

**AIX-MARSEILLE UNIVERSITE (AMU)**



**AIX-MARSEILLE SCHOOL OF ECONOMICS (AMSE)**



**MASTER 2 ECONOMIE : PARCOURS ECONOMETRICS, BIG DATA, STATISTICS**

**RAPPORT DE STAGE DE FIN DE FORMATION**

**CALIBRATION DE MODELES ET VISUALISATION DE DONNEES POUR EXPLORER LES AVENIRS  
PLAUSIBLES DE LA ZONE DES NIAYES AU SENEGAL**

Réalisé par :  
**Crésus KOUNOUDJI**

# PLAN



```
graph LR; PLAN((PLAN)) --- C[CONTEXTE]; PLAN --- OM[OBJECTIFS ET MISSION]; PLAN --- M[MÉTHODOLOGIE]; PLAN --- R[RÉSULTATS]; PLAN --- CON[CONCLUSION];
```



**CONTEXTE**



**OBJECTIFS ET MISSION**



**MÉTHODOLOGIE**



**RÉSULTATS**



**CONCLUSION**



# CONTEXTE

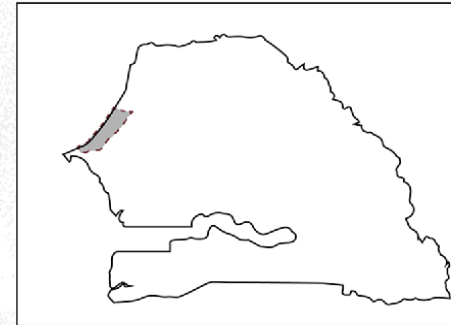


# Contexte (1/2)

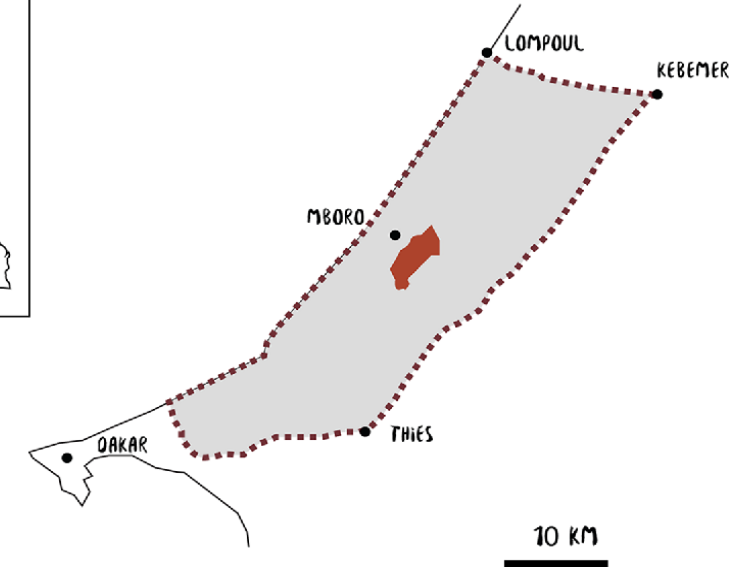


Au Sénégal, l'agriculture représente 16% du PIB et fournissait en 2006 70% des emplois (AFD, 2021)

La zone des Niayes produit 60% des produits horticoles du Sénégal (Fare et al., 2017)



SÉNÉGAL



Cette zone, fait face à une urbanisation croissante au détriment des terres agricoles, aux activités minières et agro-industrielles, à la baisse de niveau et à la salinisation des nappes phréatiques (Fare et al. (2017), Camara et al. (2018), et Camara et al. (2019)).

## Contexte (2/4)



L'objectif est, à travers les méthodes de prospectives, d'explorer et mesurer les avenir plausibles de la zone des Niayes.

Puissant outil d'aide à la décision, de planifications stratégiques.



Une première phase du projet, a permis à travers des activités participatives avec les experts locaux, d'identifier des scénarii et des narratifs pour des futures plausibles. Avec des facteurs déterminants pour les bifurcations.



Le projet Niayes 2040 financer par l'AFD et mené par le Cirad, vise à répondre à une question légitime dans ce contexte :  
Quel avenir pour la zone des Niayes ?



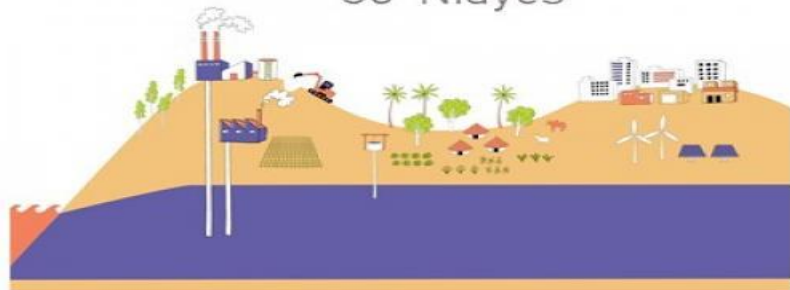
# Contexte (3/4)



Les ateliers illustrés à l'image ont conduit à, entre autres :  
1 publication scientifique, 2 films d'animation des scenarii, 15 restitutions etc.

# Contexte (4/4)

Co-Niayes



Les écovillages



Les Niayes touristiques



SOS Niayes



La zone minée



La ville verte autogérée



## Facteur

Pression démographique

Infrastructures d'éducation et de formation

Ressource eau

Systèmes de production

Ressource sol

Réglementation de l'usage des sols

Gouvernance



# OBJECTIFS ET MISSION





# Objectifs et Mission (1/2)

La première phase du projet a été principalement descriptive. Dans cette seconde phase, on cherche à apporter une dimension empirique aux différents avenir explorés.

C'est dans ce cadre que s'inscrit mon stage. Il s'agira principalement de proposer et/ou d'implémenter des méthodes analyses et autres calculs statistiques.

## DONNÉES D'ENTRÉES:

Sorties de modèles de simulations;  
Données d'observations;  
[ Table de données, Raster,  
etc.(.csv, .xls,.shp, .tiff,...)]

Format prédéterminé

## PROGRAMME R:

Automatisé pour prendre les différentes entrées et faire les analyses et retourner des sorties utiles.

Tableaux / Résultats d'analyses

Options dans les fonctions

ET/OU

Options dans les fonctions

Graphs divers

# Objectifs et Mission (2/2)

## Objectif Général

Calibrer les modèles et explorer graphiquement les scénarii.

### Objectif Spécifique 1

Estimer la dynamique  
démographique.

### Objectif Spécifique 2

Dégager des profils  
d'exploitation.

### Objectif Spécifique 3

Identifier les  
paramètres à estimer  
précisément.

### Objectif Spécifique 4

Calibrer et valider les  
modèles de simulation  
Hydro et OCS.

### Objectif Spécifique 5

Fournir des  
représentations  
graphiques des scénarii

# MÉTHODOLOGIE



# Méthodologie (1/8)

## Processus d'analyse

### Analyse descriptive

- Estimer la dynamique démographique
- Dégager des profils d'exploitation (à des fins de simulations)



### Analyse numérique des modèles de simulation

- Analyse de sensibilité
- Calibration du modèle
- Validation du modèle



Résultats  
d'analyse



Modèle  
Calibré



Visualisation





# Méthodologie (2/8)

## Sources des données

Données	Sources
Les données socio-démographiques de l'exploitation, les données sur les assolements, les itinéraires techniques, les investissements et les ventes.	Enquêtes 2015-2018 Projet d'Appui aux Politiques Agricoles (PAPA).
Les données de Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage (RGPHAE) de 2013.	Agence nationale de la statistique et de la démographie (ANSD Sénégal).
Série de valeurs piézométrique issues de stations géolocalisées, mensuelles ou annuelles entre 2006 et 2020.	Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en eau (DGPRE) et Industrie Minière la GCO.
Raster d'occupation du sol simulé pour les années 2006, 2014 et 2018. Série de valeurs piézométriques simulées avec un pas de temps décadaire.	Données de simulation fournies par l'équipe de modélisation du Cirad.

# Méthodologie (3/8)

## Analyse descriptive

### ❖ La dynamique démographique

#### Hypothèse de croissance exponentielle

$$P_{t_n} = P_{t_0} \times e^{(r \times d)}$$

#### Hypothèse de croissance géométrique

$$P_{t_n} = P_{t_0} \times (1 + r)^d$$

- ❑  $r = \text{taux de croissance annuel moyen}$
- ❑  $d = \text{distance (en nombre années) entre la date initiale } t_0 \text{ et } t_n$

### ❖ La typologie des exploitations



*Journal of Statistical Software*  
MMMMMM YYYY, Volume VV, Issue II. <http://www.jstatsoft.org/>

#### ClustOfVar: An R Package for the Clustering of Variables

Marie Chavent  
University of Bordeaux

Vanessa Kuentz  
CEMAGREF Bordeaux

Benoît Liquet  
University of Bordeaux

Jérôme Saracco  
University of Bordeaux



Journal de la Société Française de Statistique  
Vol. 154 No. 2 (2013)

#### Une approche par classification de variables pour la typologie d'observations : le cas d'une enquête agriculture et environnement

**Title:** A variable clustering approach for the typology of units: a survey on farming and environment

Vanessa Kuentz-Simonet<sup>1</sup>, Sandrine Lyser<sup>1</sup>, Jacqueline Candau<sup>1</sup>, Philippe Deuffic<sup>1</sup>  
Marie Chavent<sup>2</sup> et Jérôme Saracco<sup>2</sup>

# Méthodologie (4/8)

## Typologie des exploitations : Approche ClustOfVar

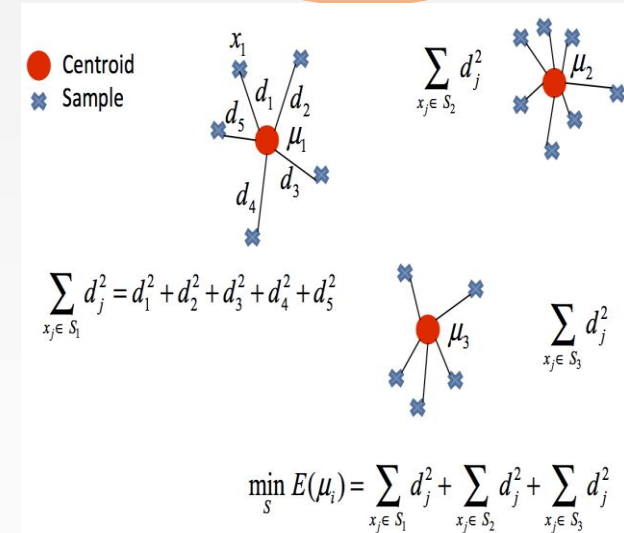
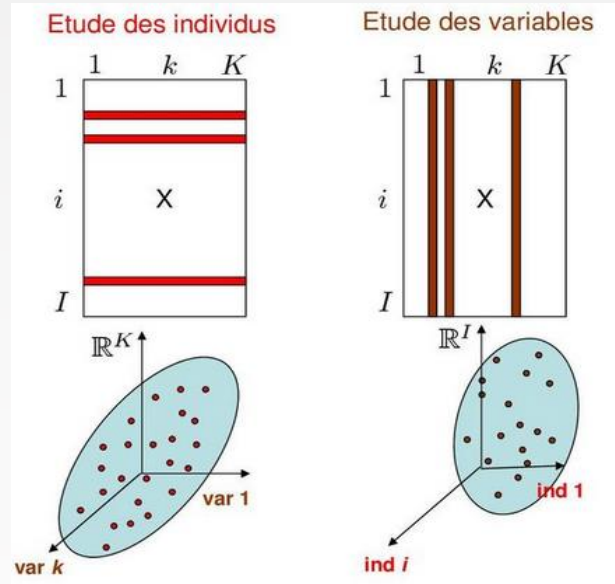
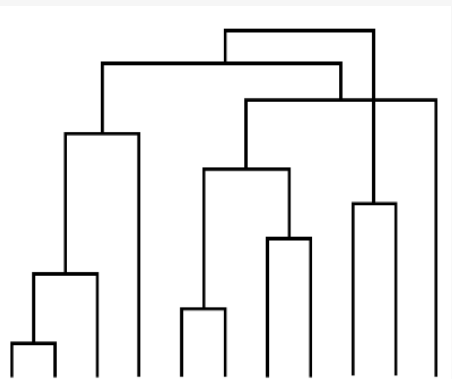
cluster de variables

Construction de variables  
synthétique  
(PCAMix / AFDM)

variables synthétiques

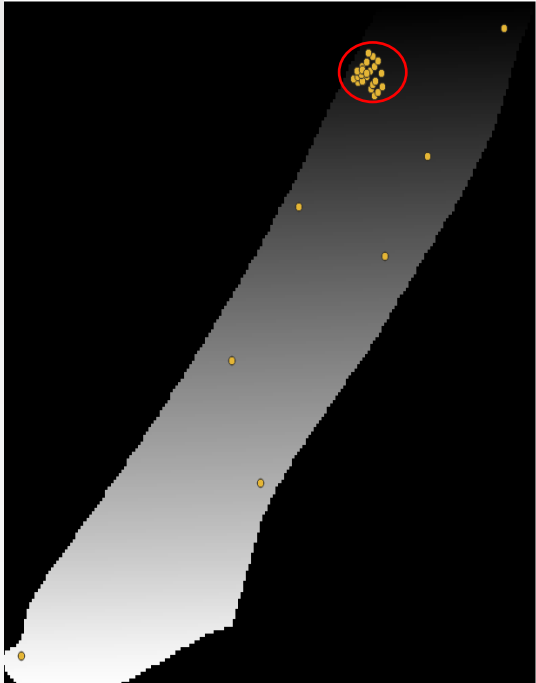
Clustering des  
individus  
(KMEANS)

Clustering des variables  
(CHA)



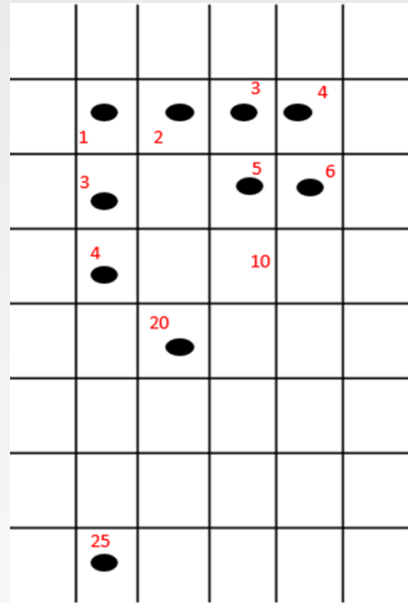
# Méthodologie (5/8)

## Choix de l'indicateur

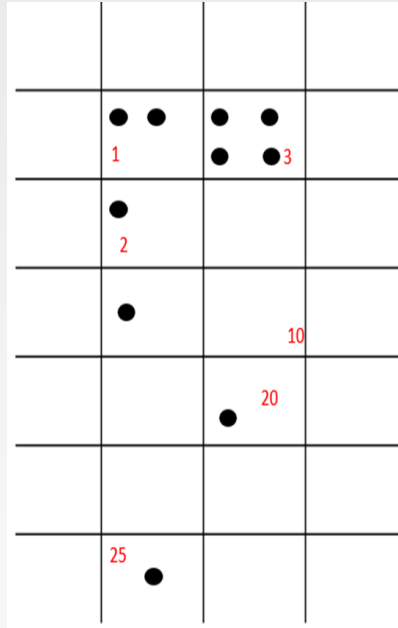


Illustrations de la disposition des stations sur la zone d'étude

Résolution 200



Résolution 1000



$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (y_k - \hat{y}_k)^2}$$

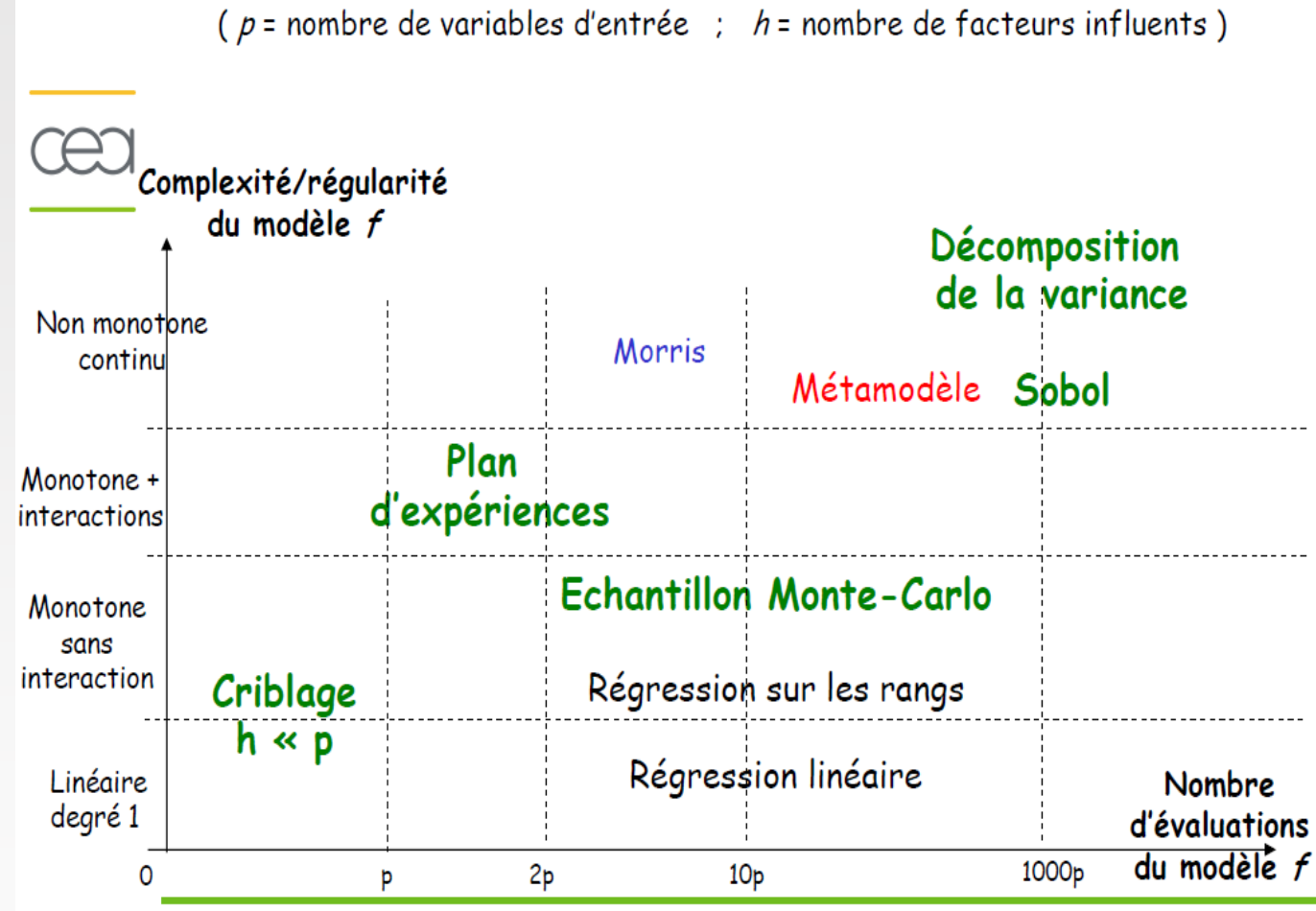
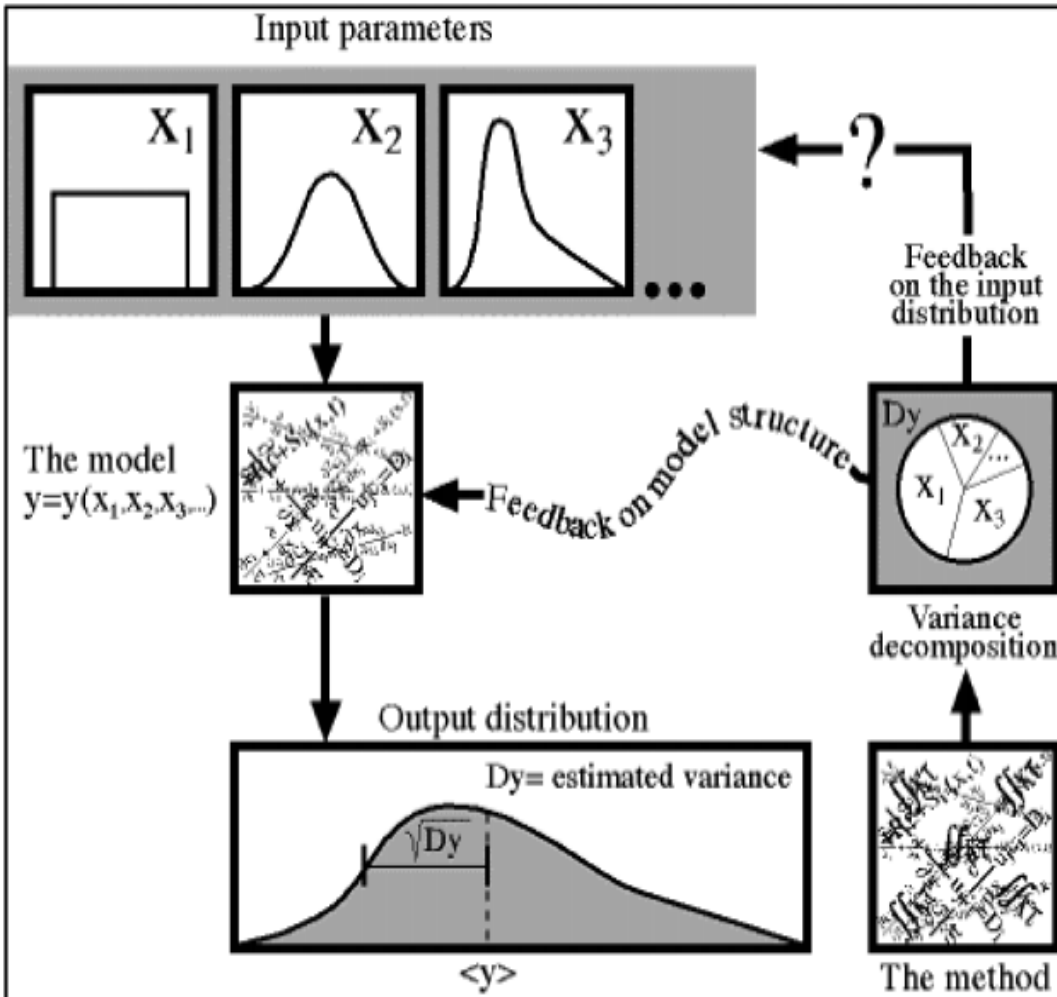
$$RMSE_{Niayes} = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} RMSE_i + \left(\frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} RMSE_j\right)}{(n_1 + 1)}$$

- $j = 1, \dots, n_2$  les stations de la zone minière DGPZ
- $i = 1, \dots, n_1$  les autres stations de la zone d'étude
- $RMSE_{Niayes}$  de la zone d'étude.



# Méthodologie (6/8)

## Analyse de sensibilité



Sources : Iooss (2009)

Source : Saltelli et al. (2000)

# Méthodologie (7/8)

## Méthode de MORISS

❖ Choix du plan de départ  $\theta_0$

$$F(\theta_0 = x_{1_0}, x_{2_0} \dots x_{i_0}, \dots, x_{n_0}) = RMSE_0$$

❖ Choix aléatoire d'un paramètre  $i$  à choquer avec  $\pm \delta$

$$F(\theta_1 = x_{1_0}, x_{2_0} \dots x_{i_1}, \dots, x_{n_0}) = RMSE_1$$

$$x_{i_1} = x_{i_0} \pm \delta_i$$

❖ Calcul du premier effet élémentaire du paramètre  $i$

$$EE_{1_{xi}} = \frac{(RMSE_1 - RMSE_0)}{\pm \delta_i}$$

❖ Discrétisation des valeurs des paramètres

$$I = [a, b]$$

$$q_i = [a, a + \delta, a + 2\delta, a + 3\delta, b]$$

$$\delta = \frac{b - a}{p - 1}$$

- $q_i$  = les valeurs d'entrée du paramètre  $X_i$
- $\delta$  = le choc élémentaire (l'écart entre les valeurs du paramètre)
- $I$  = l'intervalle de valeurs du paramètre  $X_i$
- $\theta_j$  = combinaisons des  $j$ -ème valeurs des paramètres d'entrée  $x_i$  dans l'ensemble de valeur  $q_i$
- $RMSE_j$  = RMSE calculé pour  $\theta_j$  comme paramètres d'entrée du model
- $EE_{j_{xi}}$  = RMSE calculé pour  $\theta_j$  comme paramètres d'entrée du model

	$\sigma$ Faible	$\sigma$ Élevé
$\mu^*$ Faible	Facteur négligeable	Facteur influent, effet non monotone et/ou interactions
$\mu^*$ Élevé	Facteur influent, effet linéaire	Facteur influent, effet non linéaire et/ou interactions

# Méthodologie (8/8)

## Calibration et validation de modèles

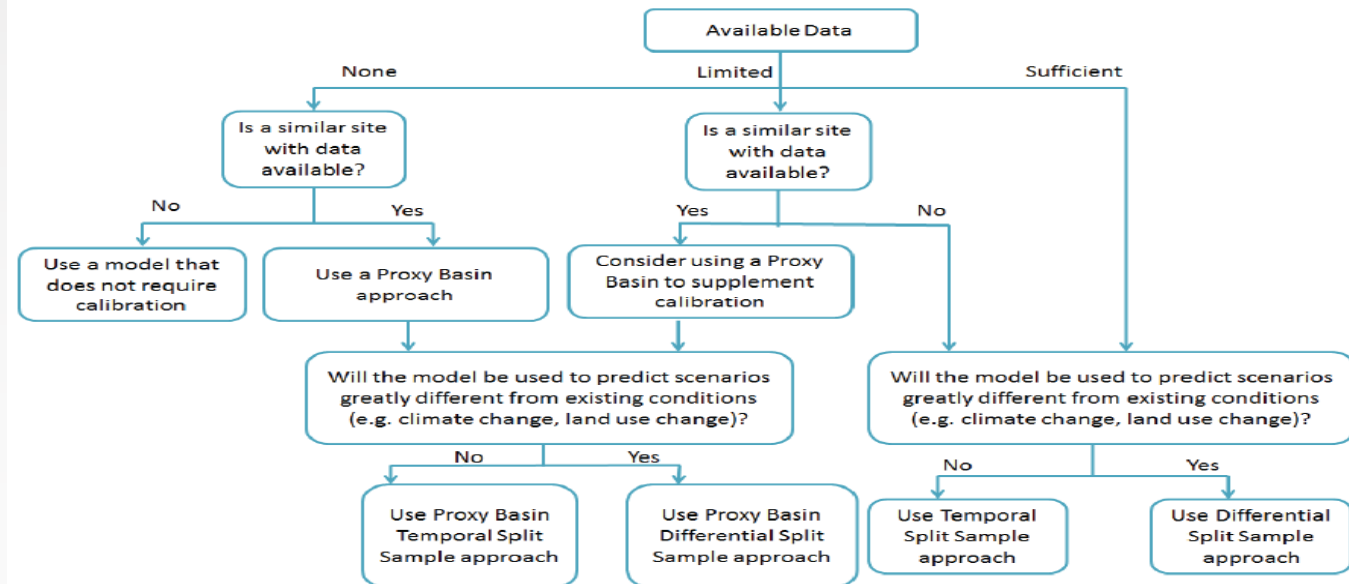
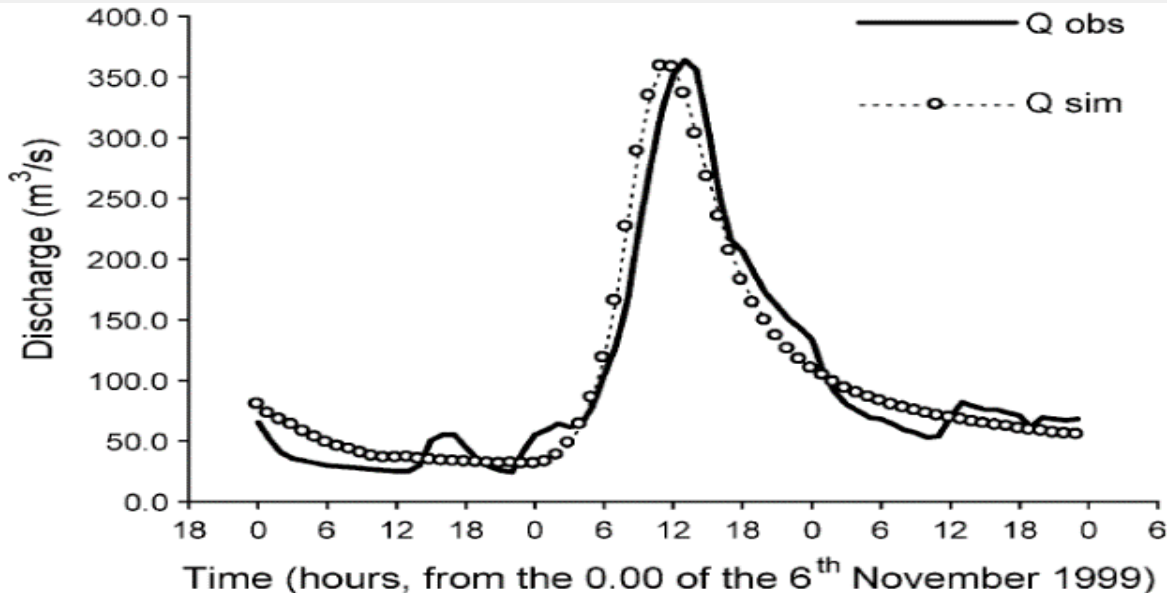
$$\theta_{optimal} = Argmin(||(Sim - Obs)||)$$

$\theta$  = Les paramètres du modèle

$Sim$  = les sorties de simulations du modèle

$Obs$  = les valeurs de mesures observées

Ici,  $||(Sim - Obs)||$  = RMSE



Sources : Montanari (?) citant (Brath et al., 2004)

Sources : Daggupati et al. (2015)

# RÉSULTATS

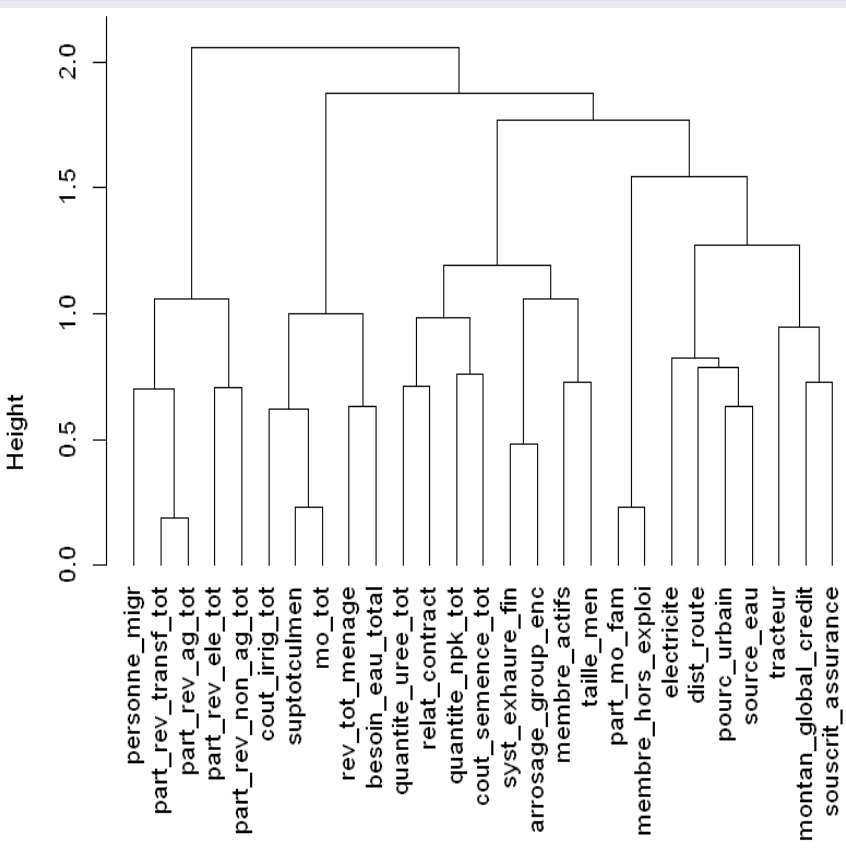




# Résultats (1/4)

## Analyse descriptive

- ☐ Taux de croissance estimé de 0.0267
- ☐ Projections fournies à l'équipe de modélisation



Clustering des variables



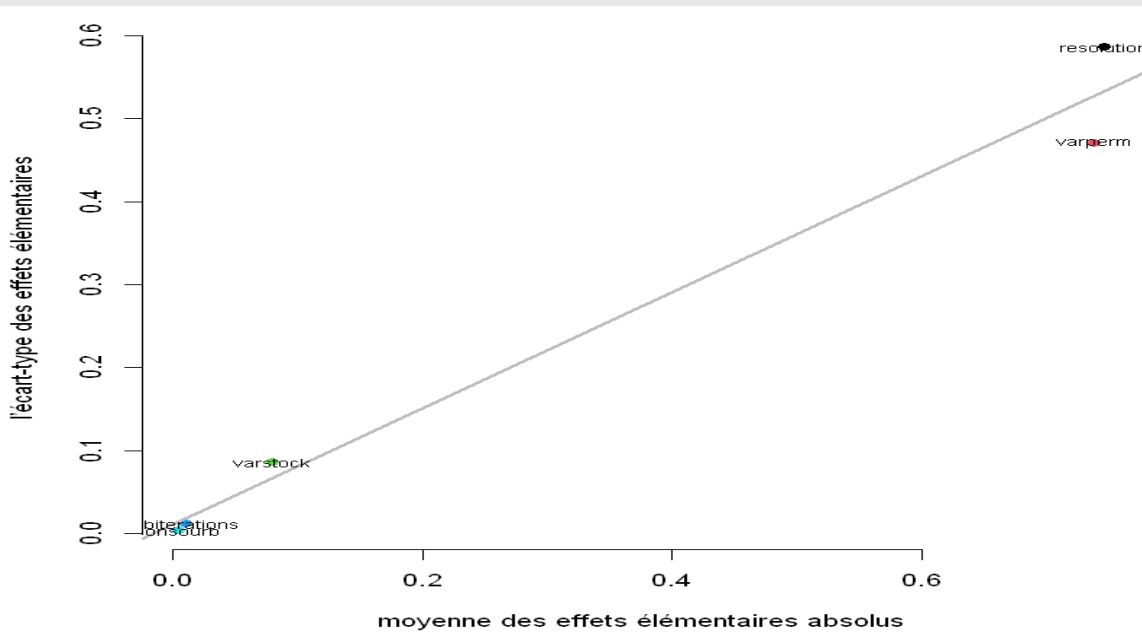
Clustering des exploitations

PARANGONS	CLUSTER	DISTANCE AU CENTROÏDE
3093	1	0.5
2115	1	0.7
2265	1	1
2818	1	1
2880	2	0.4
3046	2	0.8
2047	2	1.2
2840	2	1.2
1840	3	0.8
1858	3	0.9
2465	3	0.9
2831	3	1
1859	4	1.6
2070	4	1.6
3077	4	1.8
2123	4	2.0

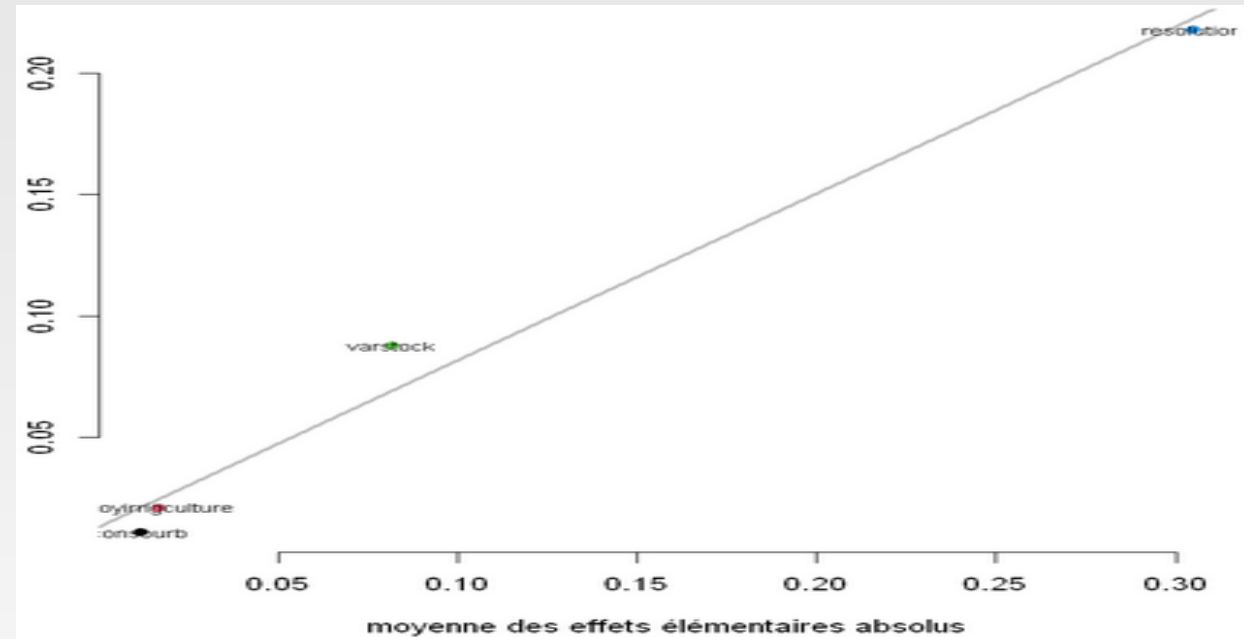
Individus parangons des classes

# Résultats (2/4)

## Analyse de sensibilité



	Moyenne des effets élémentaires absolus	Ecart type des effets élémentaires	Rang de Morris
resolution	0.747	0.587	1
varperm	0.738	0.471	2
varstock	0.080	0.087	3
nbiterations	0.010	0.012	5
Consourb	0.005	0.004	6

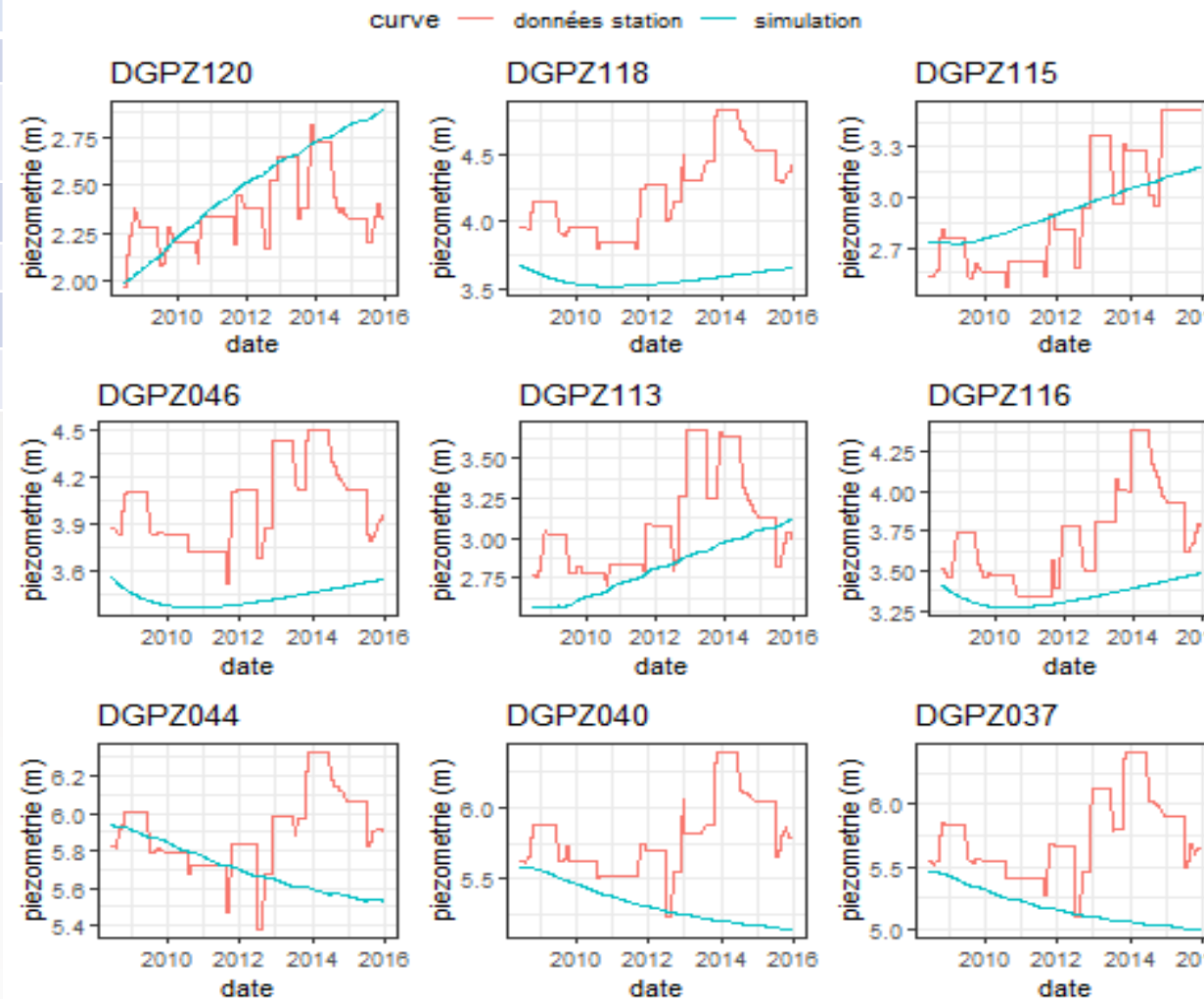


	Moyenne des effets élémentaires absolus	Ecart type des effets élémentaires	Rang de Morris
resolution	0.305	0.0218	1
varstock	0.083	0.088	2
moyirrigculture	0.017	0.021	3
Consourb	0.012	0.011	4

# Résultats (3/4)

## Calibration et validation de modèles

Calibration Hydro : 2008-2012					
Meilleure simulation	Paramètres				Indicateur
	consourb	moyirrigculture	varstock	resolution	rmse_agg_dgpz
Simulation 4	0.03	40.0	0.0	300.0	0,24
	Vérification Hydro :2013-2016				
	consourb	moyirrigculture	varstock	resolution	rmse_agg_dgpz
	0.03	40.0	0.0	300.0	0,39



# Résultats (4/4)

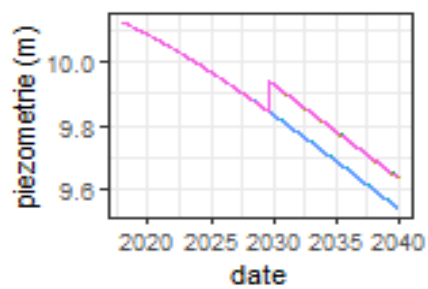
curve

- Co\_Niayes\_45
- Eco\_villages\_45
- niayes\_touristiques\_45
- sos\_niayes\_85
- sos\_niayes\_85\_pop40
- zone\_minee\_45\_maillage

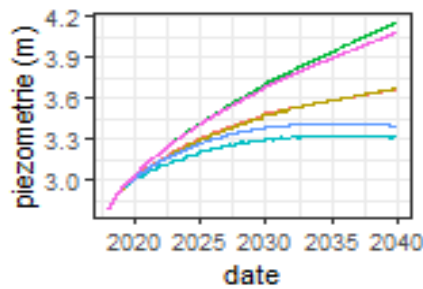
curve

- Co\_Niayes\_45
- Eco\_villages\_45
- niayes\_touristiques\_45
- sos\_niayes\_85
- sos\_niayes\_85\_pop40
- zone\_minee\_45\_maillage

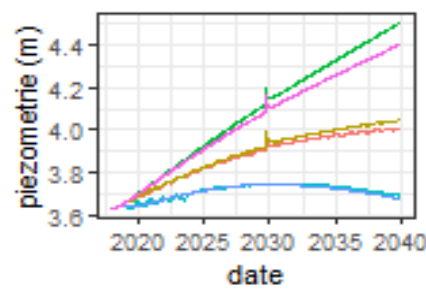
THIAMBENE-TEURE



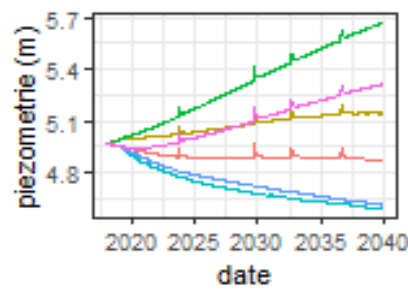
DGPZ120



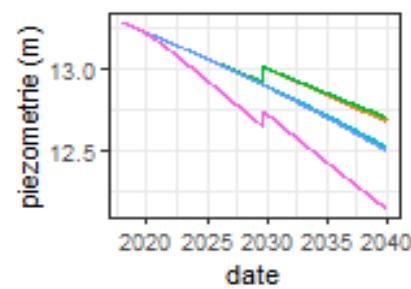
DGPZ118



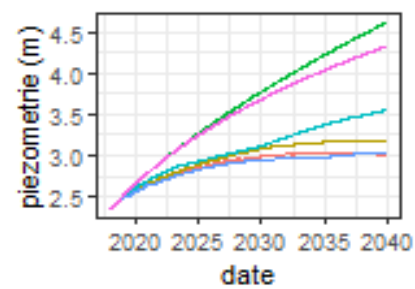
DGPZ037



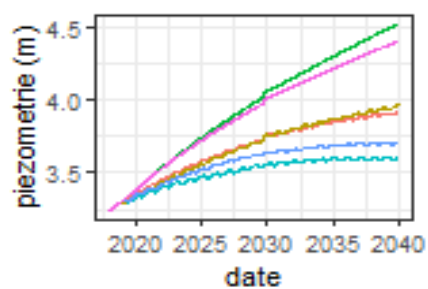
TAWA FALL



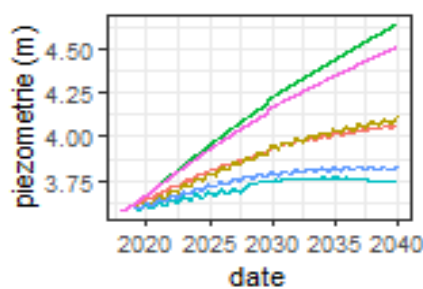
FASS BOYE Pz



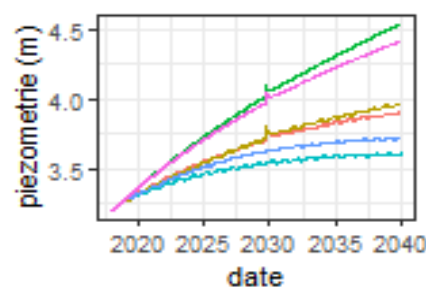
DGPZ115



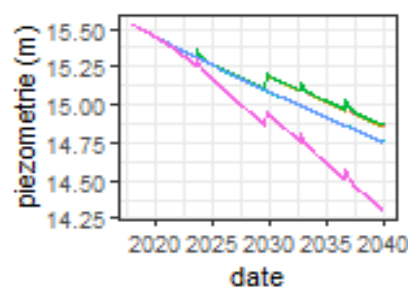
DGPZ046



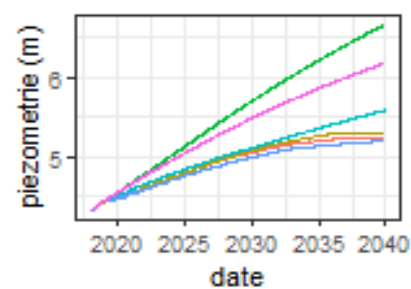
DGPZ113



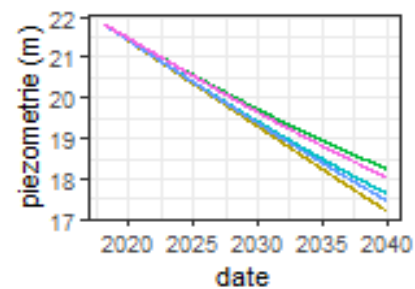
SANTHIOU SINE IC



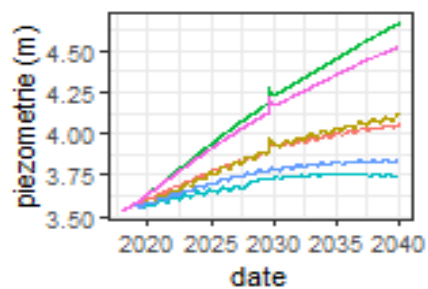
NDEUNE



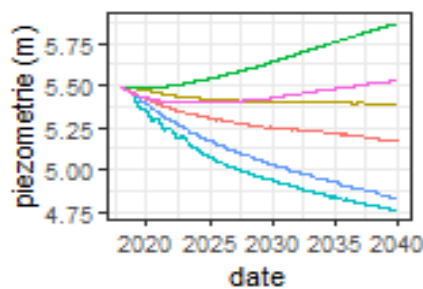
TAIBA NDIAYE Pt



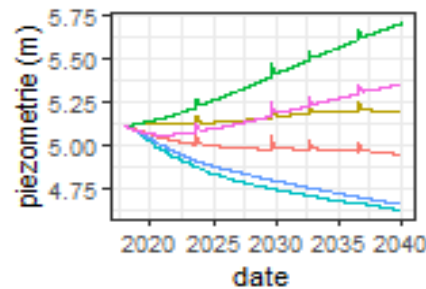
DGPZ116



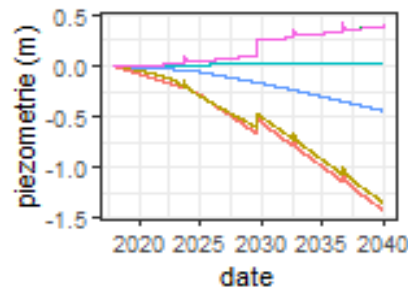
DGPZ044



DGPZ040



KAYAR PS7







# CONCLUSION



# Conclusion

De cette présentation, il faut retenir essentiellement que le travail fourni tout au long du stage et présenté dans mon rapport, a appuyé l'équipe de recherche du projet Niayes 2040 dans la simulation des différents scénarios pour le futur des Niayes. Pour y arriver, j'ai:

- ❑ Identifié quatre (04) profils d'exploitation dans la zone, dont les caractéristiques de classe des individus parangons, ont servi à l'équipe de recherche à reproduire les caractéristiques des exploitations agricoles dans leur modèle,
- ❑ Estimé les taux de croissance démographique de la zone. Ces taux ont été utilisés comme paramètre d'entrée du modèle Niayes2040 pour simuler la dynamique d'occupation du sol.
- ❑ Proposé et calculé plusieurs indicateurs de calibration, sur lesquels nous nous sommes basés pour réaliser des tests de sensibilités. Ces tests nous ont permis d'identifier les paramètres à calibrer de manière fine.
- ❑ Calibré les modèles sur une partie des données puis validé sur une autre.
- ❑ Enfin à partir des calibration produit des graphiques pour permettre de visualiser les sorties du modèle

**Merci pour votre  
aimable attention**

# Sources d'images non citées dans le texte:

- ❑ Camara, C. et al. (2018). « Rapport des ateliers de co-construction de scénarios prospectifs pour la zone sud des Niayes ».
- ❑ Husson, F. (2019) « Analyse en composantes principales (ACP) ».
- ❑ Jahel C. et al. (2019). « Rapport intermédiaire Niayes 2040 ».
- ❑ Afrik (2020) « Les secteurs économiques les plus porteurs pour entreprendre en Afrique ». <https://www.afrik.com/les-secteurs-economiques-les-plus-porteurs-pour-entreprendre-en-afrique>
- ❑ Bakka (2017) « Le Sénégal a exporté plus de 100.000 tonnes de produits horticoles sur le marché international ». <https://actuprime.com/senegal-exporte-produits-horticoles/>
- ❑ Faye, E. (2019) « ». <https://ur-hortsys.cirad.fr/en/videos/projet-niayes-2040>
- ❑ Paquet, P. (?) « Quel choix méthodologique privilégier pour le mémoire de fin d'études en école de commerce ». <https://www.expertmemoire.com/quel-choix-methodologique-privilegier-pour-le-memoire-de-fin-detudes-en-ecole-de-commerce/>