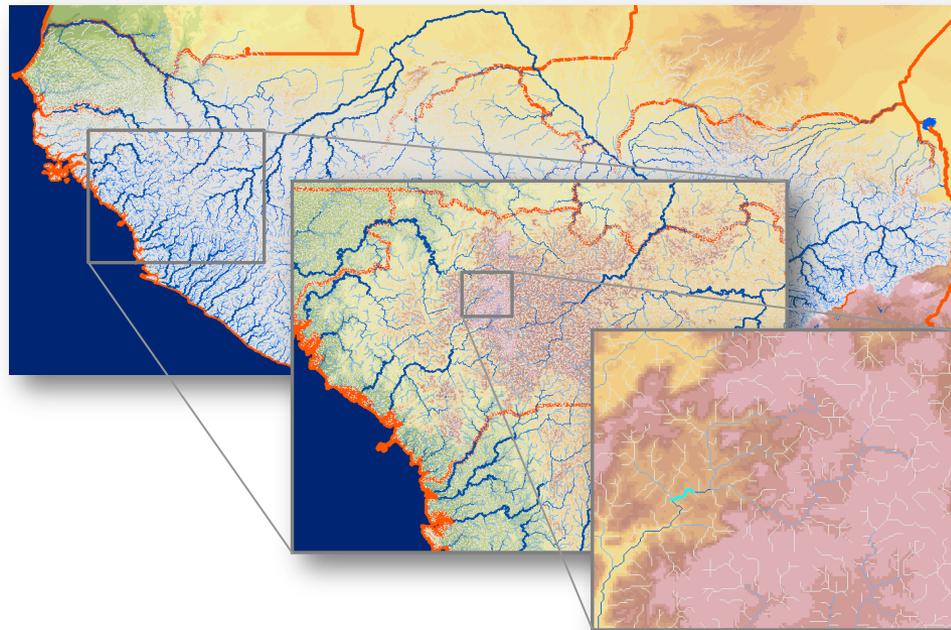


# Cartographie des ressources hydroélectriques via le GIS pour la région de la CEDEAO

## Session 2 : Défis liés aux données et enseignements tirés



**Formation, Dakar, Sénégal, juillet 2016**

**Formateur : Harald Kling**

**Pöyry, Hydro Consulting, Hydroélectricité Autriche**

Financé par



# Défis liés aux données et enseignements tirés

## Aperçu

- **Géo-référencement dans le GIS**  
jauges, barrages
- **Disponibilité des données à différentes périodes**  
Ensembles de données sur les débits et pluviosités observées
- **Traitement des données**  
Problème avec le logiciel
- **Enseignements tirés**
- **Discussion en groupe**

# Mesure du débit

## Certaines jauges au Nigeria



HYDROLOGY-GAUGE READINGS

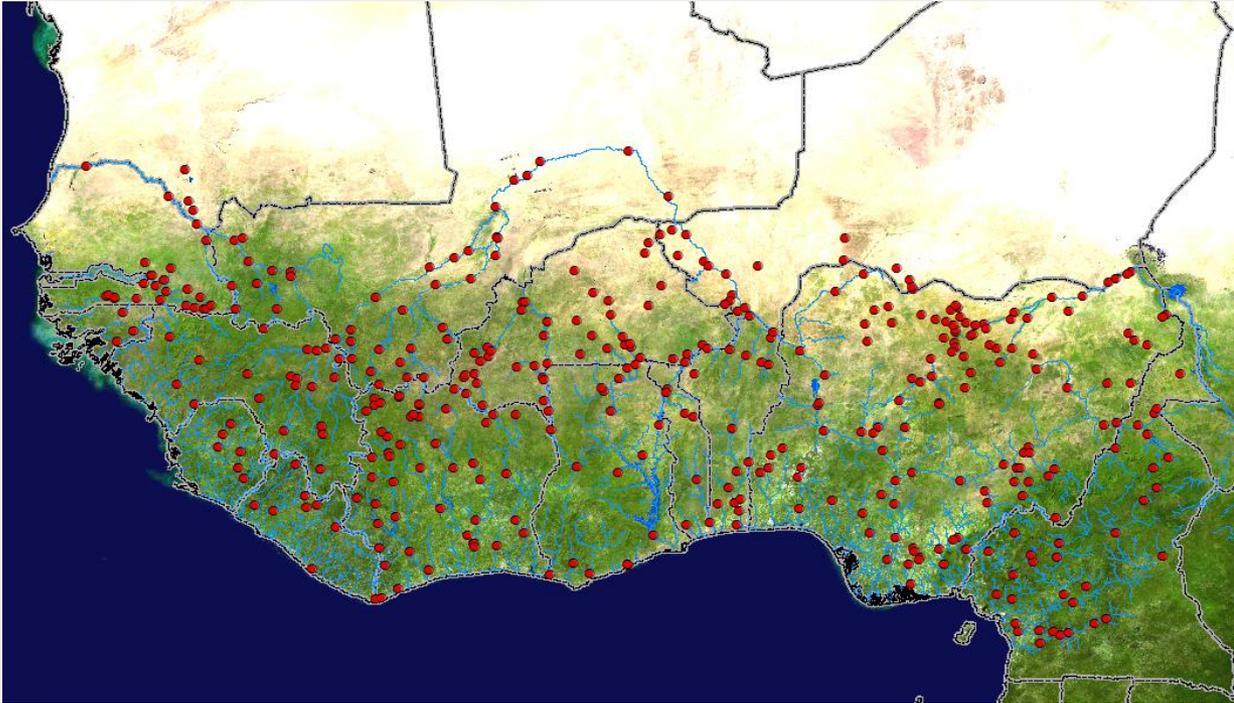
River: DL1 Gauge No: Location: LESHI BRIDGE  
Zero R. L. of gauge: T.610.58 From: 1-6-Z.616 Unit: mm

Date	Time	Gauge	Water level	Date	Time	Gauge	Water level
14/06/16	7:00	E	2.42	17/06	E	2.15	
15/06	12:00	E	2.43	18/06	E	2.13	
15/06	15:00	E	2.43	17/06	E	2.11	
16/06/16	7:00	E	2.45	17/06	E	2.09	
17/06	12:00	E	2.44	18/06	E	2.07	
18/06	15:00	E	2.44	19/06	E	2.07	
19/06	7:00	E	2.39	20/06	E	2.07	
19/06	12:00	E	2.39	21/06	E	2.07	
19/06	15:00	E	2.38	22/06	E	2.07	
20/06	7:00	E	2.36	23/06	E	2.07	
20/06	12:00	E	2.43	24/06	E	2.07	
20/06	15:00	E	2.36	25/06	E	2.07	
21/06	7:00	E	2.27	26/06	E	2.07	
21/06	12:00	E	2.24	27/06	E	2.07	
21/06	15:00	E	2.27	28/06	E	2.07	
22/06	7:00	E	2.19	29/06	E	2.07	
22/06	12:00	E	2.14	30/06	E	2.07	
22/06	15:00	E	2.25	01/07	E	2.07	
23/06	7:00	E	2.25	02/07	E	2.07	
23/06	12:00	E	2.27	03/07	E	2.07	
23/06	15:00	E	2.37	04/07	E	2.07	
24/06	7:00	E	2.19	05/07	E	2.07	
24/06	12:00	E	2.18	06/07	E	2.07	
24/06	15:00	E	2.24	07/07	E	2.07	
25/06	7:00	E	2.23	08/07	E	2.07	
25/06	12:00	E	2.20	09/07	E	2.07	
25/06	15:00	E	2.17				

- Le travail des préposés aux relevés de la jauge est extrêmement important !
- Niveau de l'eau mesuré une ou trois fois par jour
- Relevés manuels souvent effectués par saisie manuelle
- Courbe de tarage requise pour convertir le niveau d'eau (m) à déverser (m<sup>3</sup>/s)

# Mesure du débit en Afrique de l'Ouest

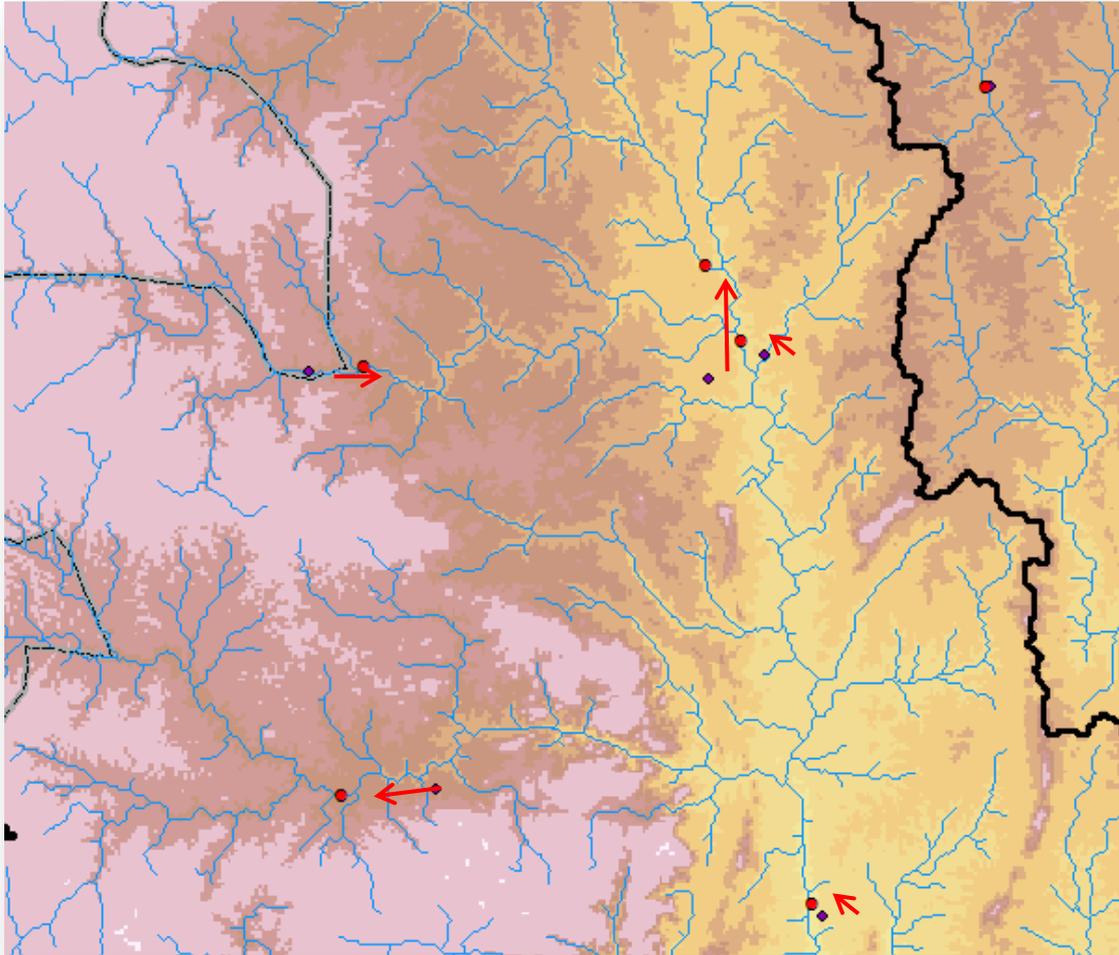
## 410 jauges de débit disponibles pour la présente étude



- 360 jauges obtenues auprès du GRDC
- 50 jauges obtenues auprès de(s) :
  - organisations de de gestion de bassins de fleuve
  - services hydrologiques nationaux
  - la JICA
- Presqu'aucune jauge située dans les fleuves convenables pour l'hydroélectricité à petite échelle.
- Les données de jauge couvrent différentes périodes d'observation .
- Problème majeur tenant à l'inexactitude de géo-référencement avant que les données ne puissent être utilisées pour l'étude de modélisation

# Jauges de débit de GRDC

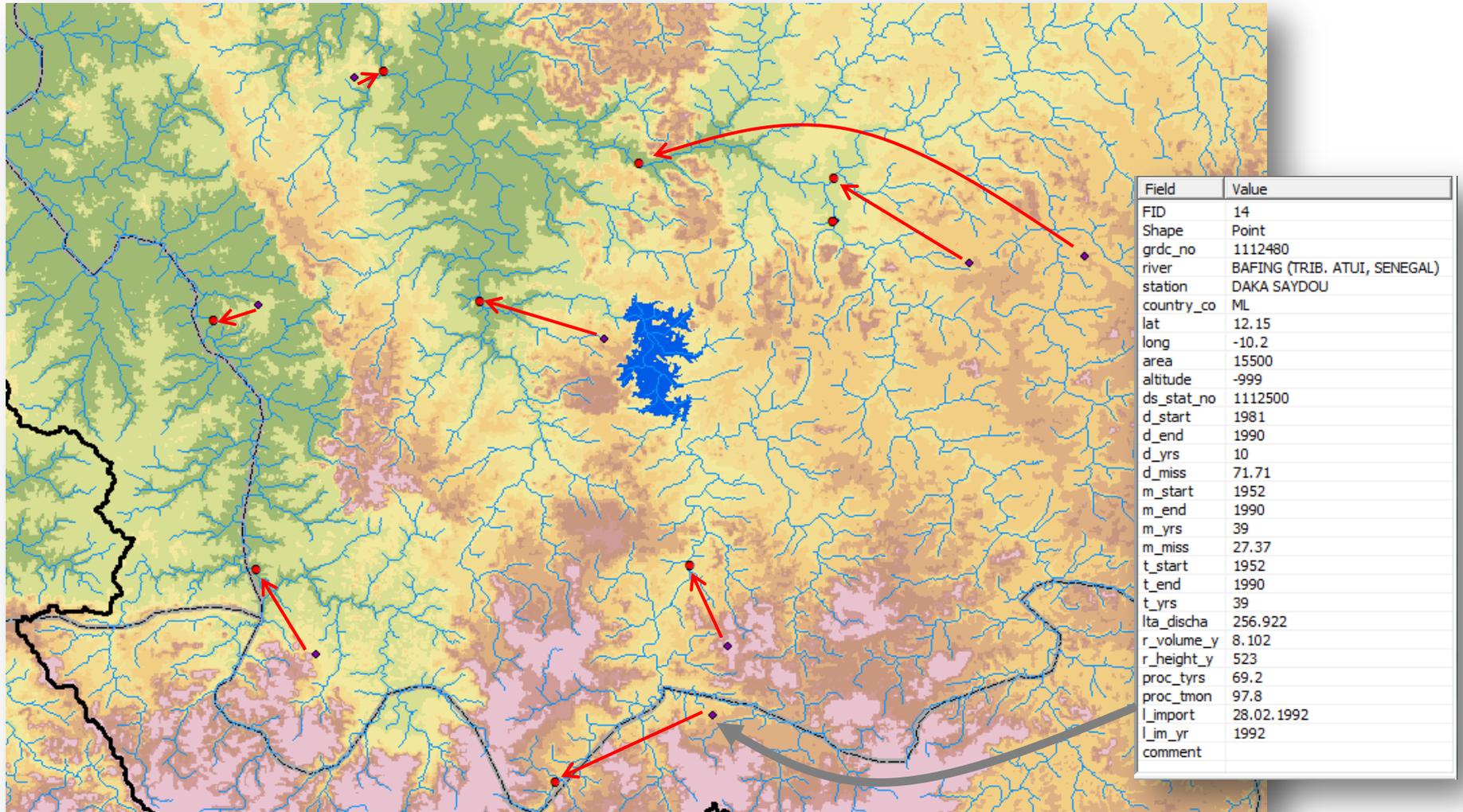
## Géo-référencement manuel requis dans le GIS



- Exigence pour un travail approfondi sur le GIS
  - Les jauges doivent être localisées au niveau du réseau fluvial
- Information utilisée
  - Nom du fleuve
  - Nom de la jauge (où est situé ce village ?)
  - Image satellitaire (où se trouve le pont le plus proche ou l'accès le plus proche au fleuve ?)
  - Zone déclarée par opposition à zone calculée
  - Pays
  - Base de données de Sierem (inexactes !)
  - Rapports (recherche sur Google)
- Erreurs typiques
  - Espace insuffisant pour les nombres décimaux pour la latitude et la longitude, exemple : latitude = 7,5°
  - Coordonnées inexactes
  - Erreur de saisie  
exemple : latitude = 7,531 -> latitude = 8,531

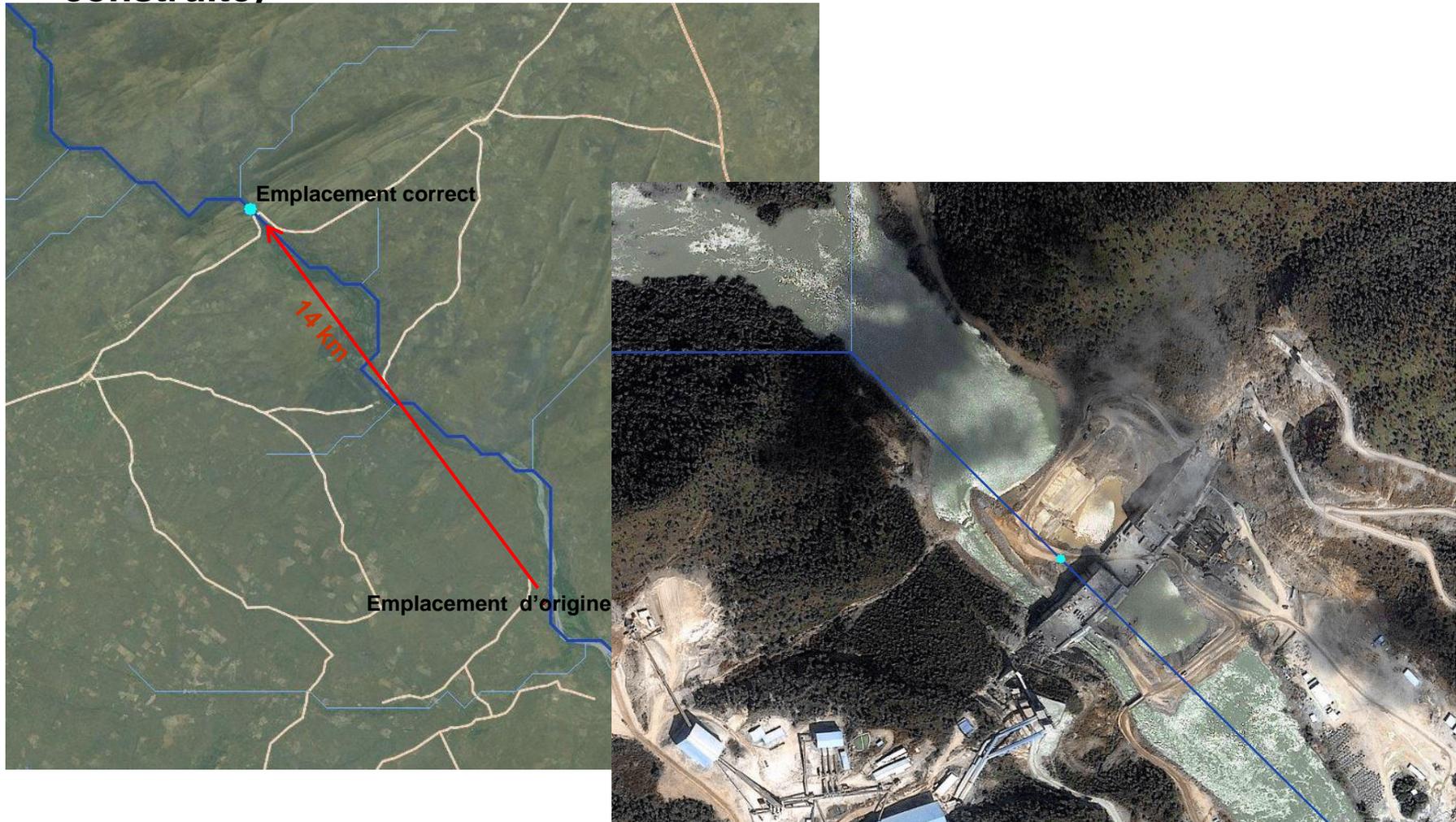
# Jauges de débit de GRDC

## Géo-référencement manuel requis dans le GIS



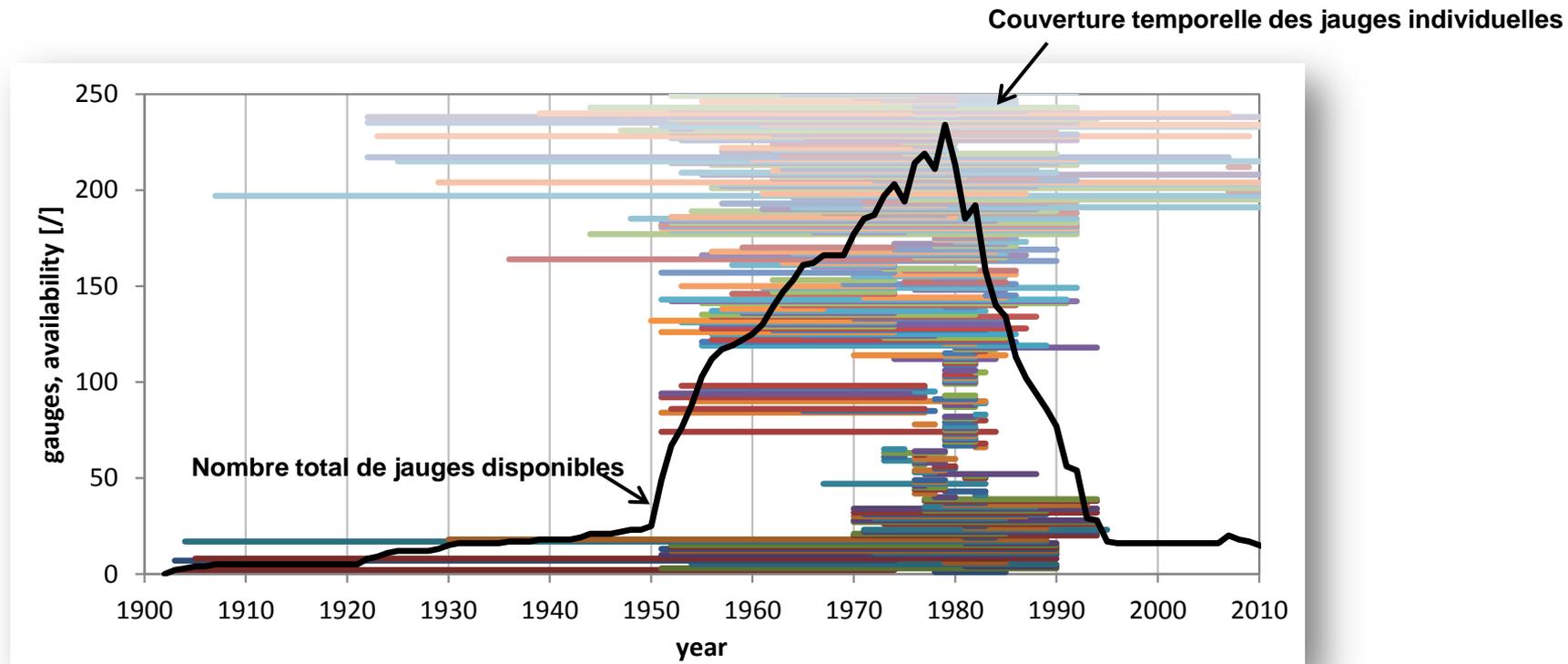
# Couche existante des centrales hydroélectriques

Exemple de géo-référencement : CHE de Bui au Ghana (récemment construite)



# Disponibilité de données temporelles

## Données de débit du GRDC (quotidiennes)



Notes:  
Seulement 250 jauges sur 361 ont été affichées.  
Données manquantes non visualisées (lacunes au niveau des données!)

# Qualité des données

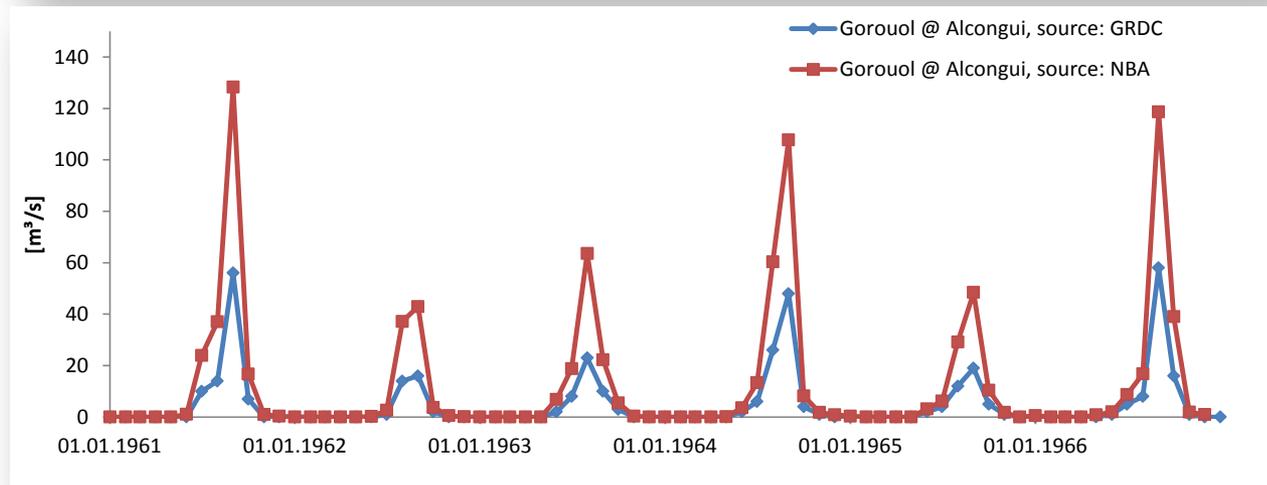
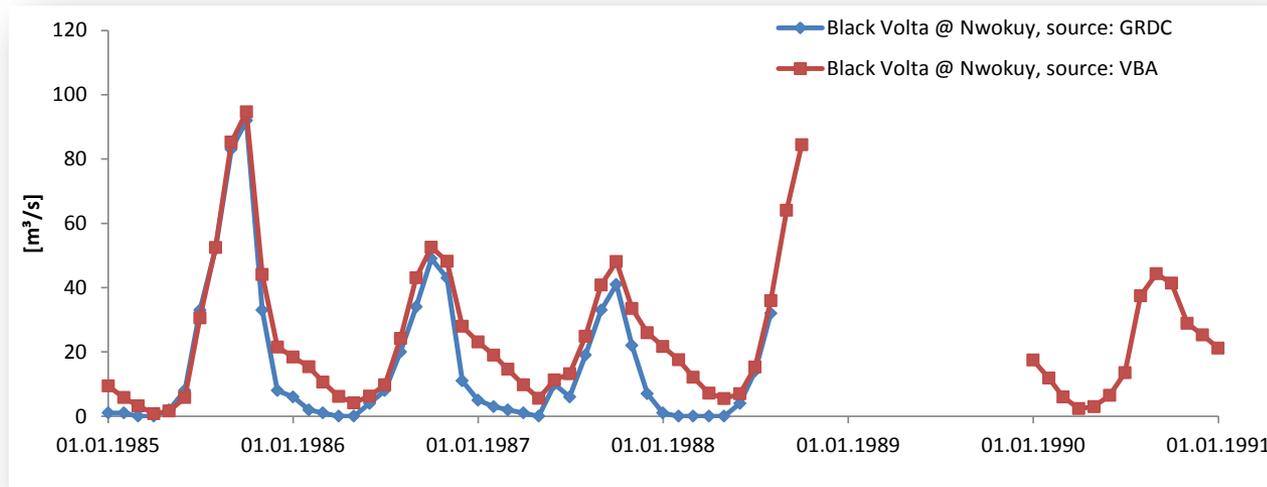
## Données de débit douteuses à certaines jauges

Metchum @ GOURI 1051704503													
Débit journalier 1051704505-1 (m3/s)													
Latitude 6.2833													
Longitude 10.0333													
Aire du bassin versant 2116 km <sup>2</sup>													
Valeurs moyennes mensuelles (m3/s)													
Année	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuel
1964		(10.84)	19.75	63.34	(86.98)	(96.5)	195.08	233.61	(271.37)	(291.51)	(114.46)	52.98	(148.52)
1965	28.18	69.65	28.03	47.91	60.67	137.24	259.92	256.6	290.8	212.9	85.62	31.08	126.02
1966	19.35	19.53	19.71	19.9	20.09	20.28	20.46	20.66	20.84	21.03	21.22	21.41	20.38
1967	21.92	13.55	13.24	48.57	102.04	100.66	255.55	273.39		(342.73)	256.73	42.23	(135.16)
1968	23.14	23.9	24.66	25.43	26.2	26.98	27.75	28.53	29.3	30.08	30.85	31.62	27.38
1969	(18.8)	13.55			(97.53)	100.79	258.63	269.55	276.68	235.5	92.78	(47.58)	(152.8)
1970	(23.99)	(18.68)	(21.07)	(26.82)	66.38	98.77	149.11	197.4	201.88	180.44	101.42	36.37	(103.02)
1971	(21.54)	(25.22)	30.06	40.47	43	79.04	207.37	185.38		(198.87)	65.79	33.21	(93.66)
1972	(22.12)		(17.91)	27.68	56.71	112.89	161.68	200.67	212.1	165.04	74.97	30.46	(108.24)
1973	(27.07)	(13.2)	15.57	25.7	48.86	62.77	98.47	143.35	189.42	135.64	75.52		(84.19)
1974	18.01	11.92	12.56	42.74	42.72	102.94	180.27	196.16	233.18	214.67	123.35	46.13	102.54
1975	23.86	(21.39)	(29.73)	45.45	51.01	83.42	142.56	155.53	233.41	239.34	95.34	47.58	(104.4)
1976	24.32	24.75	35.05	52.69	50.47	81.39	187.99	227.34	238.23	221.12	129.88	48.97	110.48
1977	27.05	(18.53)	(9.26)	16.43	41.26	99.92	208.15	188.11	251.38	197.38	69	31.02	(107.24)
1978	18.49	12.37	20.1	47	44.08	123.15	177.52	207.9	237.07	206.31	94.06	38.4	102.69
1979	20.58	15.86	18.9	28.49	67.17	115.4	192.46	263.86	194.78	172.8	(147.18)		(120.47)
1980	(20.19)	13.53	16.37	23.91	78.85	110.58	136.65	211.26	239.49	199.92	100.58	42.2	(103.69)
1981	30.87	30.78	30.7	30.62	30.54	30.45	30.37	30.28	30.2	30.12	30.03	29.95	30.41
1982	29.87	29.78	29.7	29.62	29.54	29.45	29.37	29.28	29.2	29.12	29.03	28.95	29.41
1983	28.87	28.78	28.7	28.62	28.54	28.45	28.37	28.28	28.2	28.12	28.03	27.95	28.41
1984	27.87	27.78	27.7	27.62	27.53	27.45	27.37	27.28	27.2	27.12	27.03	26.95	27.41
1985	26.86	26.78	26.7	26.62	26.53	26.45	26.37	26.28	26.2	26.12	26.03	25.95	26.41
1986	25.86	25.78	25.7	25.62	25.53	25.45	25.37	25.28	25.2	25.12	25.03	24.95	25.41
1987	24.86	24.78	24.7	24.62	24.53	24.45	24.37	24.28	24.2	24.12	24.03	23.95	24.41
1988	23.86	23.78	23.7	23.62	23.53	23.45	23.37	23.28	23.2	23.11	23.03	22.95	23.41

data source: NBA

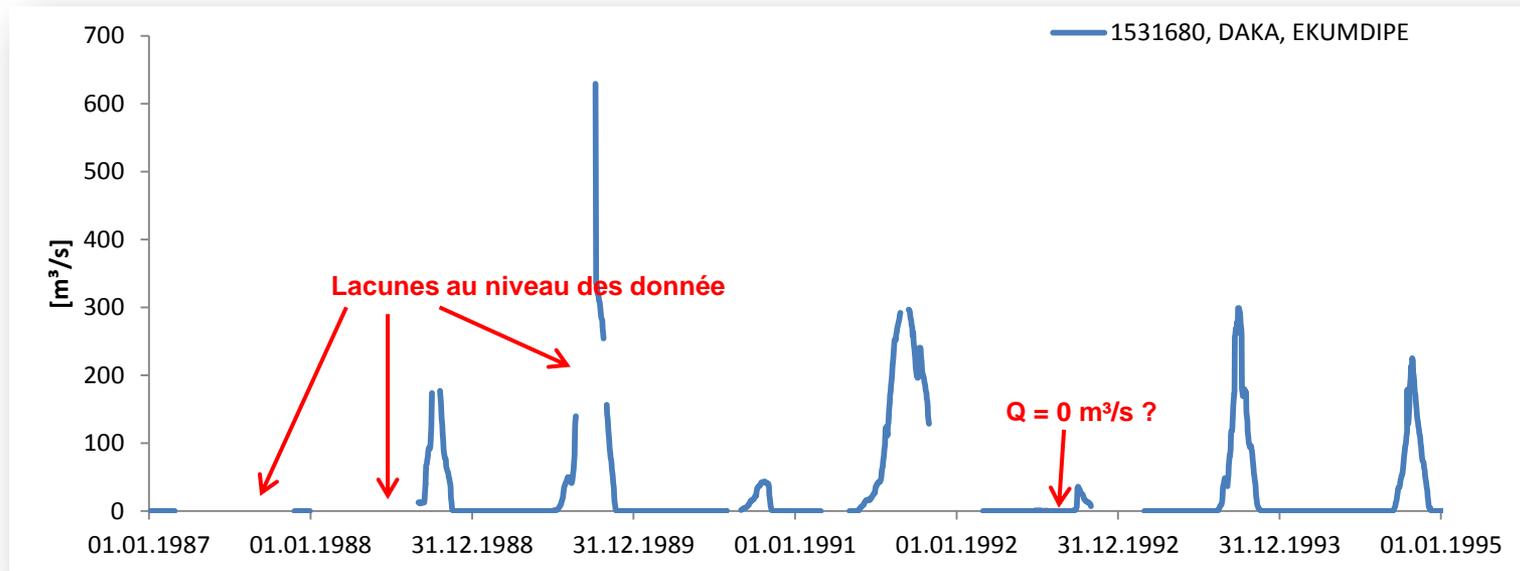
# Qualité des données

## Données de débit douteuses à certaines jauges



# Qualité des données

## Exemple de lacunes au niveau des données



Les données de débit « observées » doivent être traitées avec précaution !

# Prétraitement des données de débit observées

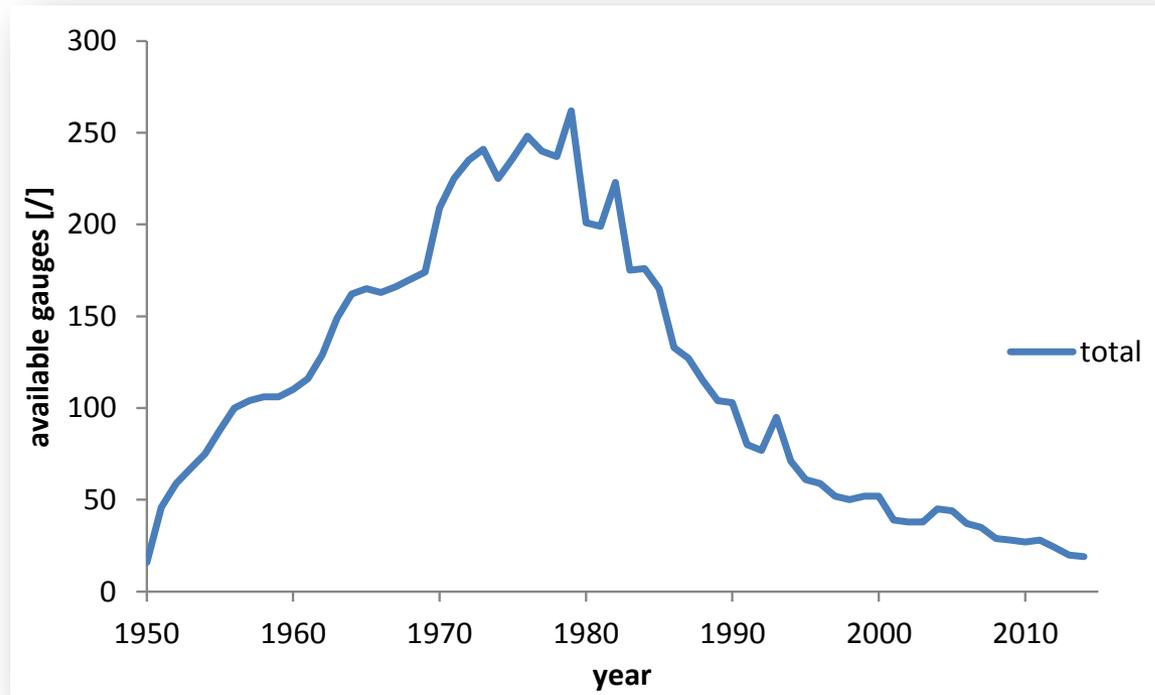
## Comblent les lacunes (surlignées en jaune)

RIVER	MAGOU	MONO	OUEME	ZOU	OUEME	OKPARA	ZOU	OUEME	OUEME	SO	MEKROU	ALIBORI	MEKROU
STATION	TIELE	ATHIEME	PONT DE	EATCHERIG	PONT DE	KABOUA	DOME	SAGON	BONO	SO-AWA	KOMPON	ROUTE KA	BAROU
COUNTRY	BJ	BJ	BJ	BJ	BJ	BJ	BJ	BJ	BJ	BJ	BJ	BJ	BJ
SOURCE	GRDC	GRDC	GRDC	GRDC	GRDC	GRDC	GRDC	GRDC	GRDC	GRDC	GRDC	GRDC	GRDC
01.09.1966	15	587	139	43	363	90	48	477	582	97	61	164	105
01.10.1966	26	500	178	20	325	106	18	439	512	94	87	77	103
01.11.1966	1	150	23	5	64	30	9	161	153	59	20	5	30
01.12.1966	0	7	1	0	4	2	1	25	27	34	4	0	2
01.01.1967	0	2	0	0	0	0	0	4	5	29	0	0	0
01.02.1967	0	1	0	0	0	0	0	2	3	32	0	0	0
01.03.1967	0	2	0	6	0	0	4	1	4	35	0	0	0
01.04.1967	0	4	0	4	1	0	6	5	9	38	0	0	0
01.05.1967	0	7	0	2	0	0	3	5	7	37	0	2	0
01.06.1967	0	20	1	17	2	0	21	20	29	35	0	5	0
01.07.1967	0	100	44	13	72	0	21	85	60	30	3	19	5
01.08.1967	10	487	249	79	516	28	76	459	483	48	79	106	64
01.09.1967	30	659	348	67	767	123	68	796	846	128	162.07	302	219
01.10.1967	12	396	216	22	421	140	26	628	750	175	87	105	168
01.11.1967	0	100	21	2	46	24	3	124	142	63	20	5	24
01.12.1967	0	20	3	0	8	2	0	15	20	33	6	1	6
01.01.1968	0	10	1	0	1	0	0	5	6	33	1	0	1
01.02.1968	0	5	0	0	0	0	0	1	2	34	0	0	0
01.03.1968	0	1	0	0	0	0	0	1	2	39	0	0	0
01.04.1968	0	1	1	0	1	0	1	1	2	34	0	0	0
01.05.1968	0	4	3	3	5	0	4	10	13	39	0	3	1
01.06.1968	0	50	35	16	62	3	24	50	69	45	3	9	14
01.07.1968	8	601	198	252	303	30	122	355	540	95	54	89	27
01.08.1968	24	800	264	343	550	143	129	763	982	197	123	140	110
01.09.1968	25	756	384	345	907	359	126	928	1076	248	160.57	133	186
01.10.1968	19	300	180	150	429	187	114	800	948	216	93	64	113
01.11.1968	0	60	14	9	63	30	39	250	292	100	18	8	24
01.12.1968	0	10	3	0	6	3	3	30	40	42	2	1	7
01.01.1969	0	1	0	0	0	0	2	10	12	37	0	0	2
01.02.1969	0	1	0	0	0	0	1	4	6	38	0	0	0
01.03.1969	0	1	0	0	0	0	1	3	5	46	0	0	0
01.04.1969	0	7	0	2	0	0	2	5	7	41	0.01	0	0

- Les données de débit de toutes les 410 jauges ont été vérifiées manuellement. Les données implausibles ont été retirées.
- Comblent manuellement les lacunes des données mensuelles pour permettre le calcul des moyennes annuelles.
- Au niveau des jauges dans les régions semi-arides, des enregistrements manquent en saison sèche. Le personnel prend les relevés seulement en saison pluvieuse.

# Données de débit observées

## Disponibilité de données annuelles aux 410 jauges après le prétraitement



- Données implausibles retirées
- Combler les petites faiblesses au niveau des données

# Données sur les précipitations en Afrique

## Sources de données

- Mesures des stations individuelles
  - La collecte de données, la correction de lacunes, la cartographie vont requérir de gros efforts de travail
  - Non prises en compte dans la présente étude
- Données basées aux stations quadrillées
  - GPCC : Centre mondial de climatologie des précipitations
- Données satellitaires
  - TRMM : Mission pour la mesure des pluies tropicales
    - TRMM 3B42: produit de « haute » qualité, « corrigé » avec des mesures terrestres
    - TRMM 3B42RT: produit en temps réel, sans mesures terrestres
  - RFE Africa : Estimateur de pluviosité (FEWS-NET,)
- Divers autres produits non pris en compte
  - GTS CPC
  - RFE ARC

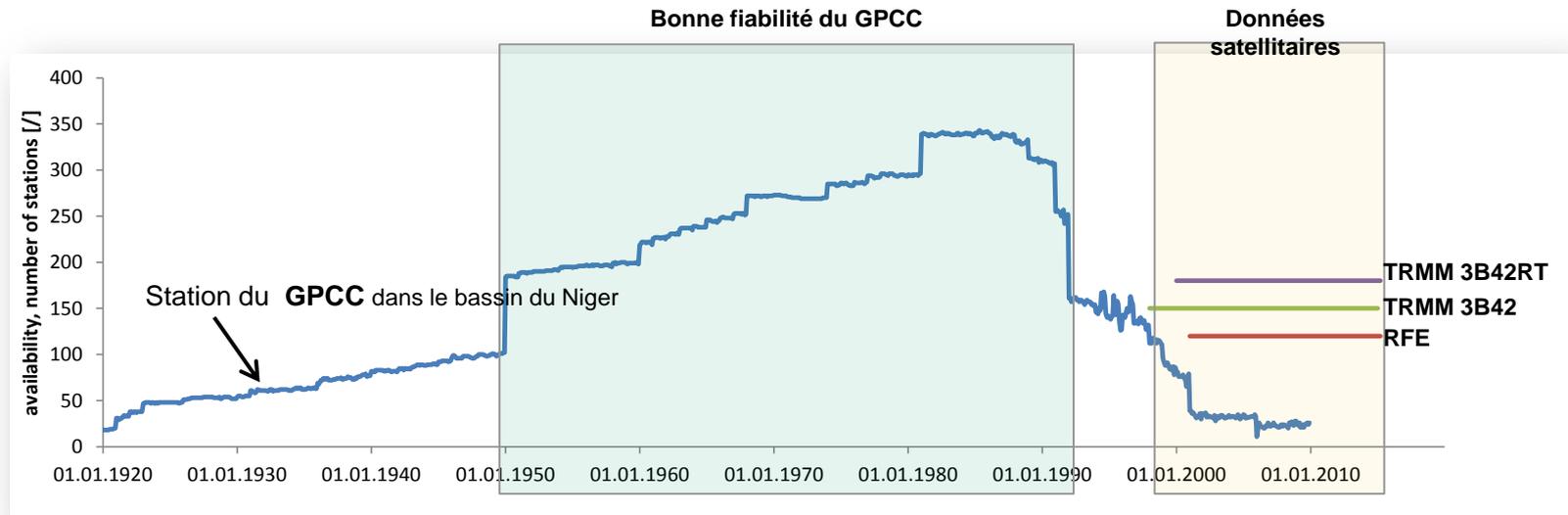
# Données de précipitation

## Résolution spatiale et temporelle

Produit	Résolution spatiale	Résolution temporelle	Disponibilité	Commentaires
GPCC	0,5 x 0,5 °	mensuelle	1901 – 2009	Meilleure fiabilité du faible pouvoir de résolution (en particulier 1950-1990)
TRMM 3B42	0,25 x 0,25 °	quotidienne	1998 – 2014	
TRMM 3B42RT	0,25 x 0,25 °	quotidienne (3h)	2000 – maintenant	Produit en temps réel.
RFE Africa	0,1 x 0,1 °	quotidienne	2001 – maintenant	Résolution la plus nette, problèmes de qualité dans certaines régions

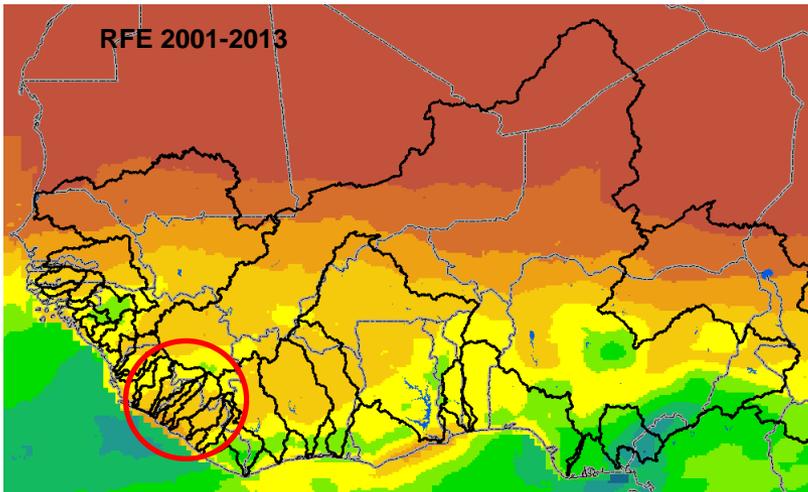
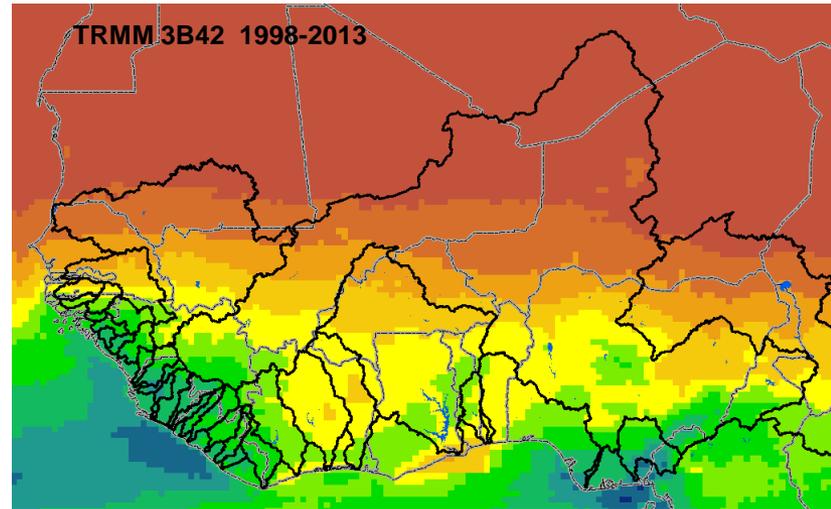
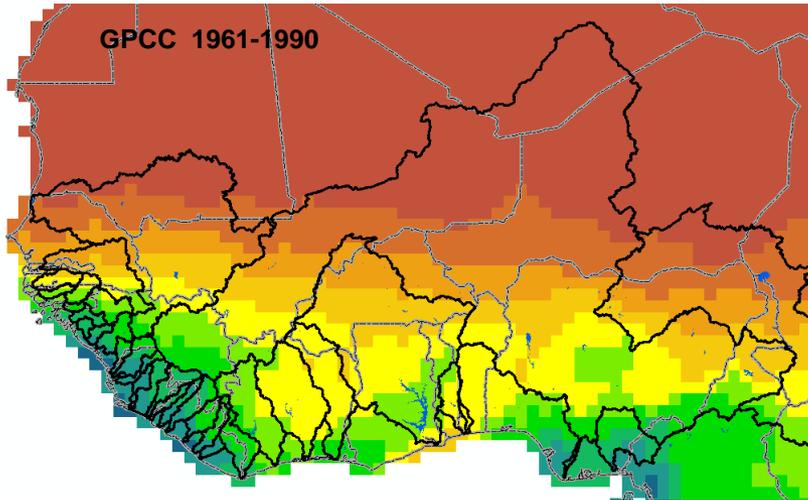
# Disponibilité des données de précipitation

## Couverture par période

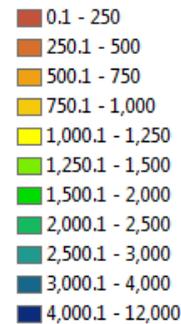


# Précipitation annuelle

## Moyenne à long terme des différents produits



Précipitation [mm/année]

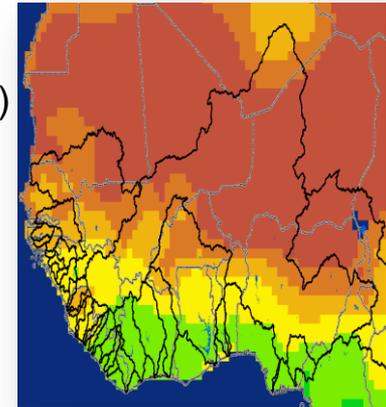
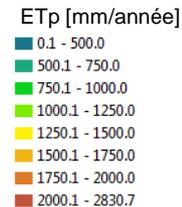


# Évapotranspiration potentielle

## Sources des données

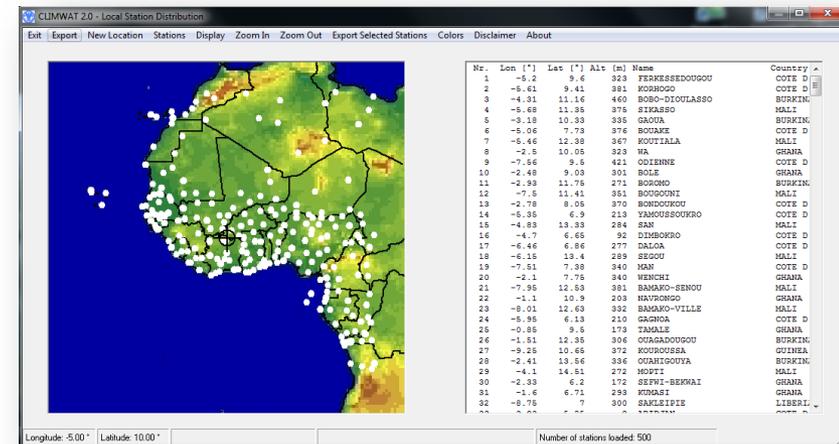
- CRU

- Unité de recherche sur le climat : Université d'East Anglia (Royaume-Uni)
- Grilles mondiales manuelles 1901-2009
- Méthode Penman-Monteith
- Température de l'air également disponible



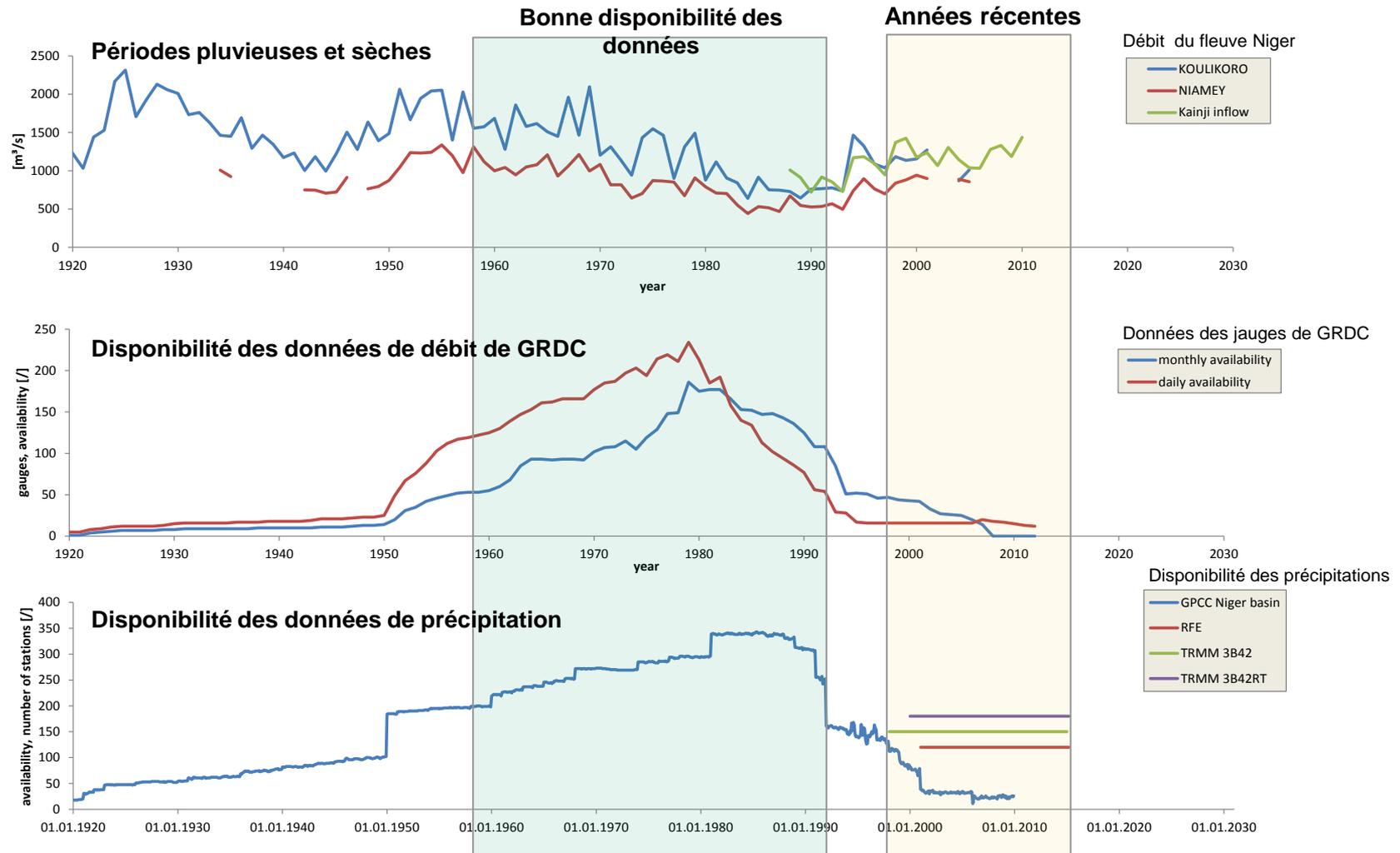
- CROPWAT & CLIMWAT

- Fourni par la FAO
- Basé sur les stations
- Moyennes mensuelles sur le long terme
- Méthode Penman-Monteith



# Définition de la période de référence commune

## Sources et disponibilité de données



# Définition de la période de référence commune

- Considérations générales

- Devraient être suffisamment longues afin de filtrer la variabilité des années individuelles.
- Devraient être bien acceptées par les parties prenantes.
- Devraient jouir d'une bonne disponibilité / fiabilité de données.

- 1961-1990



**Calibrage du modèle du bilan hydrique.**

- Bonne disponibilité de données de débit observées.
- Nombre élevé de données de stations disponibles pour les données de précipitation du GPCC.
- Intègre la sécheresse prolongée des années 1980.
- Les années 1990 remontent à 26 ans auparavant, acceptation par les parties prenantes ?

- 1998 - 2014



**Période de référence adoptée pour les résultats finaux**

- Disponibilité limitée de données pour les données de débit observées.
- Données de précipitation de GPCC non fiables / disponibles.
- Données satellitaires disponibles sur les précipitations.
- Depuis 1998 conditions météorologiques relativement stables (modérément humide par rapport aux 100 dernières années).

# Traitement des données

## Problème avec les logiciels

- **Logiciels GIS standard de type ArcGIS 9.2, 10.0, QGIS**

Utilisés largement dans la présente étude.

Fréquemment tombés en panne pendant le traitement (afflux excessif de données).

L'ancien ArcView 3.1 beaucoup plus stable pour certaines tâches.

- **Analyse / modélisation avancée des données**

Performance supérieure (rapide, sans pannes) avec les outils en dehors du GIS.

gdal, shell scripts, python (lent), Fortran (rapide), cdo

Bonnes compétences en programmation requises.

- **Données météorologiques**

GPCC, TRMM, RFE, données du modèle climatique dans des formats spécifiques (ASCII, binary, NetCDF)

Le traitement des séries chronologiques dans le GIS n'est pas réalisable.

En lieu et place, utiliser Fortran, cdo, etc.

# Enseignements tirés

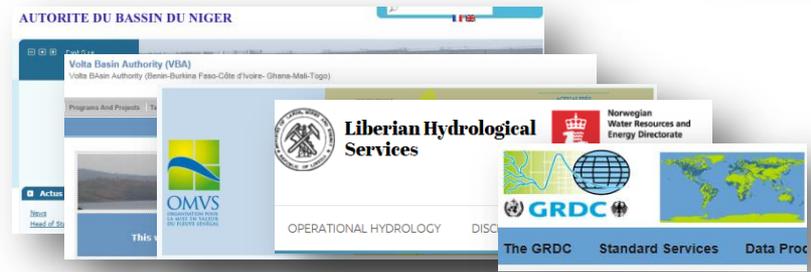
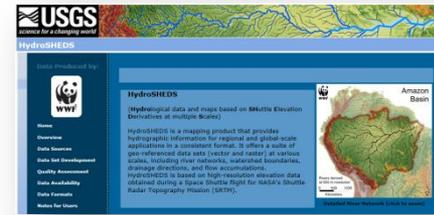
- Le géo-référencement correct est fortement chronophage en raison de l'absence d'informations précises.
  - 410 jauges de débit
  - 91 centrales hydroélectriques existantes
- Données de débit observées :
  - Plusieurs jauges semblent être affectées par un biais important, en particulier après 1990. courbe de tarage dépassée ?
  - La correction des faiblesses est fortement chronophage, mais elle est requise pour permettre le calcul des moyennes annuelles.
- Il existe de grandes différences entre les ensembles de données météorologiques
  - Précipitation : GPCC & TRMM vs. RFE
  - Évapotranspiration potentielle : CRU, E2O, Climwat
- La période allant de 1961 à 1990 a une meilleure disponibilité de données, mais intègre la sécheresse des années 1980. La période allant de 1998 à 2014 est une meilleure période de référence pour l'évaluation du potentiel hydroélectrique « actuel ».
- La mise en œuvre du modèle du bilan hydrique dans le GIS n'a pas réussi, en raison de la trop grande lenteur du temps de calcul.  
Le modèle alternatif Fortran a permis une exécution rapide requise pour :
  - simulation de séries chronologiques
  - modèle de calibrage (plusieurs simulations répétées du modèle)
  - simulations de changement climatique (60 simulations du modèle)

# Enseignements tirés

## Données très utiles

- Hydrosheds
  - Grille avec orientation de flux
  - Modèle d'élévation numérique (sans condition)
- Données sur la pluviosité
  - Mission pour la mesure des pluies tropicales (TRMM)
  - Centre mondial de climatologie des précipitations (GPCC)
- Données de débit
  - Organisations de gestion des bassins des fleuves
  - Services hydrologiques nationaux
  - Centre mondial de données sur les ruissèlements (GRDC)
- Relevés des jauges
  - Sans eux, nous ne disposerions pas d'informations sur le terrain !

De nombreux ensembles de données disponibles  
Utilisez-les !



# Discussion en groupe

## Défis liés aux données dans votre pays

- Quelles sont les difficultés clés liées aux données hydrométéorologiques dans votre pays ?
  - Financement suffisant pour des mesures de terrains continues ?
  - Problèmes institutionnels ?
  - Expérience personnelle ?
- Politique de partage de données ?
  - Qui contacter pour obtenir des données de débit observées ?
  - Les données sont-elles gratuites ou un frais de prestation de services est-il requis ?
  - À quelle vitesse les données sont-elles fournies ?
  - Y-a-t-il un répertoires de données en ligne ?
- Fiabilité de données ?
  - Nombre suffisant de stations de pluviométrie ?
  - Nombre suffisant de jauges du débit de cours d'eau ?
  - À quelle fréquence les cours de tarage du débit de l'eau sont-elles actualisées ?
- Les ensembles de données mondiaux sont-ils utilisés dans votre pays ?
  - Pluviosité : GPCC, TRMM, RFE
  - Débit : GRDC