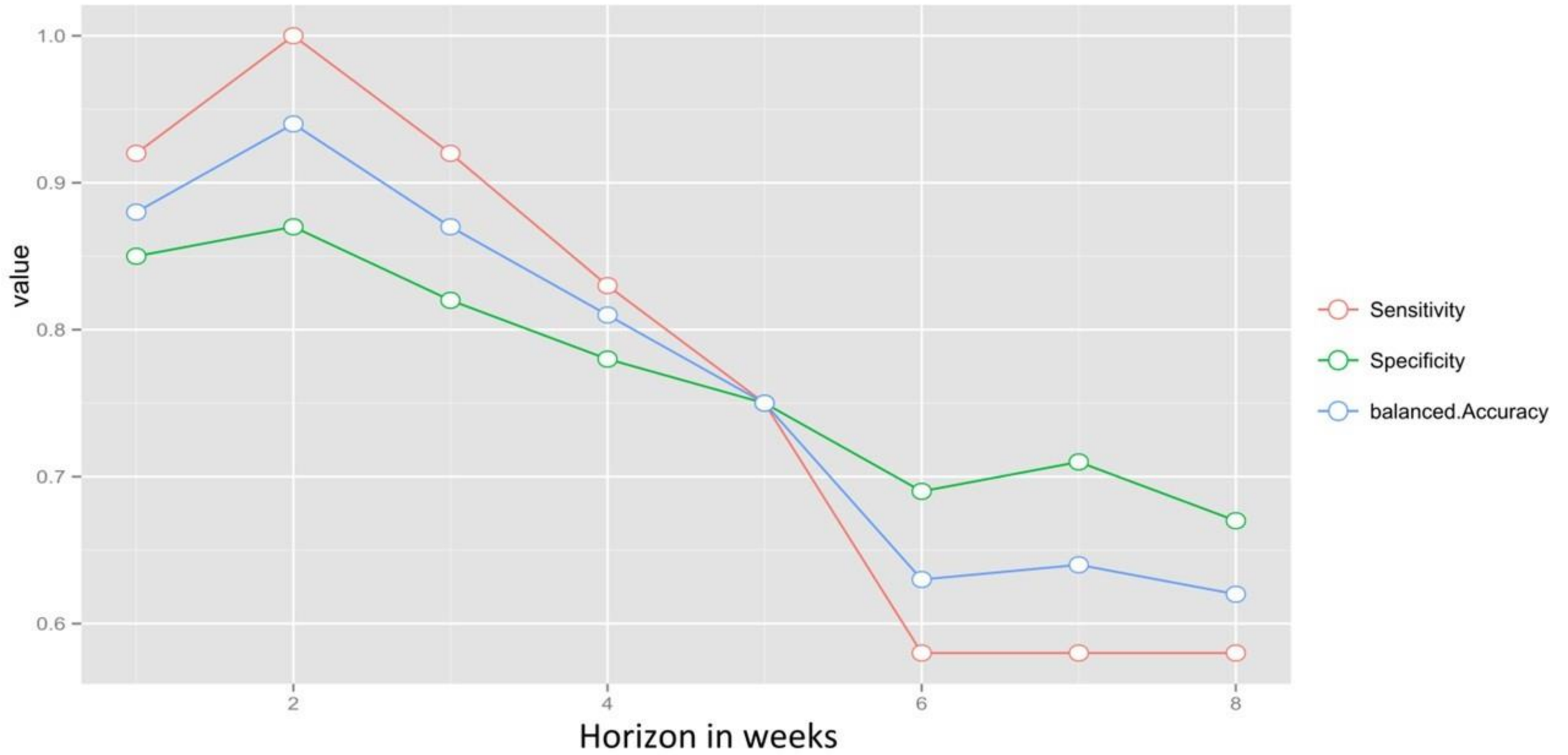


- Définir les délais d'association entre variables exogènes et nombre de cas
- Période de post-distribution de MILD
- <52 semaines
- >52 semaines et < 104 semaines
- >104 semaines
- Fonction auto.arima ( Rob J Hyndman) package forecast R
- Association significative Cas de paludisme - Précipitations (retardées de 8 semaines)
- Distributions de masse de moustiquaire étaient associées significativement aux cas de paludisme

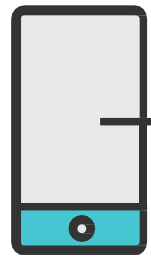


- Entraînement du modèle de 2009-12-21 à 2015-02-16.
- Utilisation des dernières 52 semaines pour période de test (one-step-ahead forecast)
- 16 alertes sur la période de 52 semaines
- Évaluation de la performance prédictive estimée par une matrice de confusion (% alertes prédites / alertes détectées)

# Matrice de confusion ( Farafangana + Mananjary)

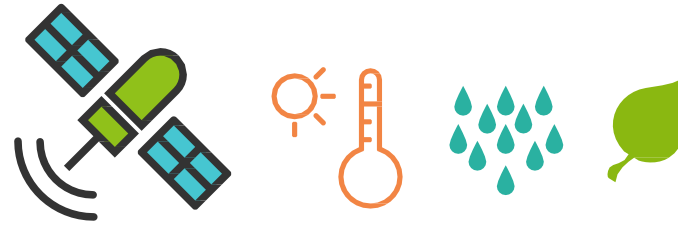


Sentinel disease notifications

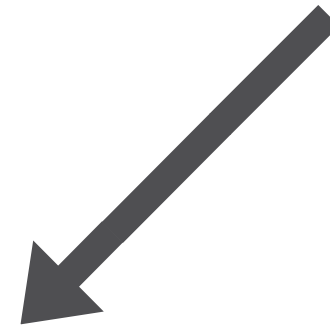
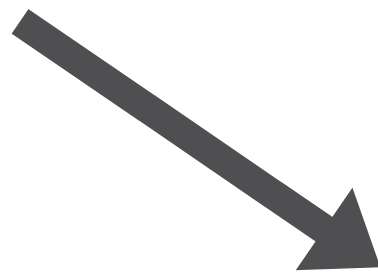


SMS

Satellite weather data



LLINs  
IRS

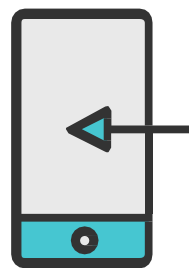


Automatic analysis to detect trends and alerts (outbreak detection)

Interactive web interface

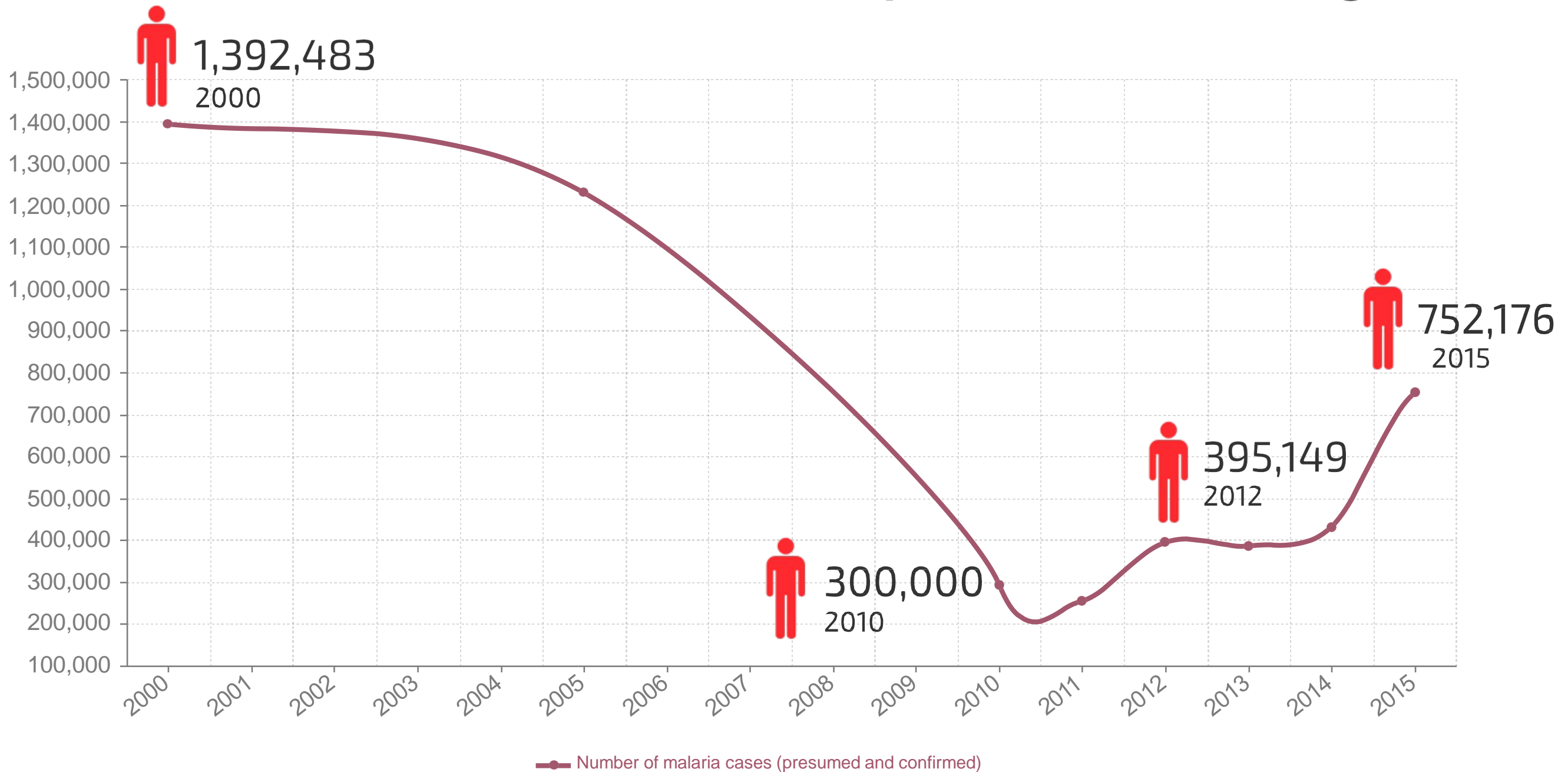


Automatic feedback Report sent by SMS



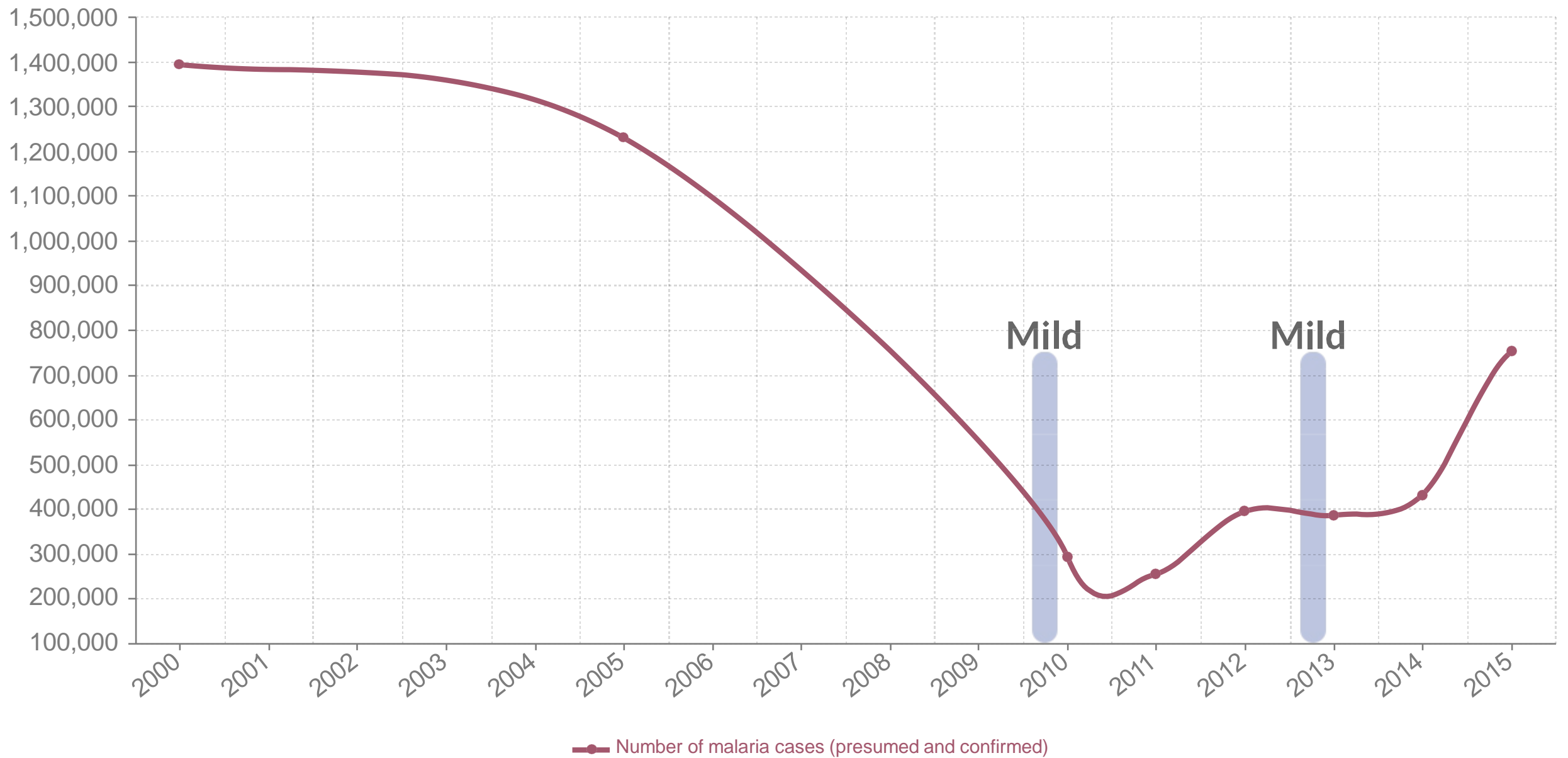


# Nombre de cas de paludisme à Madagascar



Source: World Malaria Report 2016

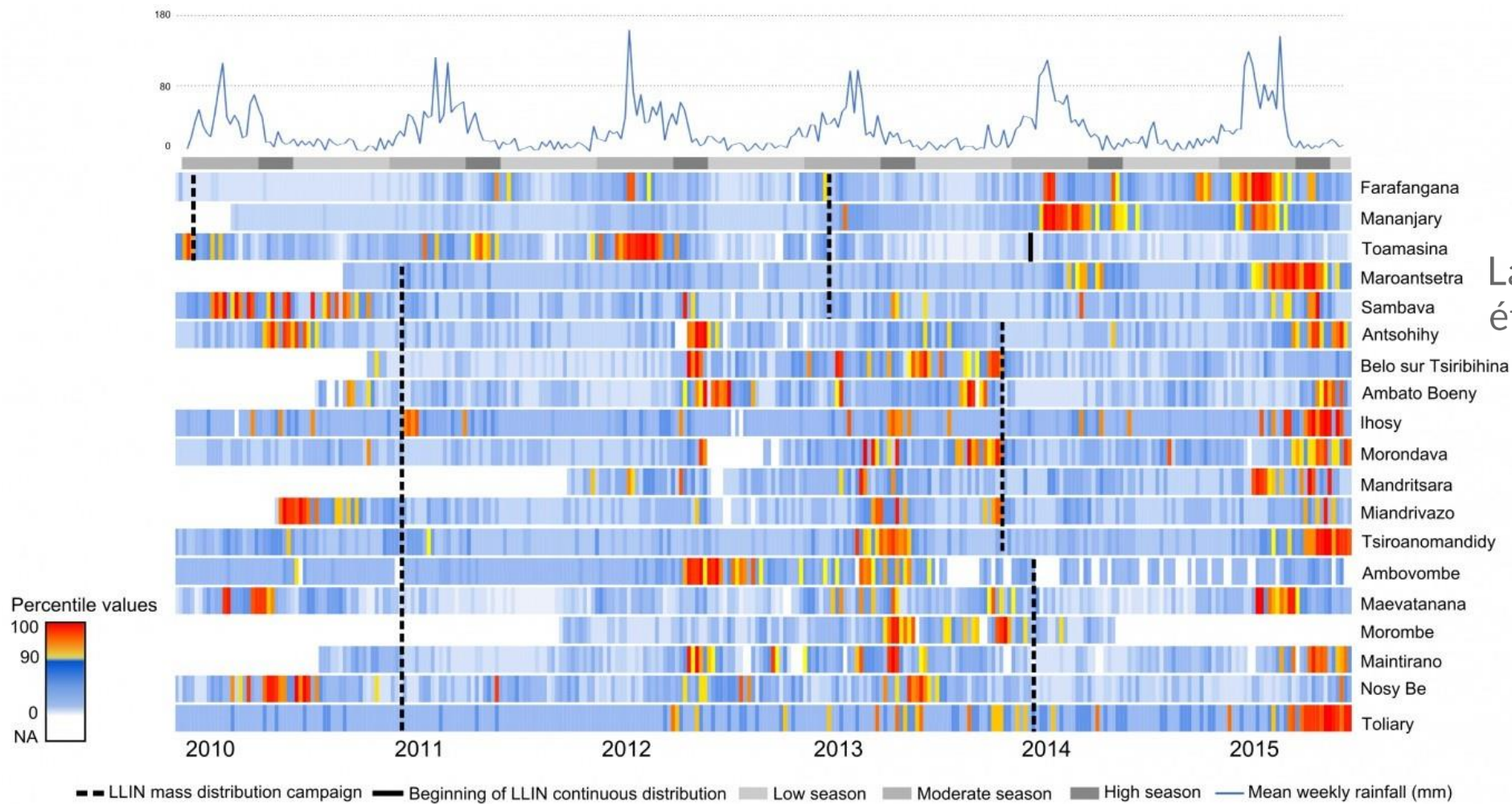
# Nombre de cas de paludisme à Madagascar



Source: World Malaria Report 2016







La moyenne des valeurs de percentile était de :

**50.2** pendant la **première** année

**60.4** pendant la **deuxième** année

**71.9** pendant la **troisième** année

# Analyser la durabilité de l'efficacité réel des campagnes de distribution de masse de moustiquaires

- Un modèle linéaire généralisé : Nombre de cas et périodes post distribution
- Analyser (décrire) le délai entre la distribution de masse moustiquaires et une alerte
- Un modèle linéaire généralisé (logit) : Évaluer le risque d'alerte au cours des périodes post distribution
- Évaluer les effets d'une combinaison d'une distribution de masse de moustiquaire suivi par la mise en place d'une distribution continue sur le site de Toamasina

# Nombre de cas et distribution de moustiquaires

## Modèle linéaire généralisé

Les séries temporelles du nombre de cas ont été transformées en valeur hebdomadaire de percentile

La période post-distribution divisée en 3 périodes :

- $\leq 52$  semaines (référence)
- $> 52$  semaines et  $< 104$  semaines
- $> 104$  semaines



# Nombre de cas et distribution de moustiquaires

## Modèle linéaire généralisé

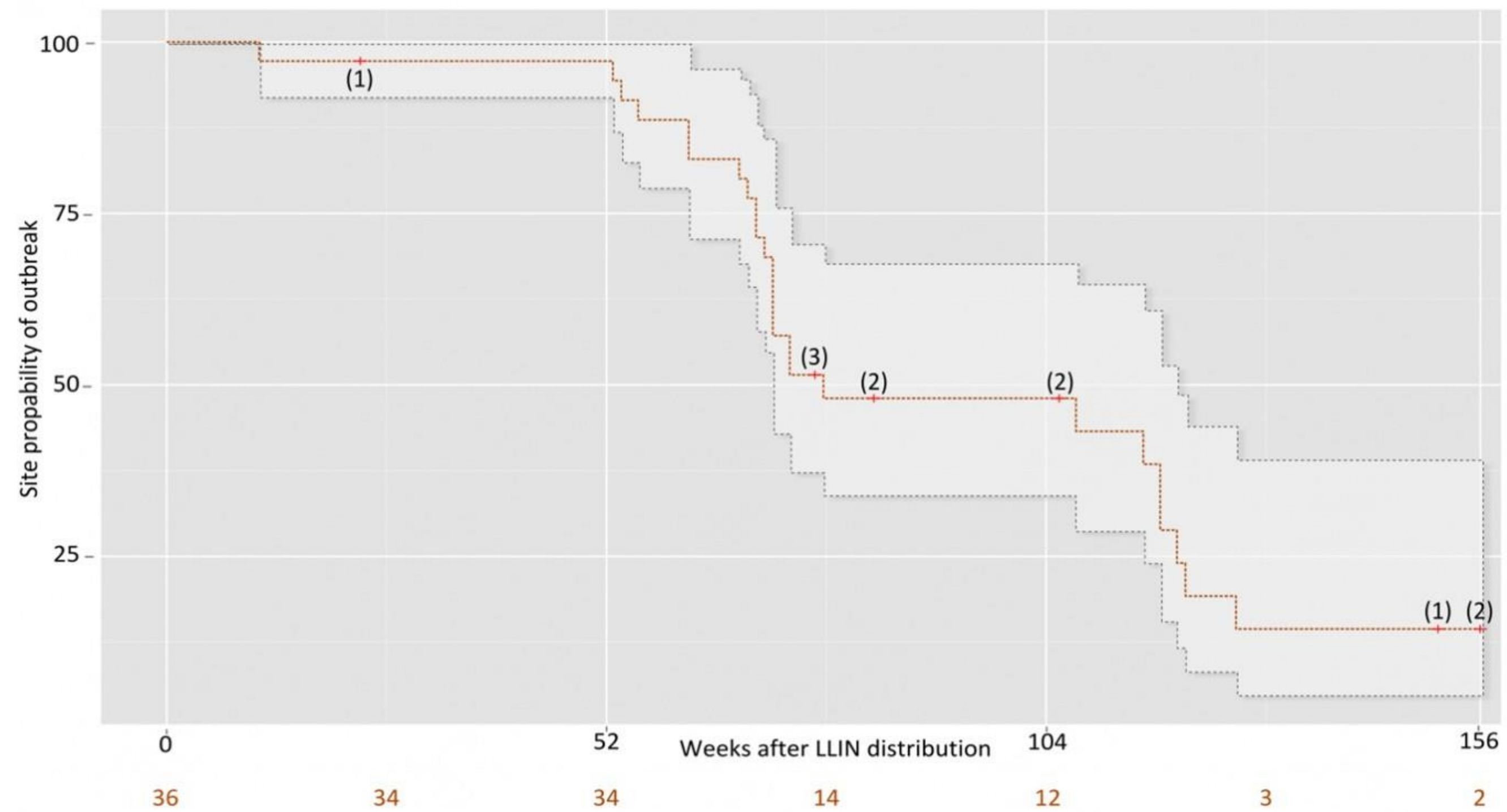
Les séries temporelles du nombre de cas ont été transformées en valeur hebdomadaire de percentile

La période post-distribution divisée en 3 périodes :

- $\leq 52$  semaines (référence)
- $> 52$  semaines et  $< 104$  semaines
- $> 104$  semaines

Une augmentation de **13.6** points (95%CI [12.1 - 15.1]  
p-value  $< 0.001$ ) au cours de la **deuxième** année suivant la  
distribution de moustiquaires

Une augmentation de **21.4** points (95%CI [19.6 - 23.1]  
p-value  $< 0.001$ ) au cours de la **troisième** année suivant la  
distribution de moustiquaires



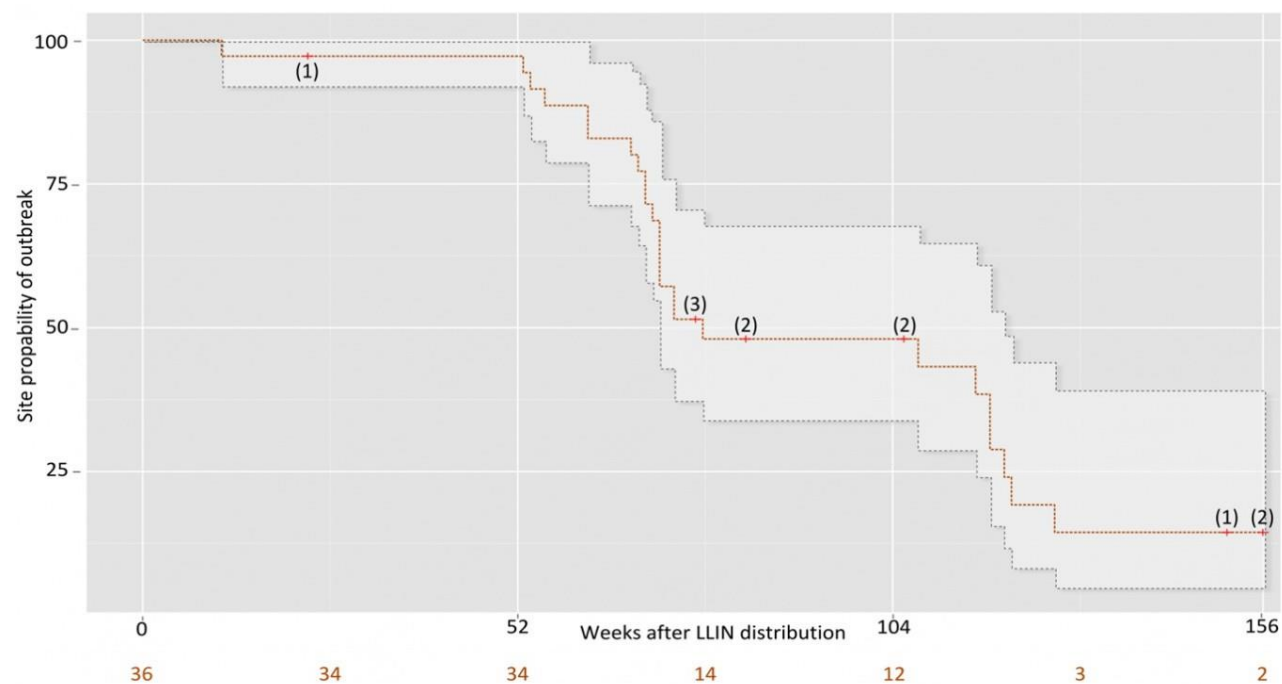
# Courbe de survie

**1** seul site dépasse le seuil de détection au cours de la **première** année

**50%** des sites dépassent le seuil au cours de la **deuxième** année

**69.4%** des sites dépassent le seuil au cours de la **troisième** année

**2** sites n'ont dépassé le seuil au cours de la période de suivi



La probabilité de rester sans alerte était de :

**98.2 %** dans la première année

**56.7%** dans la seconde année

**31.5%** dans la troisième année

# Nombre de cas et distribution de moustiquaires

## Modèle linéaire généralisé (logit function)

Évaluer le risque d'alerte au cours des trois mêmes périodes suivant la distribution

La période post-distribution divisée en 3 périodes :

- $\leq 52$  semaines (référence)
- $> 52$  semaines et  $< 104$  semaines
- $> 104$  semaines



# Nombre de cas et distribution de moustiquaires

## Modèle linéaire généralisé (logit function)

Évaluer le risque d'alerte au cours des trois mêmes périodes suivant la distribution

La période post-distribution divisée en 3 périodes :

- $\leq 52$  semaines (référence)
- $> 52$  semaines et  $< 104$  semaines
- $> 104$  semaines

La probabilité d'alerte était de **36.8** (95%CI [15.4 -120.4])  
au cours de la **deuxième** année suivant la distribution de  
moustiquaires

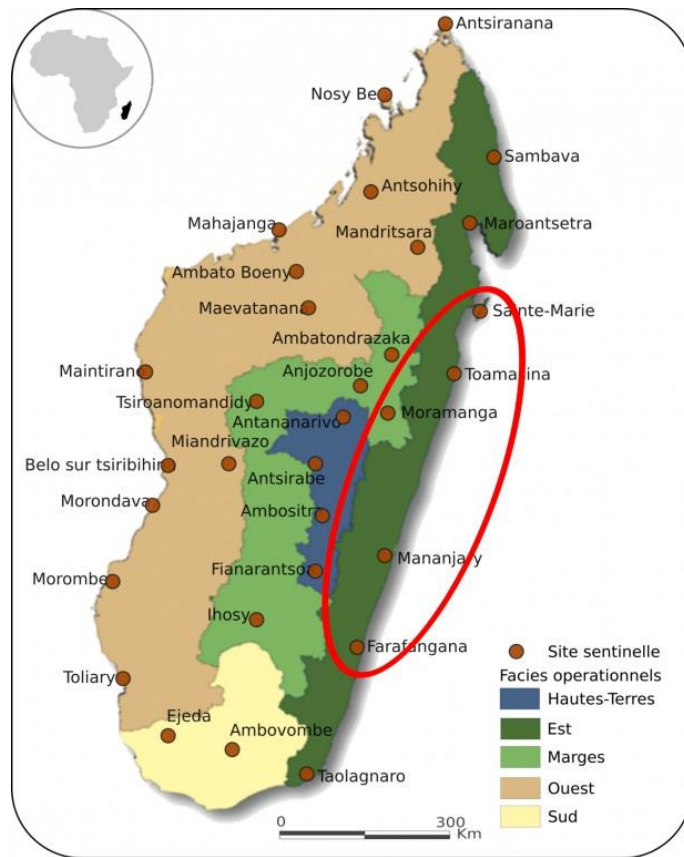
La probabilité d'alerte était de **53.8** (95%CI [22.4 -176.4])  
au cours de la **troisième** année suivant la distribution de  
moustiquaires

# Nombre de cas et distribution de moustiquaires

## Modèle linéaire généralisé

Évaluer les effets d'une combinaison d'une distribution de masse de moustiquaire suivi par la mise en place d'une distribution continue.

Janvier 2013 à juin 2014



# Nombre de cas et distribution de moustiquaires

## Modèle linéaire généralisé

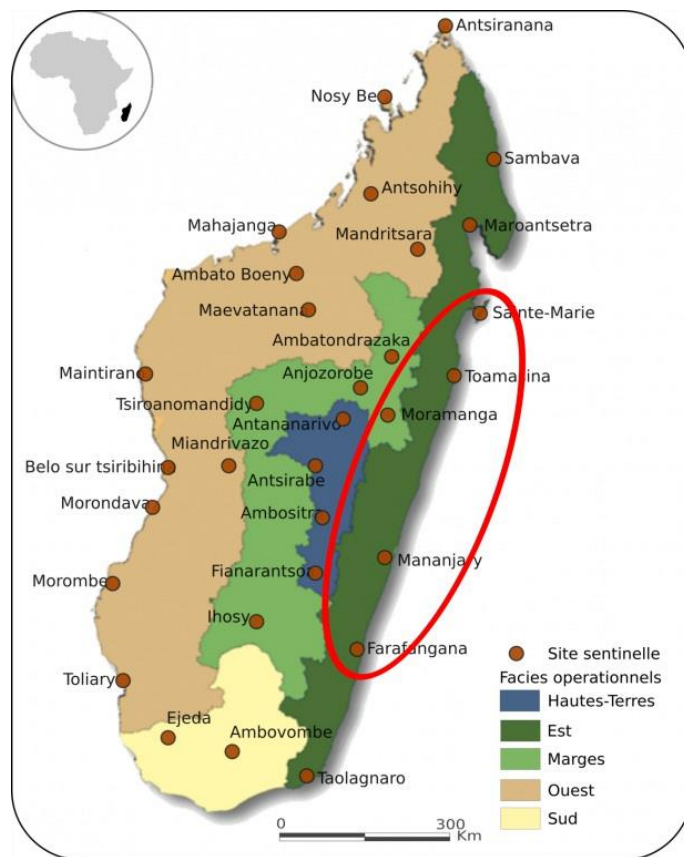
Évaluer les effets d'une combinaison d'une distribution de masse de moustiquaire suivi par la mise en place d'une distribution continue.

Janvier 2013 à Septembre 2013 : ref

Septembre 2013 à Juin 2014

Une **augmentation** de **21.02** points (95%CI [16.4 -25.6] p-value <0.001) au cours de la période étudiée

Une **diminution** de **14** points (95%CI [7.9 -19.9] p-value <0.001) au cours de la période étudiée sur le site de Toamasina



# Durabilité limitée de l'efficacité protectrice des campagnes de masse de distribution de moustiquaires

- Approche méthodologique importante pour l'évaluation de la durabilité de l'efficacité (eng. Effectiveness) des mesures de lutte et de contrôle du paludisme.
- Confirmation de l'effet protecteur des campagnes de masse de distribution de moustiquaires
- Durabilité limitée de l'efficacité des campagnes de masse de distribution de moustiquaires en l'absence de processus de distribution continue de moustiquaires (1 an)
- Confirmation de l'effet positif de la combinaison de plusieurs canaux de distribution de moustiquaires
- En l'absence de système de distribution continue, une distribution massive année sur année de moustiquaire est essentielle pour maintenir les gains obtenus

# Conclusion/Perspectives

- Mise en place d'un système d'alerte précoce
- Démonstration de sa capacité à détecter des épidémies
- Limite dans l'utilisation de modèle de prédiction de manière prospective et opérationnelle
- La pertinence de l'utilisation des concepts de Mobile-Health
- Générer des hypothèses
- Système ouvre la voie à de nouvelles recherches
- Développement de système plus générique
- Application de la plate-forme web au projet Malaria Elimination 8

# Publications

- Florian Girond; Laurence Randrianasolo; Lea Randriamampionona; and al. **Analysing trends and forecasting malaria epidemics in Madagascar using a sentinel surveillance network: a Web-based application.** *Malar J.* 2017;1–11.
- Florian Girond; Laurence Randrianasolo; Lea Randriamampionona; and al. **Evaluating effectiveness of long-lasting insecticidal net mass distributions over time using a sentinel surveillance network: evidence from Madagascar.** Soumission prévue dans *Lancet Global Health*





ELIMINATION 8

ANGOLA • BOTSWANA • MOZAMBIQUE • NAMIBIA  
SOUTH AFRICA • SWAZILAND • ZAMBIA • ZIMBABWE



**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

