



« La petite hydroélectricité en ce début du 21e siècle »

Hydro 21 en partenariat avec Grenoble INP – Ense3



Panorama de la PHE en Afrique
ANALYSE COMPARATIVE
Burundi, Rwanda, Tanzanie et Madagascar

6 novembre 2015

➤ **Métiers**

- Société SHER active dans les métiers axés sur l'eau et l'environnement
- Société belge avec une histoire liée à l'Afrique centrale et plus de 30 ans d'expérience dans l'ingénierie de par le monde
- 800+ références techniques
- Bureaux : Rwanda – Burundi – Burkina Faso – Laos
- SHER membre du groupe ARTELIA depuis janvier 2015

➤ **Hydroélectricité**

- 50+ références et projets en hydroélectricité
- Spécialisé en petite hydroélectricité (< 15 MW)
- Expérience dans l'élaboration d'Atlas hydroélectriques à l'échelle pays
- Partenariat à long terme avec Mhylab (Equipements E&M)

Définition

➤ France-ADEME

- les pico-centrales, de puissance inférieure à 20 kW ;
- les micro-centrales, de puissance comprise entre 20 et 500 kW ;
- les mini-centrales, de puissance comprise entre 500 et 2 000 kW ;
- les petites centrales, de puissance comprise entre 2 000 et 10 000 kW.

➤ Canada

- Micro < 100 kW
- Mini 100 to 1 000 kW
- Petite 1 to 50 MW

➤ IEA (Agence Internationale de l'Energie)

- Petite < 10 MW
- Medium 10-100 MW au fil de l'eau ou 100-300 MW avec réservoir
- grande > 300MW

➤ Autres références

- Petite Hydro: Italie < 3 MW / Suède < 1.5 MW / UK < 20 MW / US < 30 MW / China < 25 MW
- **Madagascar** : Petite hydro < 20 MW
- **Tanzanie** : Petite hydro < 10 MW



Caractéristiques des pays étudiés

Caractéristiques des pays étudiés

➤ Pays

- **Rwanda** (bénéficiaire : Ministère de l’Energie / bailleur : coopération belge)
- **Burundi** (bénéficiaire : Ministère de l’Energie / bailleur : coopération belge / en association avec Mhylab)
- **Tanzanie** (bénéficiaire : REA / bailleur : WB-ESMAP / en association avec Mhylab)
- **Madagascar** (bénéficiaire : Ministère de l’Energie / bailleur : WB-ESMAP / en association avec Mhylab et ARTELIA Madagascar)

➤ Ordres de grandeur

Pays	Superficie	Population	Densité de population
Rwanda	26 338 km ²	12,0 millions hab.	456 hab./km ²
Burundi	27 834 km ²	9,8 millions hab.	354 hab./km ²
Tanzanie	945 087 km ²	49,2 millions hab.	52 hab./km ²
Madagascar	587 040 km ²	22,9 millions hab.	36 hab./km ²
France	551 500 km ²	67,1 millions hab.	116 hab./km ²
Belgique	30 528 km ²	11,2 millions hab	368 hab./km ²

Caractéristiques des pays étudiés

➤ Ordres de grandeur

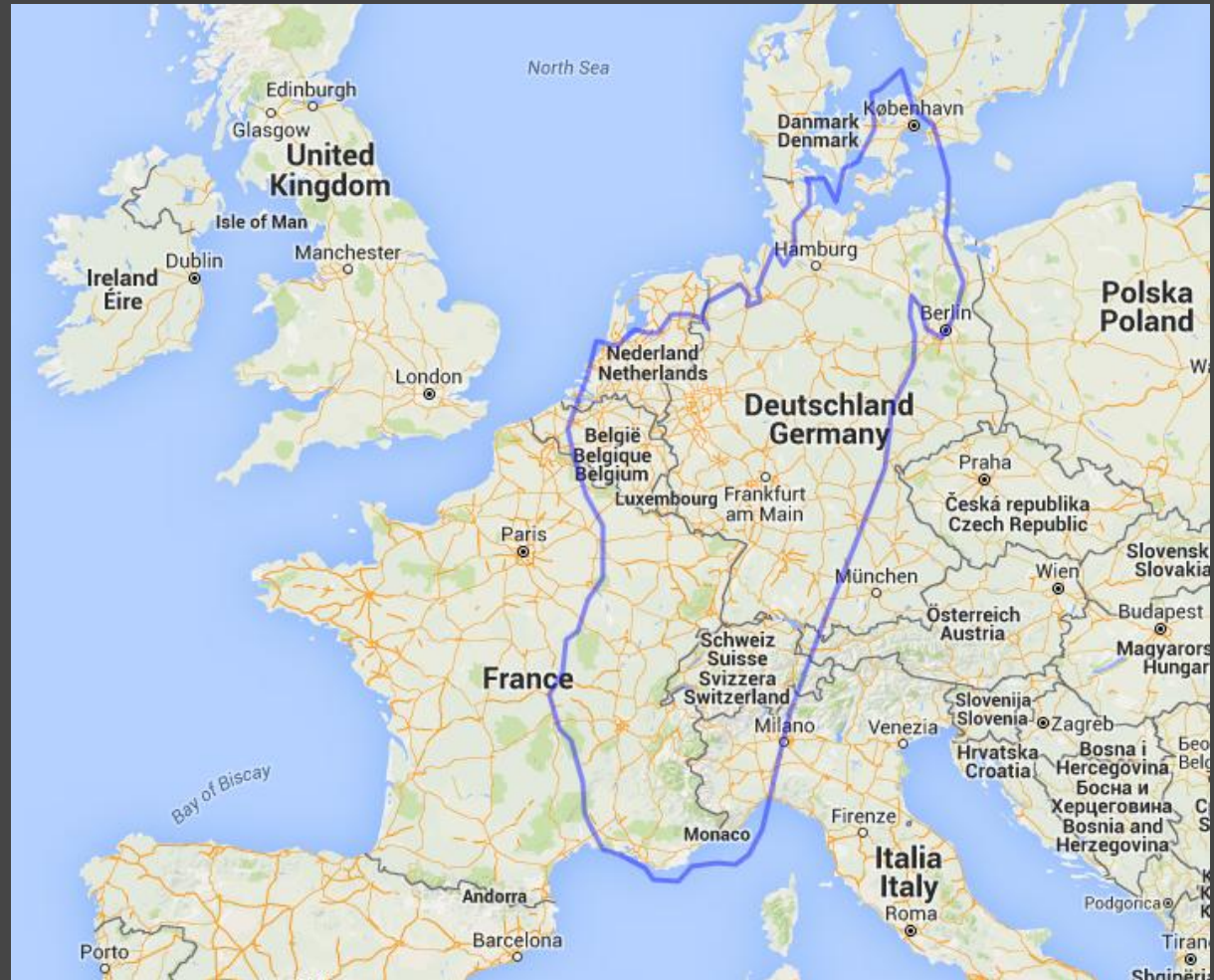
Pays	Superficie
Rwanda	26 338 km ²
Burundi	27 834 km ²



Caractéristiques des pays étudiés

➤ Des échelles différentes à appréhender

Pays	Superficie
Madagascar	587 040 km ²



Caractéristiques des pays étudiés

➤ Des échelles différentes à appréhender

Pays	Superficie
Tanzanie	945 087 km ²



Caractéristiques des pays étudiés

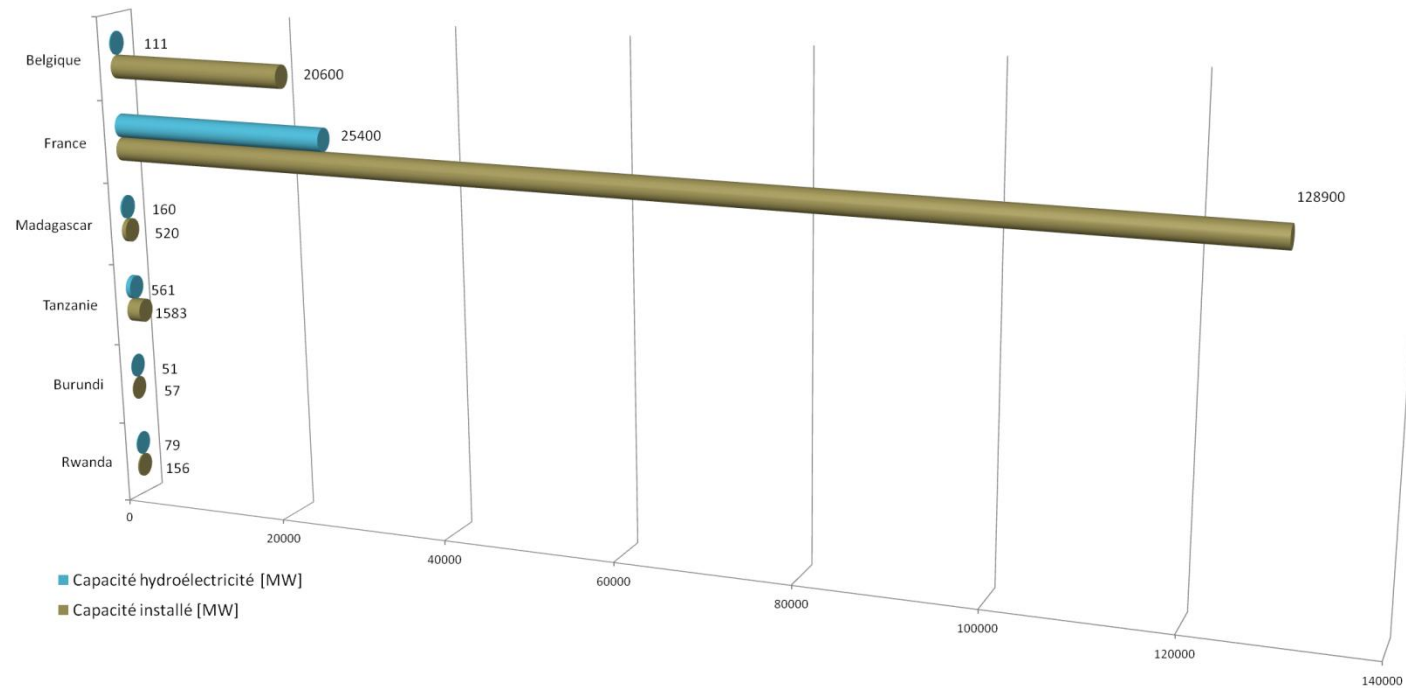
➤ Quelques indicateurs

Pays	Accès à l'électricité* [% population]	Capacité installé [MW]	Part de l'hydroélectricité [MW]
Rwanda	18,0 %	156 MW	79 MW (~ 50%)
Burundi	6,5 %	57 MW	51 MW (~ 89 %)
Tanzanie	15,3 %	1.583 MW	561 MW (~ 34%)
Madagascar	15,4 %	520 MW	160 MW (~ 30%)
<i>France</i>	<i>~ 100,0 %</i>	<i>128.900 MW</i>	<i>25.400 MW (19.7 %)</i>
<i>Belgique</i>	<i>~ 100,0 %</i>	<i>20.600 MW</i>	<i>111 MW (0.5%)</i>

*Source : World Bank

Caractéristiques des pays étudiés

➤ Quelques indicateurs

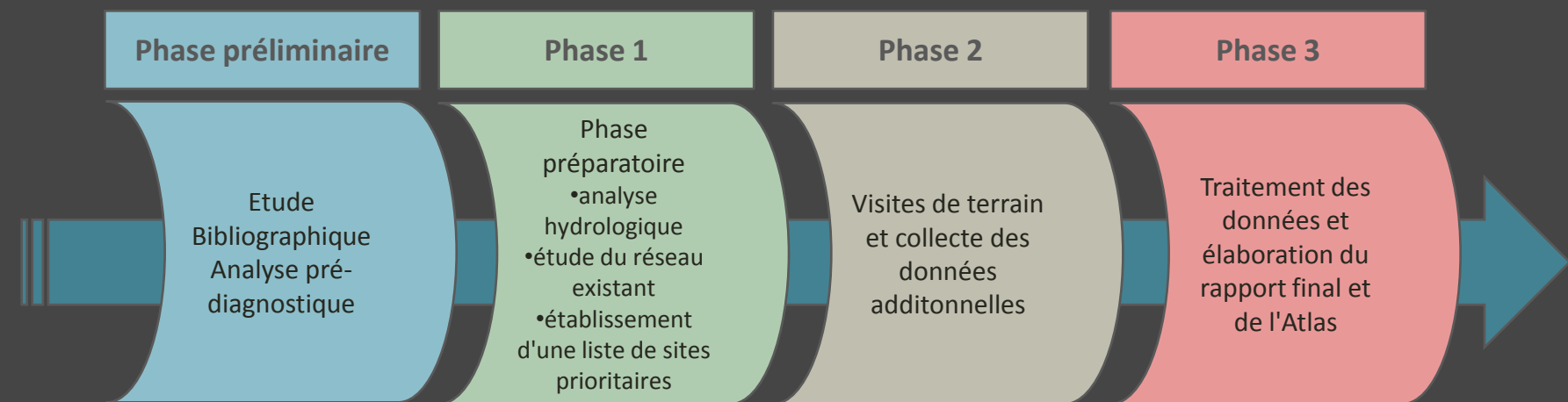




Méthodologie de travail

Méthodologie de travail

➤ Processus d'étude

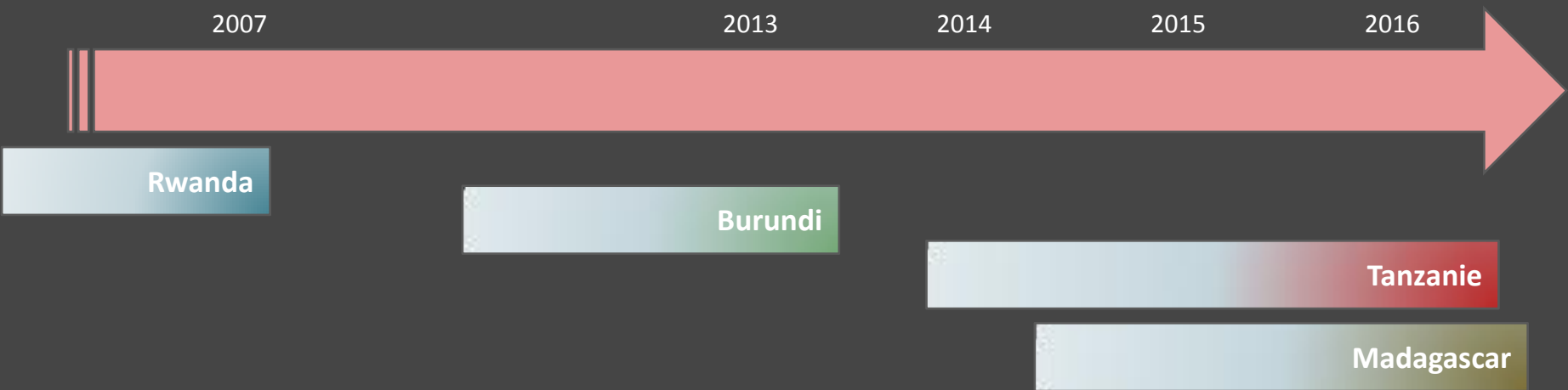


Rwanda	360 sites potentiels	Cartes topo au 1:50.000 Mesure de débit in-situ	78 sites visités lors de l'atlas et 22 lors d'études précédentes	Atlas et fiches individuelles
Burundi	161 sites potentiels 30 sites existants	Cartes topo au 1:50.000 Modèle hydrologique et mesure in-situ	161 sites potentiels visités 30 sites existants visités 4 études de préfaisabilité	Atlas et fiches individuelles Recommandation pour la réhabilitation des sites existants 51 sites prioritaires pour le dév. rural / 43 sites d'intérêt national
Tanzanie	455 sites potentiels (y compris 174 sites SiteFinder) 46 sites existants	100 stations hydrologiques 243 stations météo Modèle hydrologique et mesure in-situ Cartes topo au 1:50.000	77 sites potentiels visités (de 1-20 MW) 4 études de préfaisabilité	Atlas et fiches individuelles Ranking des 20 meilleurs sites (multicritère dont LCOE)
Madagascar	1300+ sites potentiels (y compris 517 sites SiteFinder) 11 sites existants	149 stations hydrologiques Modèle hydrologique et mesure in-situ Cartes topo au 1:100.000	40 sites potentiels visités 13 sites existants visités 2 études de préfaisabilité	Atlas et fiches individuelles Ranking des 20 meilleurs sites (multicritère dont LCOE)

Méthodologie de travail

➤ **Processus d'étude**

➤ Améliorations



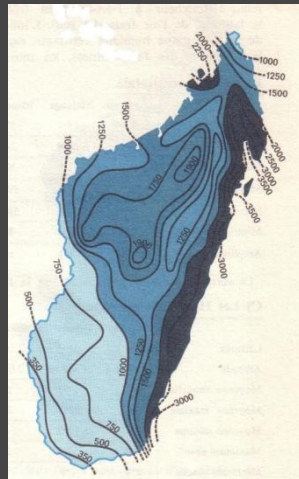
Méthodologie de travail

➤ Développement d'un outil d'analyse à priori : **SiteFinder**

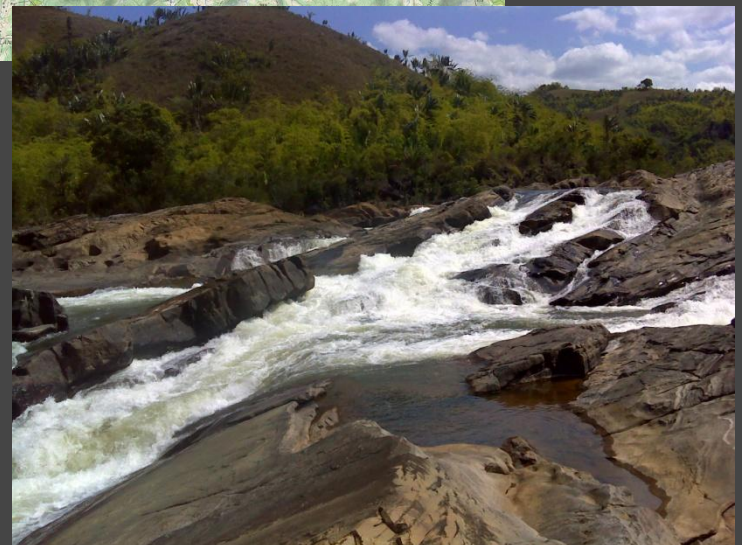
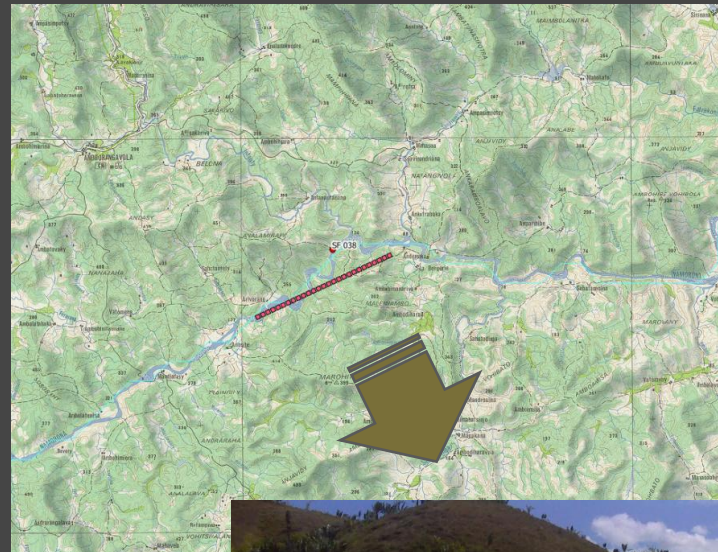
- Le programme simule le ruissèlement de l'eau sur la surface du pays et calcule le volume total d'eau ruisselé à chaque point de chaque rivière



Modèle
numérique de
terrain



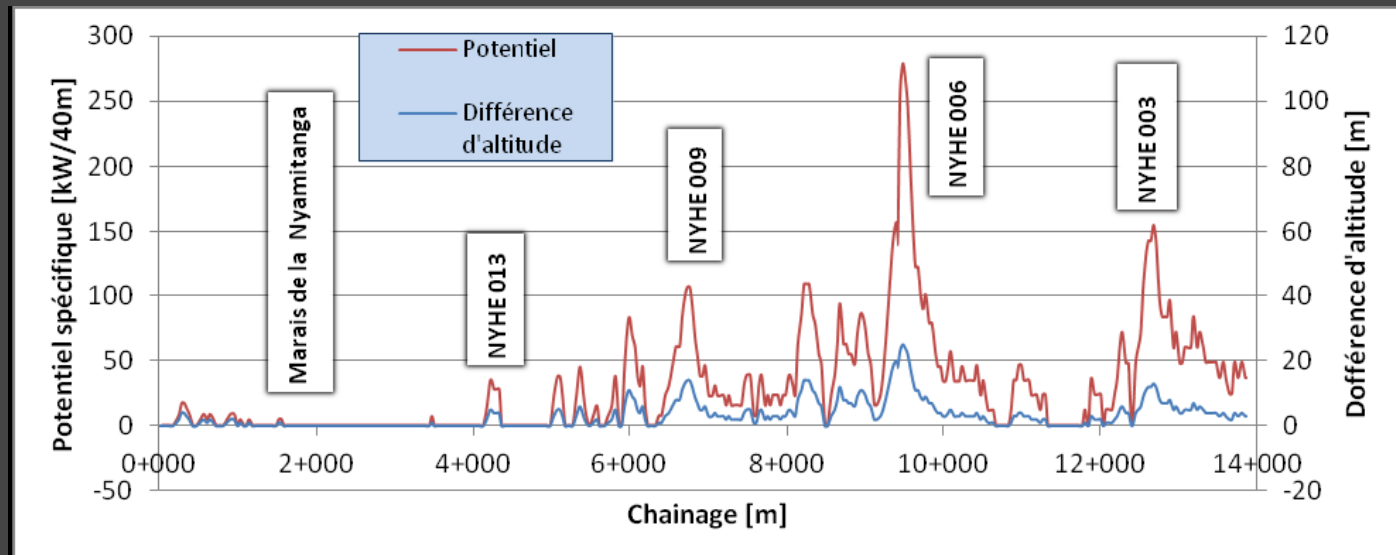
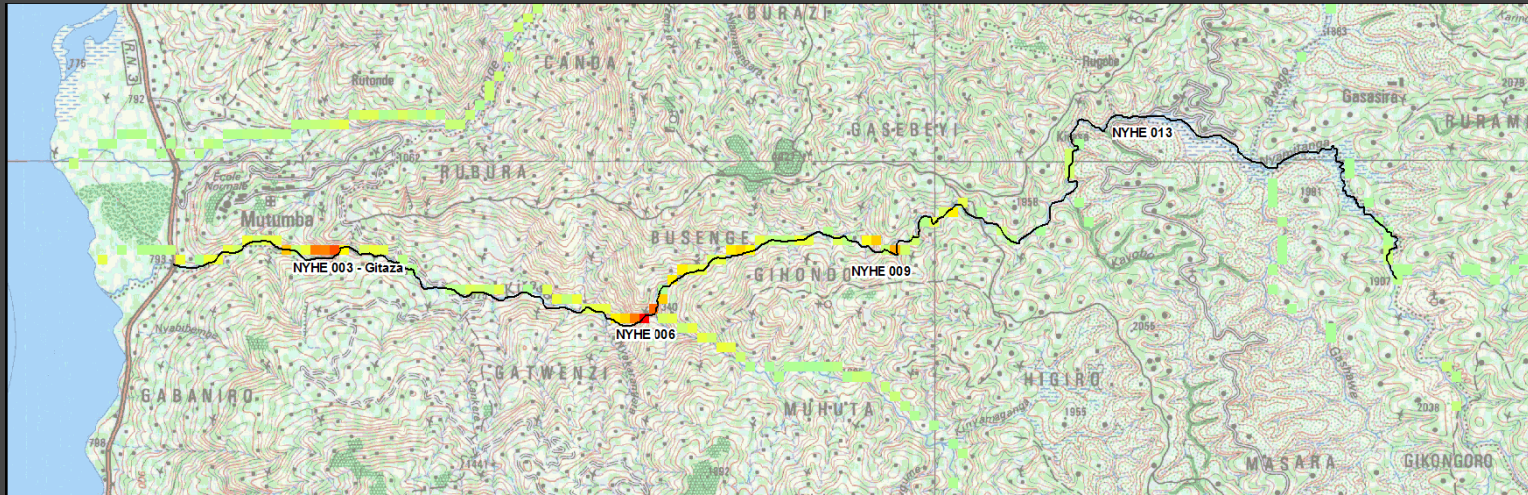
Pluviométrie
annuelle
moyenne



Vérification indispensable des sites à
l'aide des images aériennes

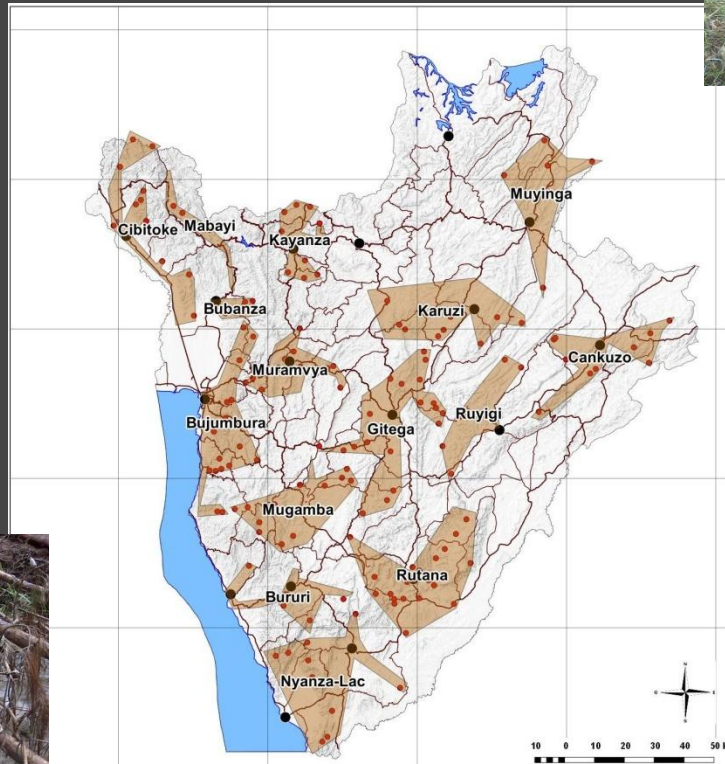
Méthodologie de travail

- Développement d'un outil d'analyse a priori : **SiteFinder**
- Exemple pour la rivière Nyamitanga au Burundi



Méthodologie de travail

➤ Visite des sites : Collecte de données de terrain





Résultats

Résultats des Atlas hydroélectriques

➤ Bases de données des sites potentiels et existants

Rwanda



Orienté micro et pico hydro

Pur fil de l'eau

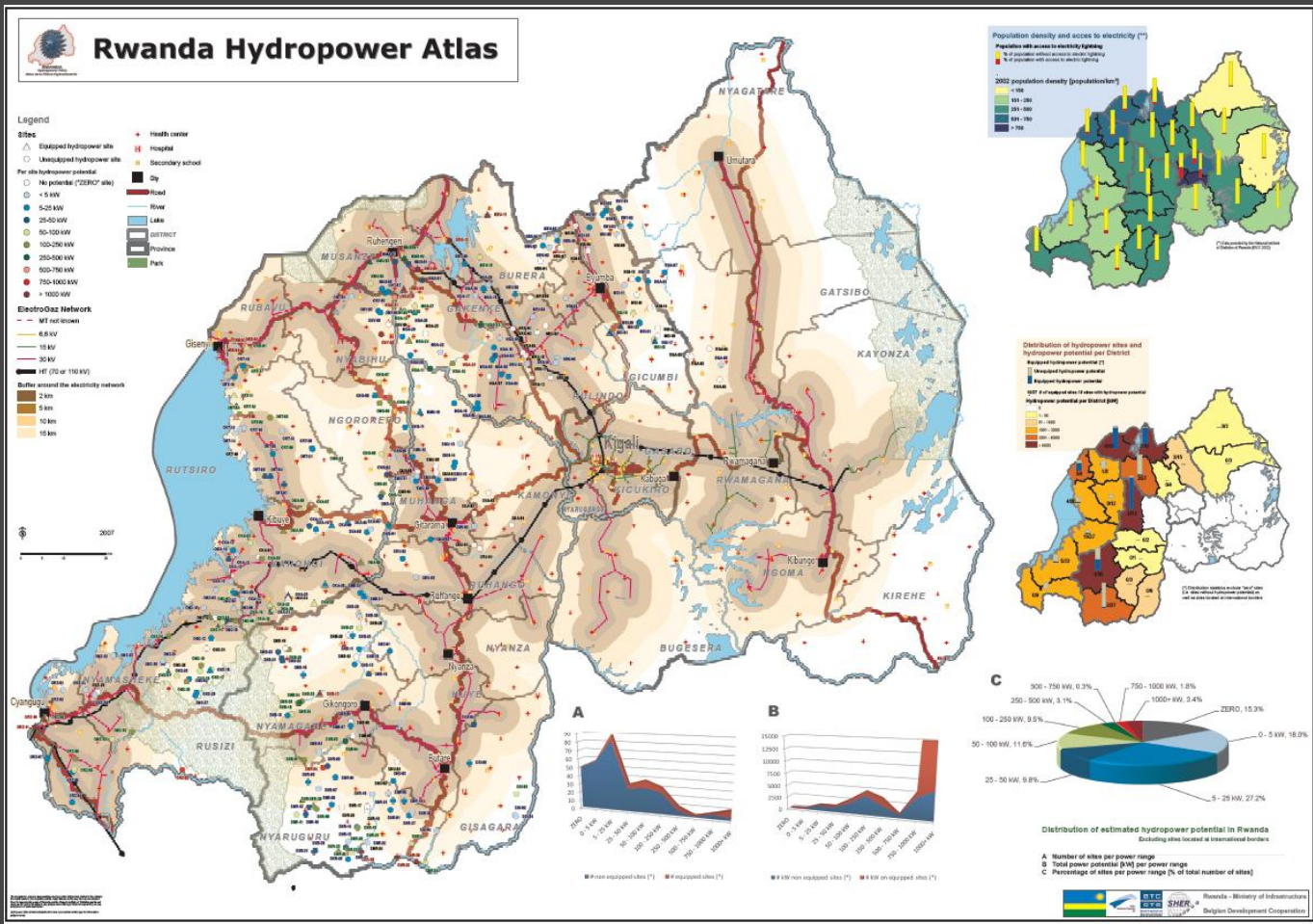
Base de données en Access

Résultats des Atlas hydroélectriques

➤ Bases de données des sites potentiels et existants

Rwanda

ATLAS



Résultats des Atlas hydroélectriques

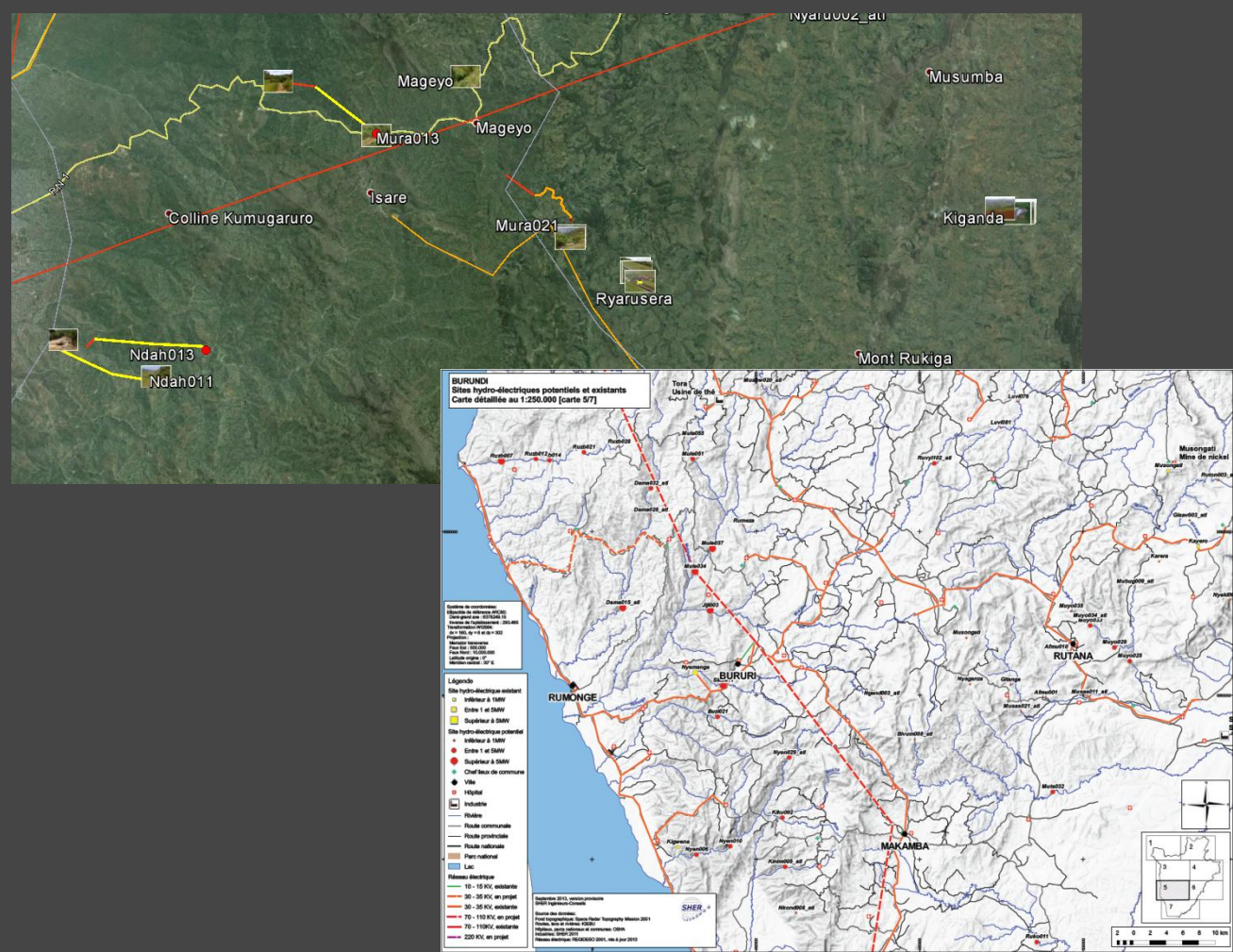
➤ Bases de données des sites potentiels et existants

Burundi

Base de données très complète car l'ensemble des sites existants et potentiels a été visité.

Base de données :

- Excel
- QuantumGIS
- KMZ



Résultats des Atlas hydroélectriques

➤ Bases de données des sites potentiels et existants

Tanzanie

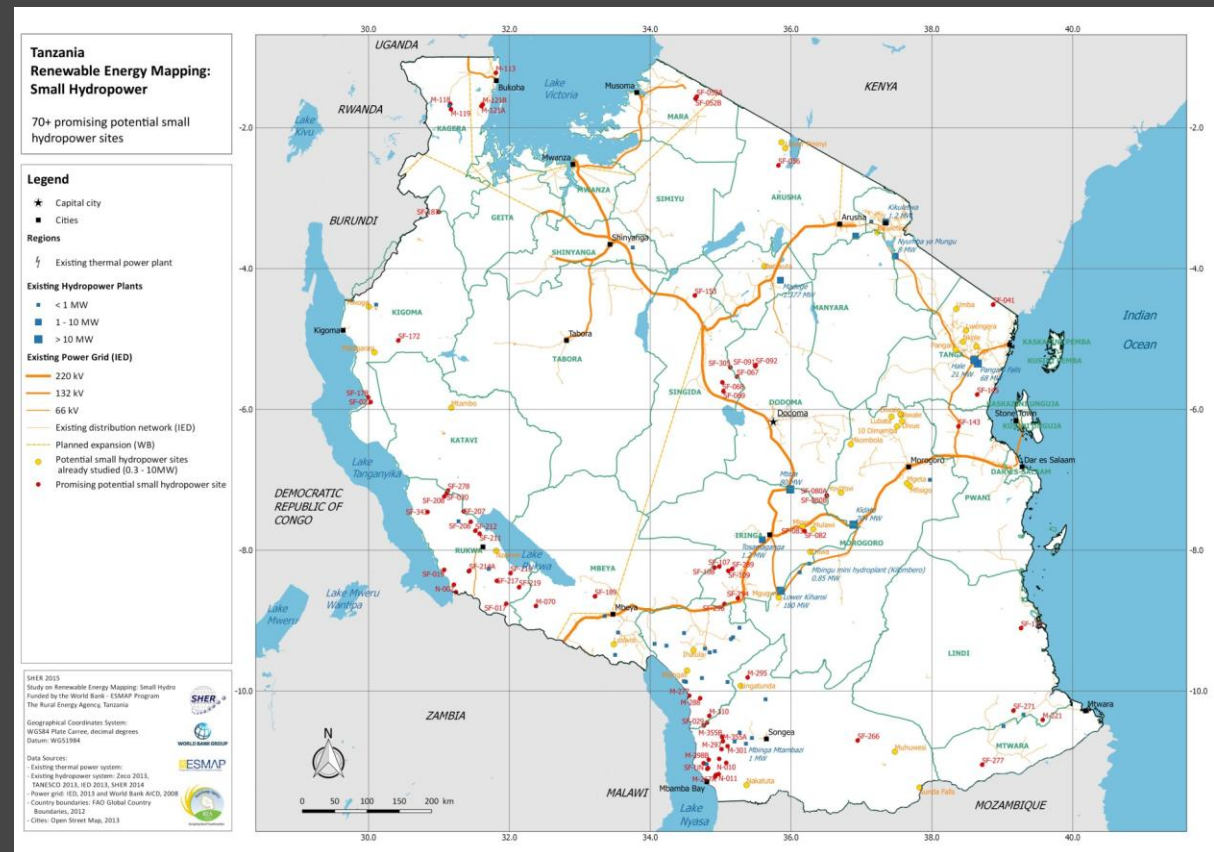
Base de données initiale très complète : cohérence des données bibliographiques

Potentiel Hydro concentré sur les zones à fort relief

Focus sur 1-20 MW

Base de données :

Excel
QuantumGIS
KMZ



Résultats des Atlas hydroélectriques

➤ Bases de données des sites potentiels et existants

Madagascar

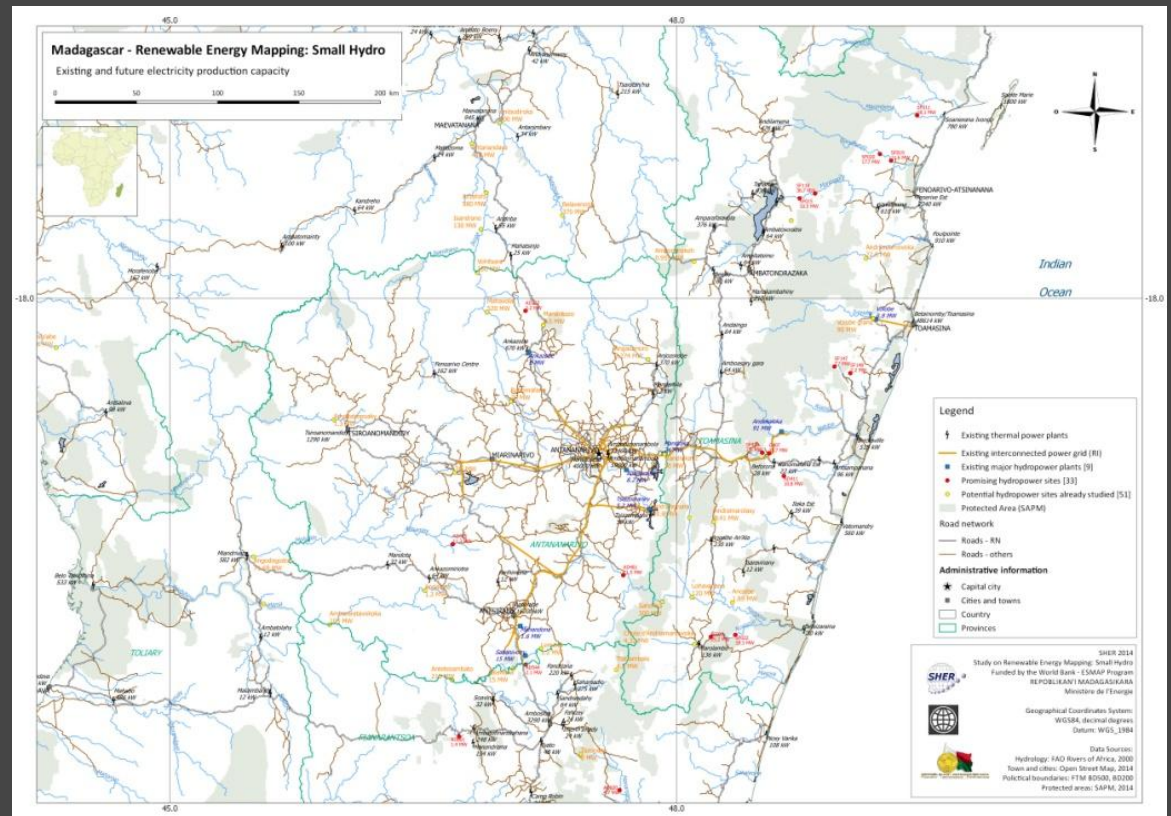
Base de données initiale trop exhaustive : multiplicité et redondance des données bibliographiques

Focus sur 1-20 MW

Potentiel Hydro concentré sur les zones à fort relief

Base de données :

Excel
QuantumGIS
KMZ

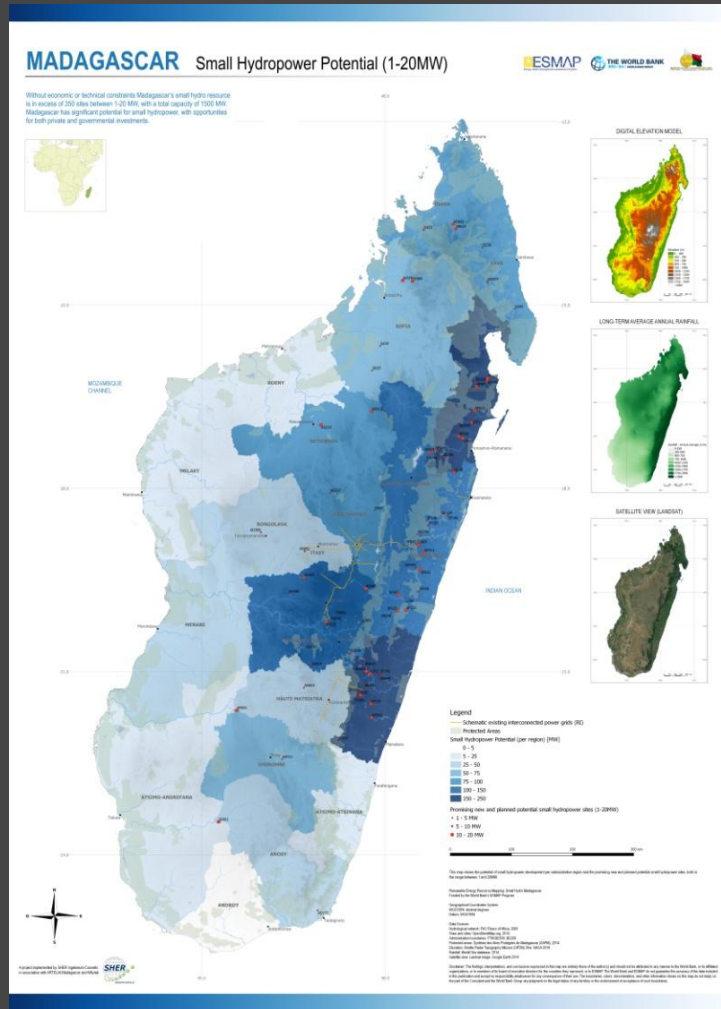


Résultats des Atlas hydroélectriques

➤ **Bases de données** des sites potentiels et existants

Madagascar

ATLAS



Résultats des Atlas hydroélectriques

➤ **Recueil :**
compilation
de Fiches de
visite

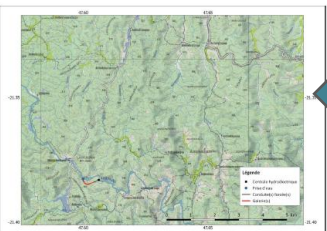
Coordonnées WGS84

Atlas hydroélectrique de Madagascar

Andriamanjavona (G191)

Ministère de l'Énergie - UR / ES&AP

1. ANDRIAMANJAVONA (G191)



Coordonnées géographiques (WGS 84)	Longitude [°]	Latitude [°]	Altitude (m)
Barrage	47.800	-21.382	465
Prise d'eau	47.800	-21.383	-
Centrale hydroélectrique	47.806	-21.383	-

1. Données administratives et socio-économiques

Code du site	G191
Nom du site	Andriamanjavona
Rivière	Namorona
Basin versant principal	Namorona
Province	Fianarantsoa
Région	Vatovavy Fitovinany
District	Manadana
Commune	Manadana
Site isolé, pas d'habitations ni de cultures à proximité immédiate.	
Carte topographique de référence	Carte topographique N°93 (échelle 1:50.000)

Carte topographique IGN avec
schéma d'aménagement

Données
administratives

Accès

Atlas hydroélectrique de Madagascar

Andriamanjavona (G191)

Ministère de l'Énergie - UR / ES&AP

2. Données techniques préliminaires

Type d'aménagement : Aménagement au fil de l'eau

Description brève :
Seuil déversant transversal avec une vance de vidange (H100 x 120 cm). Ouvrages en rive droite. Prise d'eau avec dégraisseur, galerie d'amenée, conduite forcée, centrale et canal de fuite situé à 526 m à l'aval du pont.

Barrage et centrale hydroélectrique	
Longueur du canal [m]	0
Longueur de la galerie [m]	700
Longueur de la conduite forcée [m]	190 (aérienne) + 0 (enterrée)
Type de barrage	Barrage poids en béton
Hauteur du barrage [m]	2,0
Longueur du barrage [m]	88
Turbidité mesurée [NTU]	30
Commentaires sur le transport solide	< 30 mm sur le fond ± 0-50 m, < 3 mm ± 0-70 m. 50% Quartz. Mesure de turbidité faite à l'éclairage -> on peut s'attendre à une turbidité plus importante en saison humide
Commentaires sur la géologie	Au niveau du seuil. Rocher massif de bonne qualité, avec dyke rempli dur
Accès au site	
Longueur totale de route à créer [km]	0,6 (jusqu'au site du barrage) + 1,5 (jusqu'au site de la centrale)
Longueur totale de route à réhabiliter [km]	0,0 (jusqu'au site du barrage) + 0,0 (jusqu'au site de la centrale)
Impact potentiel de l'aménagement	Site isolé, pas d'habitations, ni de cultures à proximité immédiate.
Commentaires sur l'accessibilité	En venant de Ranomafana tourner à droite avant d'arriver à Manadana. Ensuite, 10km de piste en bon état (30 minutes).

3. Données hydrologiques préliminaires

Ces paramètres ont été estimés par régionalisation. Ces valeurs sont indicatives et n'ont pas vocation à être utilisées pour le dimensionnement des infrastructures.

Rivière	Namorona
Superficie du bassin versant [km²]	613
Altitude moyenne [m]	1117
Pluviométrie annuelle moyenne $\bar{P}_{ann}$ [mm/yr]	1269
Débit garanti $Q_{95\%}$ [m³/s]	9,0
Débit $Q_{95\%}$ [m³/s]	10,6
Débit $Q_{90\%}$ [m³/s]	20,5
Débit $Q_{50\%}$ [m³/s]	28,7
Crue centennale P_{100} [m³/s]	152,1
Indice de confiance dans les paramètres hydrologiques	Élevé
Commentaires	Basin versant jaugé en amont (rapport des bassins versants 48%) - jaugé à 10,6 m³/s en octobre 2014

4. Données préliminaires de production d'énergie et de coûts

Hauteur de chute brute [m]	61	
	Site équipé à $Q_{95\%}$	Site équipé à $Q_{90\%}$
Débit d'équipement [m³/s]	9,0 ($Q_{95\%}$)	20,5 ($Q_{90\%}$)
Capacité installée [MW]	4,4	10,4
Productible annuel [GWh/yr]	36,0	76,9

Données techniques
préliminaires

Données hydrologiques
préliminaires

Production
d'énergie

5. Commentaires généraux
Ce site correspond à une alternative du projet hydroélectrique de Namorona II.

6. Photos représentatives du site

Commentaires
généraux

Photos
représentatives

26



Challenges

Challenges

- L'Afrique a un **énorme potentiel** qui reste sous-exploité mais fait face à de nombreux **défis**
 - La collecte des données hydrologiques est devenue lacunaire ou inexistante
 - Exemple de Madagascar : 12 stations fonctionnelles sur un réseau de 149 installées
 - Le transport solide augmente dans de nombreuses rivières africaines :
 - Déforestation
 - Pratiques agricoles
 - Orpaillage
 - Pression humaine



Challenges

- L'Afrique a un **énorme potentiel** qui reste sous-exploité mais fait face à de nombreux **défis**
 - De nombreux projets sont conçus isolément de leur contexte
 - méconnaissance des autres utilisateurs
 - modification de l'hydrologie par la présence d'un réservoir amont, de marais
 - développement des périmètres irrigués, etc.
 - Obsolescence des installations et nécessité de mise à niveau
 - Mauvaise utilisation des ouvrages de retenue
 - Sécurité des investissements et solvabilité des acheteurs (privés ou institutionnels)
 - Niveau de connaissance du personnel d'exploitation des centrales
 - Niveau de compétence des entreprises locales de génie civil
 - Multiplicité des normes en vigueur
 - Monde politique préfère les projets productifs conventionnels (gaz-charbon-fuel)

Tout projet mérite un développement sur mesure

- **Défis pour le développement de la petite hydro-électricité en Afrique**
 - Connaissance et maîtrise du transport solide
 - Amélioration des outils et modélisation hydrologique & développement des réseau de mesures
 - Étudier la future centrale dans son milieu (analyse intégré - IWRM)
 - Les équipements hydromécaniques et électromécaniques doivent être conçus en fonction des besoins non l'inverse
 - Respect du cycle de projet par les investisseurs
 - Identification – Faisabilité – EIES – Montage financier, administratif et institutionnel – Etude détaillée – Rédaction des dossier de consultation – Phase chantier – Réception et mise en service – Exploitation



Merci pour votre attention

www.sher.be

Contact :

Pierre Smits
SHER Engineering & Hydropower development
smits@sher.be