UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE
DICEA DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE

Transizione energetica e centrali idroelettriche in Africa

Il caso delle Centrali di Inga – Fiume Congo

Giorgio Federici

Università degli Studi di Firenze

OPEN DAY ON DAMS

Dighe e cambiamento climatico: quali sinergie?

31 MAGGIO 2024

Scuola di Ingegneria – Università degli Studi di Firenze

Via di Santa Marta, 3 – Firenze

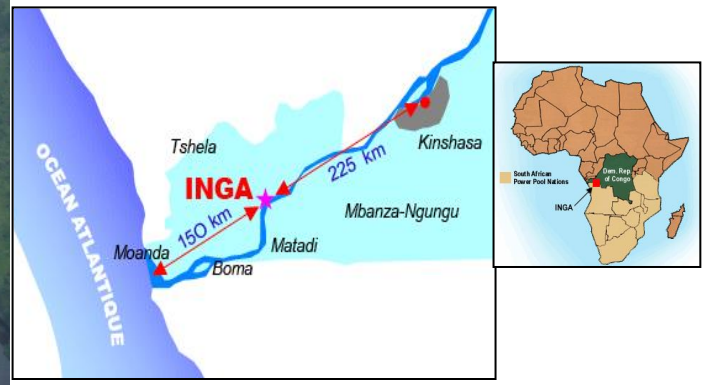
Le cateratte del Fiume Congo a Inga
150 km circa dalla foce nell'Oceano Atlantico

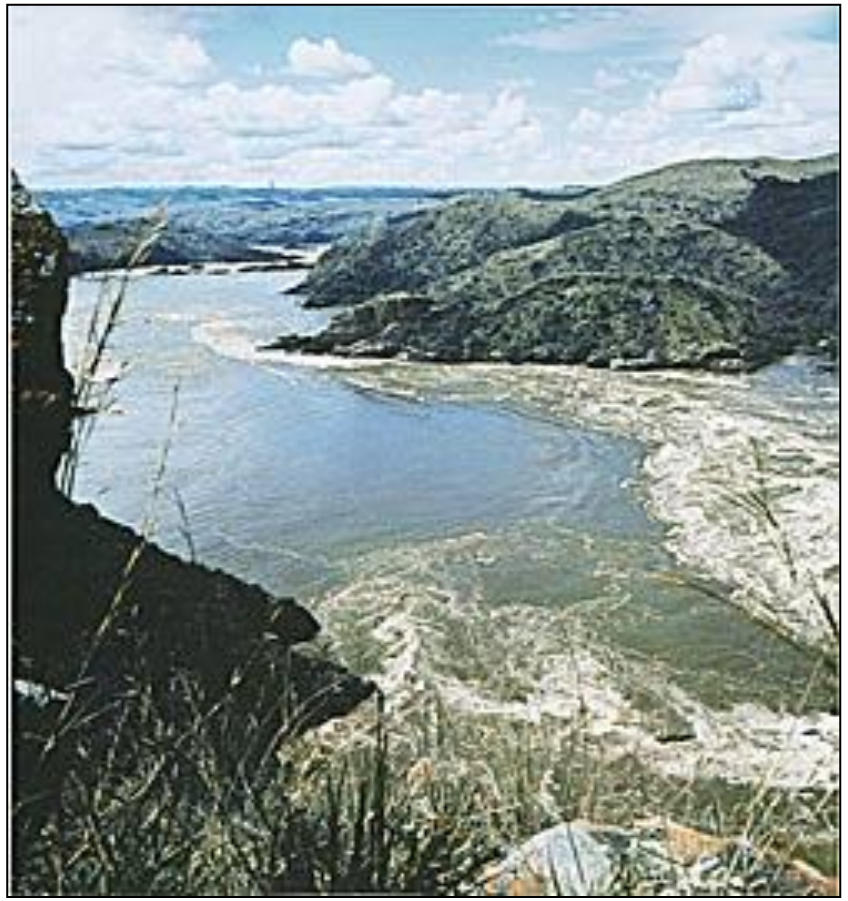
.

Le rapide di Inga: circa 100 metri di dislivello in circa 15 km





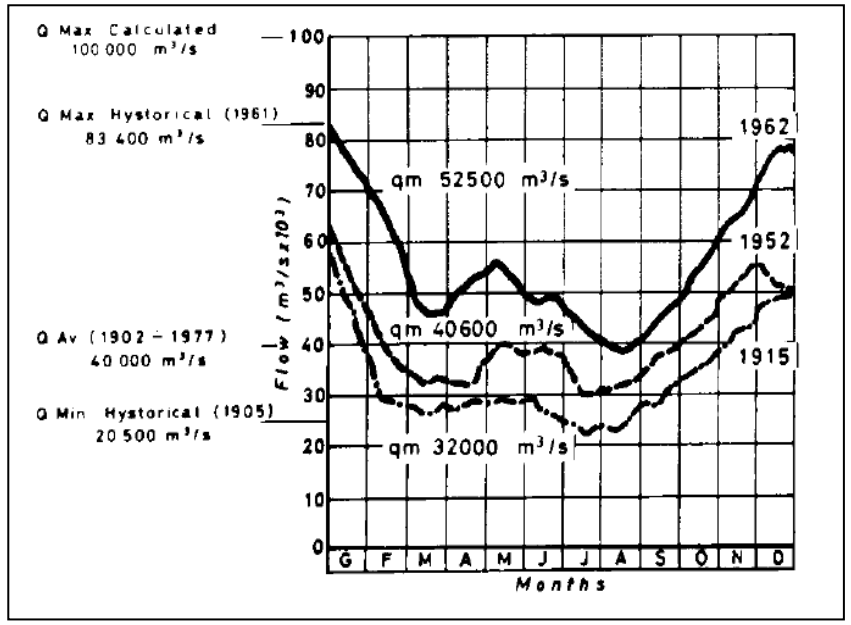


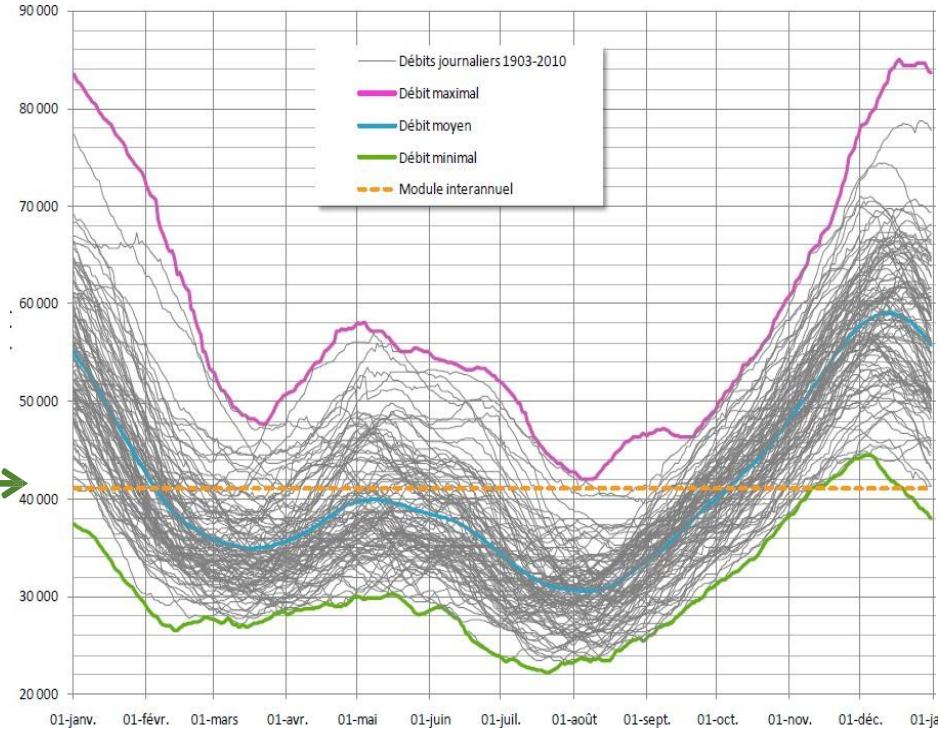



Le Centrali di Inga nel 2024
Inga 1 - 1972
Inga 2 - 1982

Idrologia molto favorevole per un impianto ad acqua fluente

- **Misure di portata Stazione di Kinshasa**
- **Modeste variazioni della portata annuale**
- **Le previsioni del IPCC prevedono una diminuzione massima di 4-5 % al 2100**
- **Portata media annuale: 41 000 m³/s**





Le centrali idroelettriche di Inga

Breve Storia

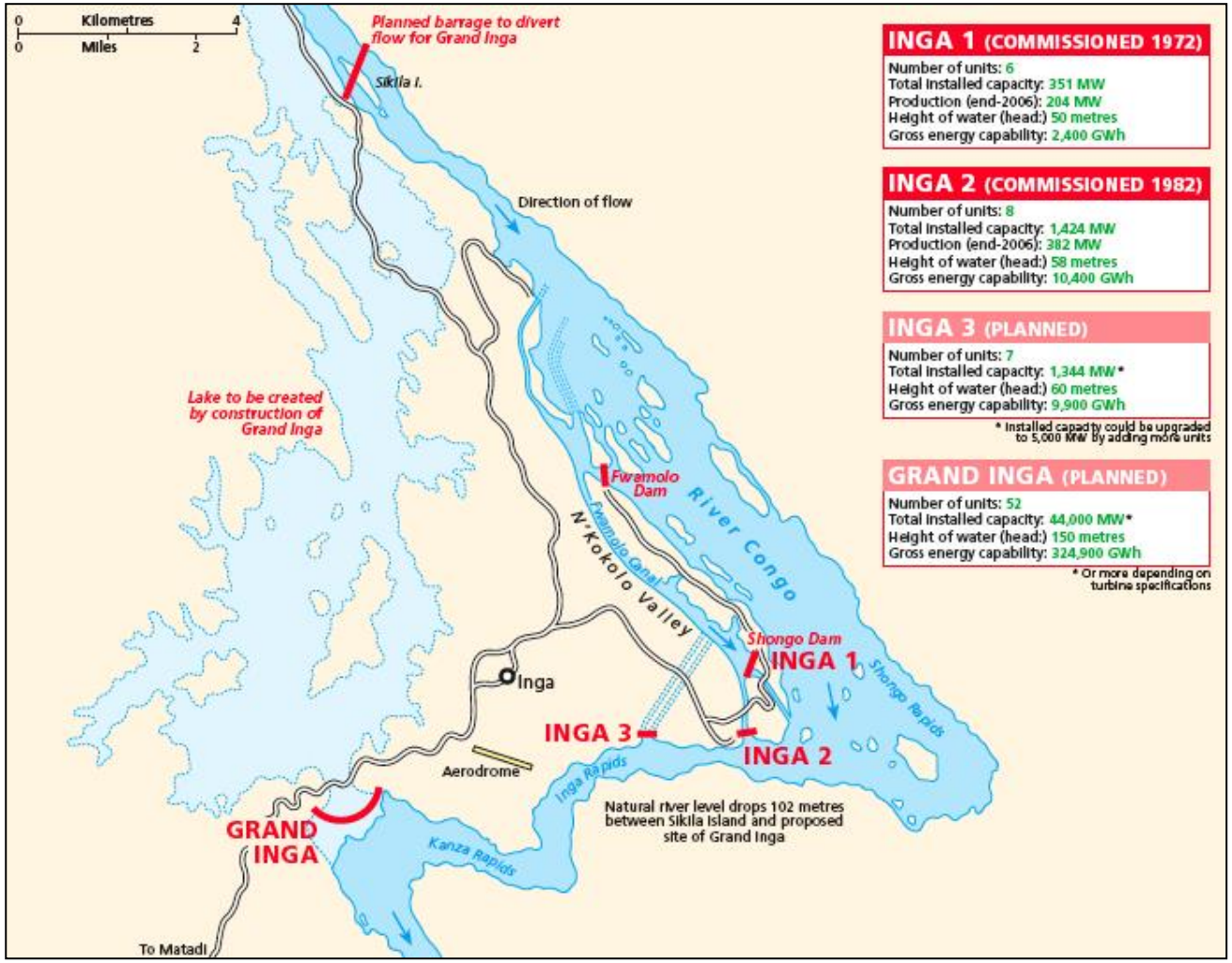
Tra il 1937 e il 1960 sono state condotte le prime indagini per verificare la possibilità di sviluppo del sito di Inga e sono state previste due grandi fasi:

- **Progetto "Valle Nkokolo"** → sfruttamento di una zona del fiume chiusa dalla diga Shongo con un salto naturale di 60 m. Si suddivide in tre fasi:
  →La centrale Inga 1 (351 MW), messa in opera nel 1972;
  →La centrale Inga 2 (1.424 MW), messa in opera nel 1982;
  →La centrale Inga 3 (da 1.700 a 3.500 MW), in fase di progettazione (2008)

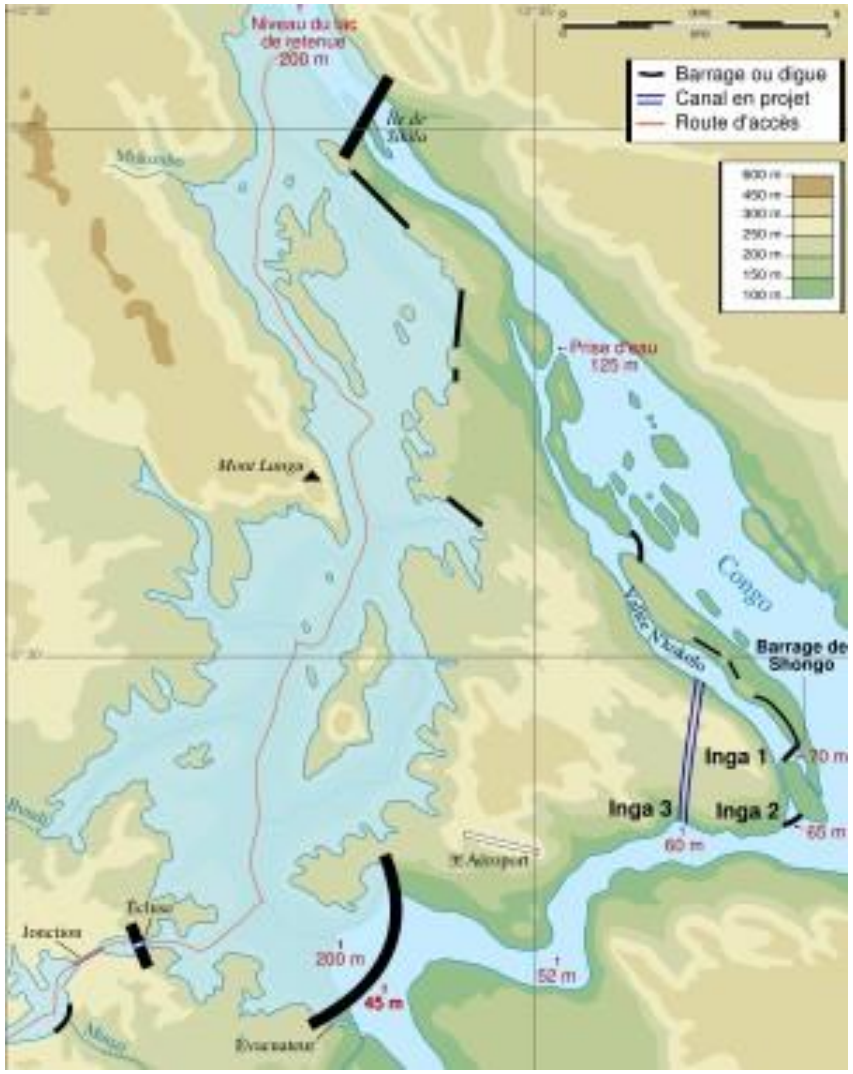
- **Progetto "Grand Inga"** → comporta la costruzione di una diga per deviare il flusso del fiume e convogliarlo nella valle del Bundi, da qui verrebbe usato per la produzione di energia elettrica in un impianto da circa 39.000 MW. La diga permetterà di avere un salto di progetto di circa 150 metri.

G. Graziani S. Mattioli M. Varitis. "Le dighe di Inga".
Project Work – Gestione delle Risorse Idriche. AA 2007-2008

Le centrali idroelettriche di Inga



G. Graziani S. Mattioli M. Varitis. “Le dighe di Inga”.
Project Work – Gestione delle Risorse Idriche. AA 2007-2008



Fleuve Congo:

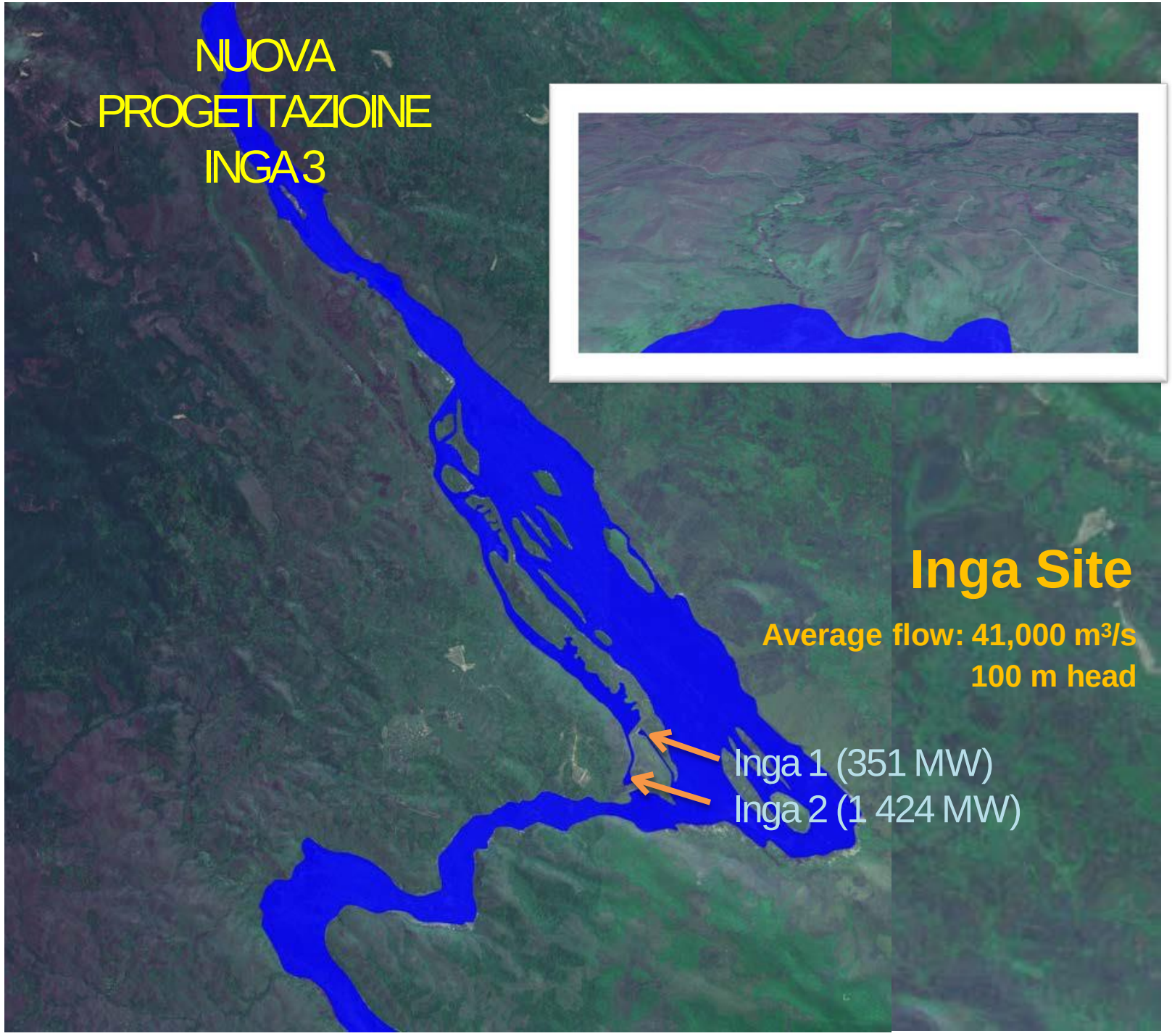
- 40 000 m^3/s en moyenne
- Crue exceptionnelle :

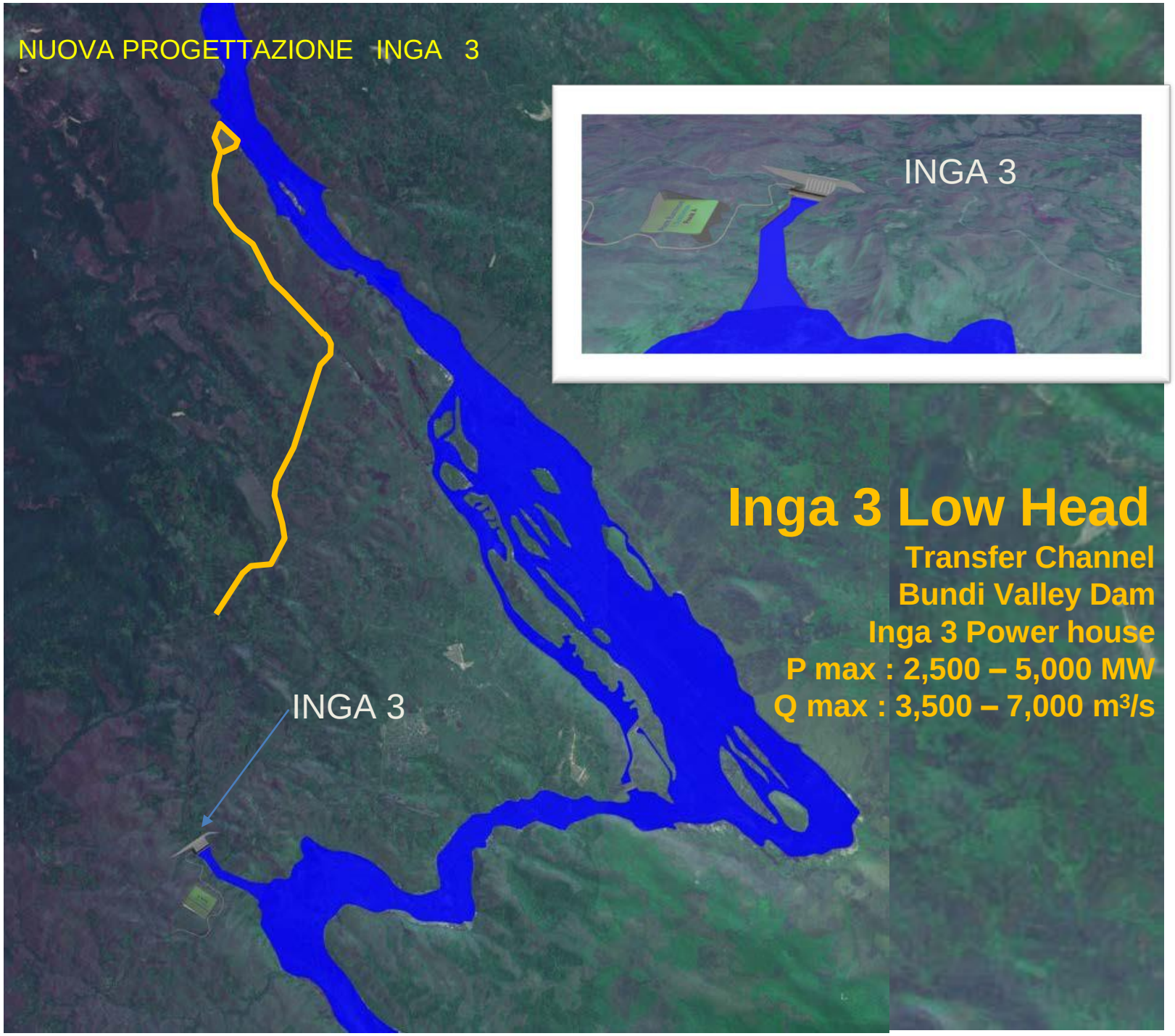
  ~ 95 000 m^3/s

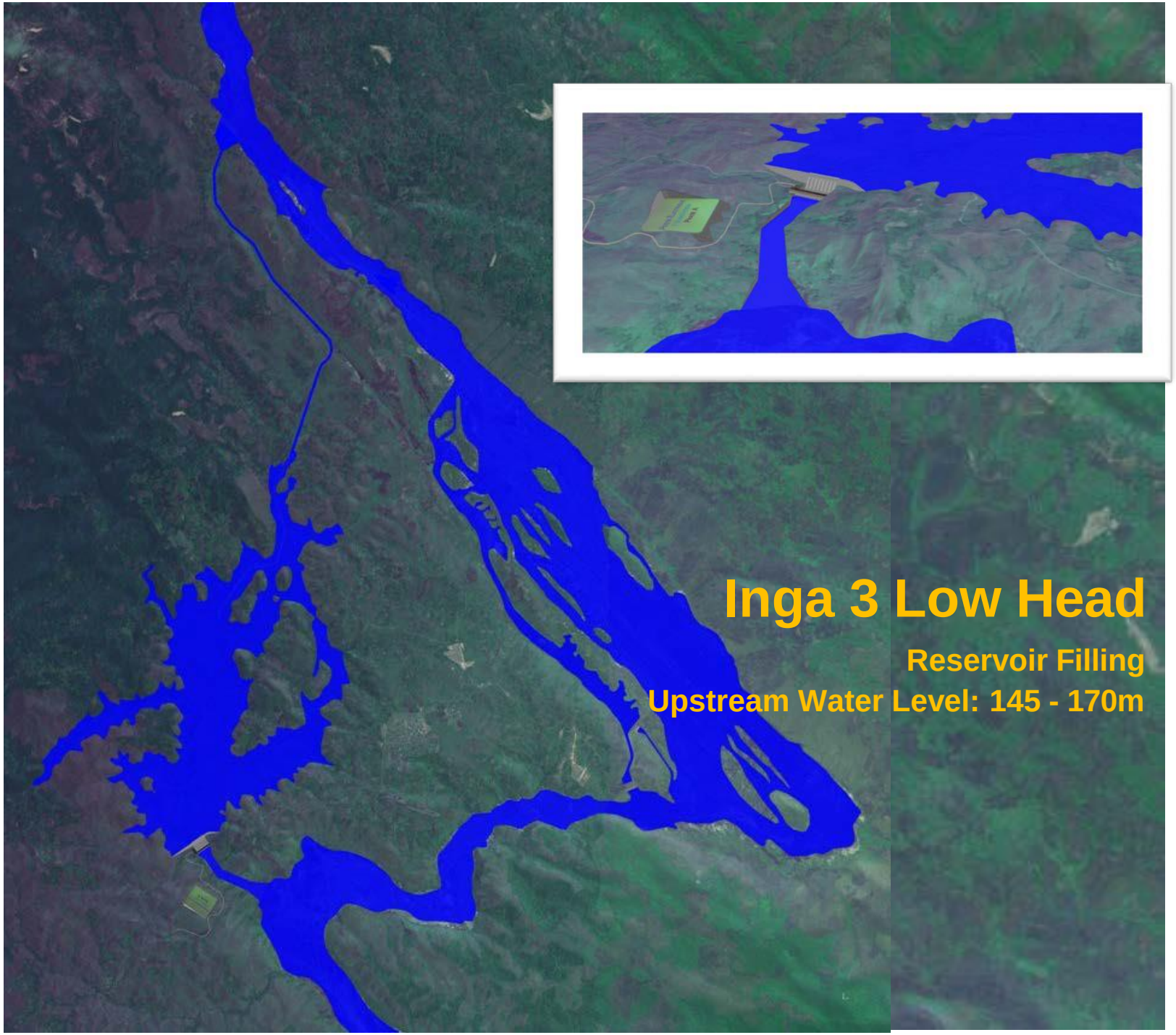
Puissance Hydroélectrique:

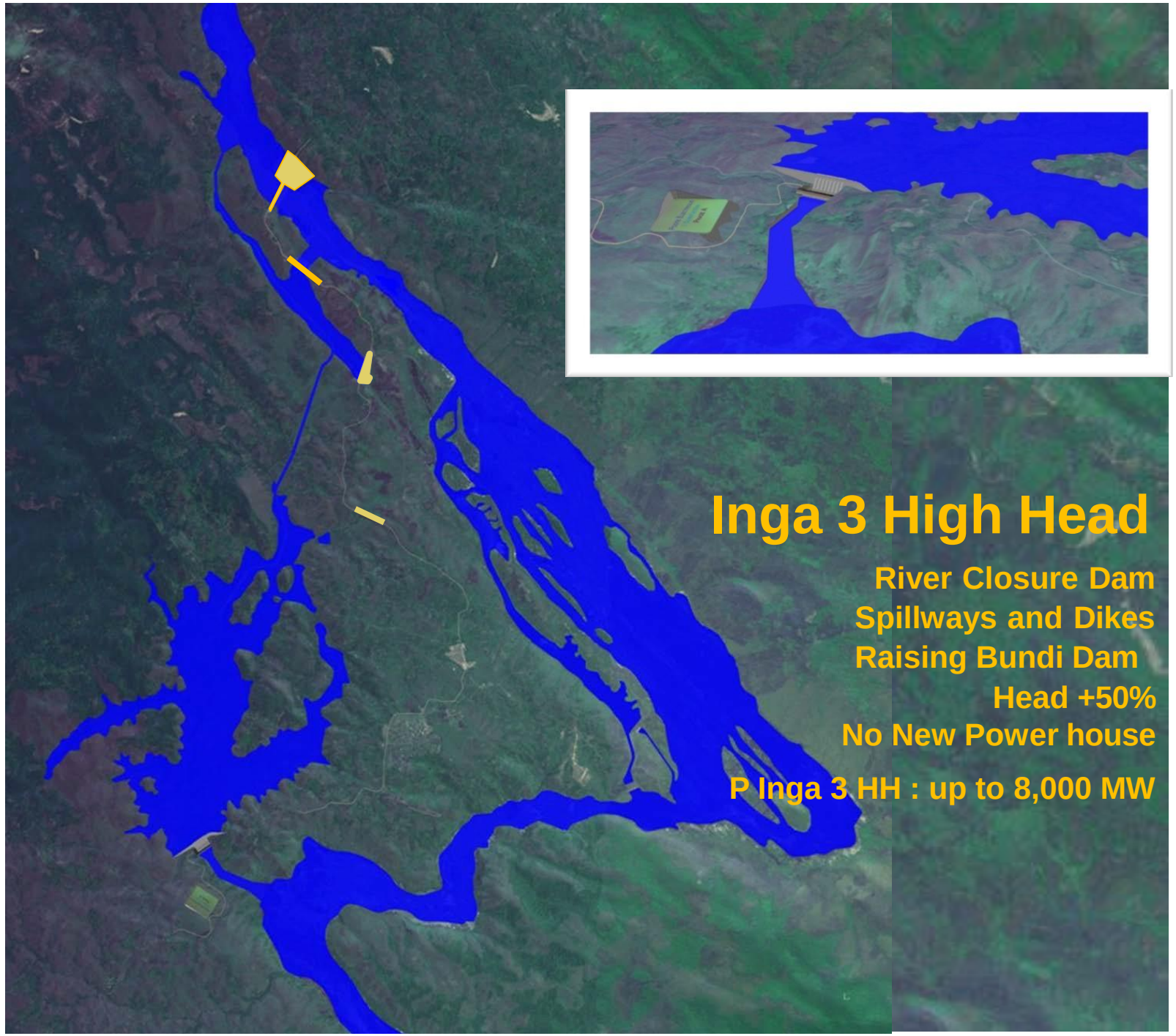
- **Inga I**: 351 MW (existant)
- **Inga II:**1424 MW (existant)
- **Inga III:** ~ 3500 MW (en projet)
- **Grand Inga** ~ 39 000 MW (en projet)

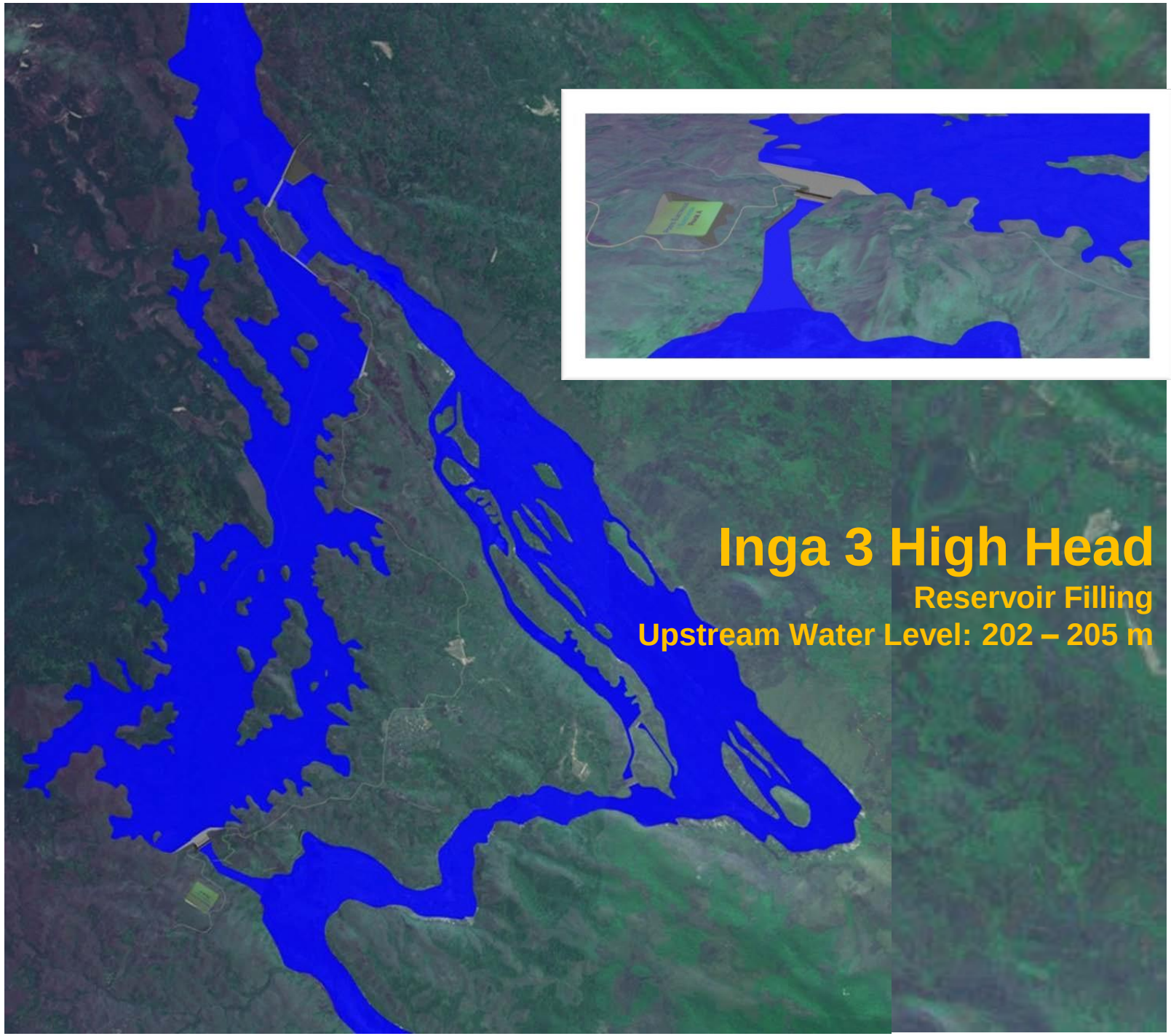
Wikipedia (Non aggiornato !)


NUOVA
PROGETTAZIOINE
INGA 3
Inga Site
Average flow: 41,000 m³/s
100 m head
Inga 1 (351 MW)
Inga 2 (1 424 MW)


NUOVA PROGETTAZIONE INGA 3
INGA 3
INGA 3
Inga 3 Low Head
Transfer Channel
Bundi Valley Dam
Inga 3 Power house
P max : 2,500 – 5,000 MW
Q max : 3,500 – 7,000 m³/s

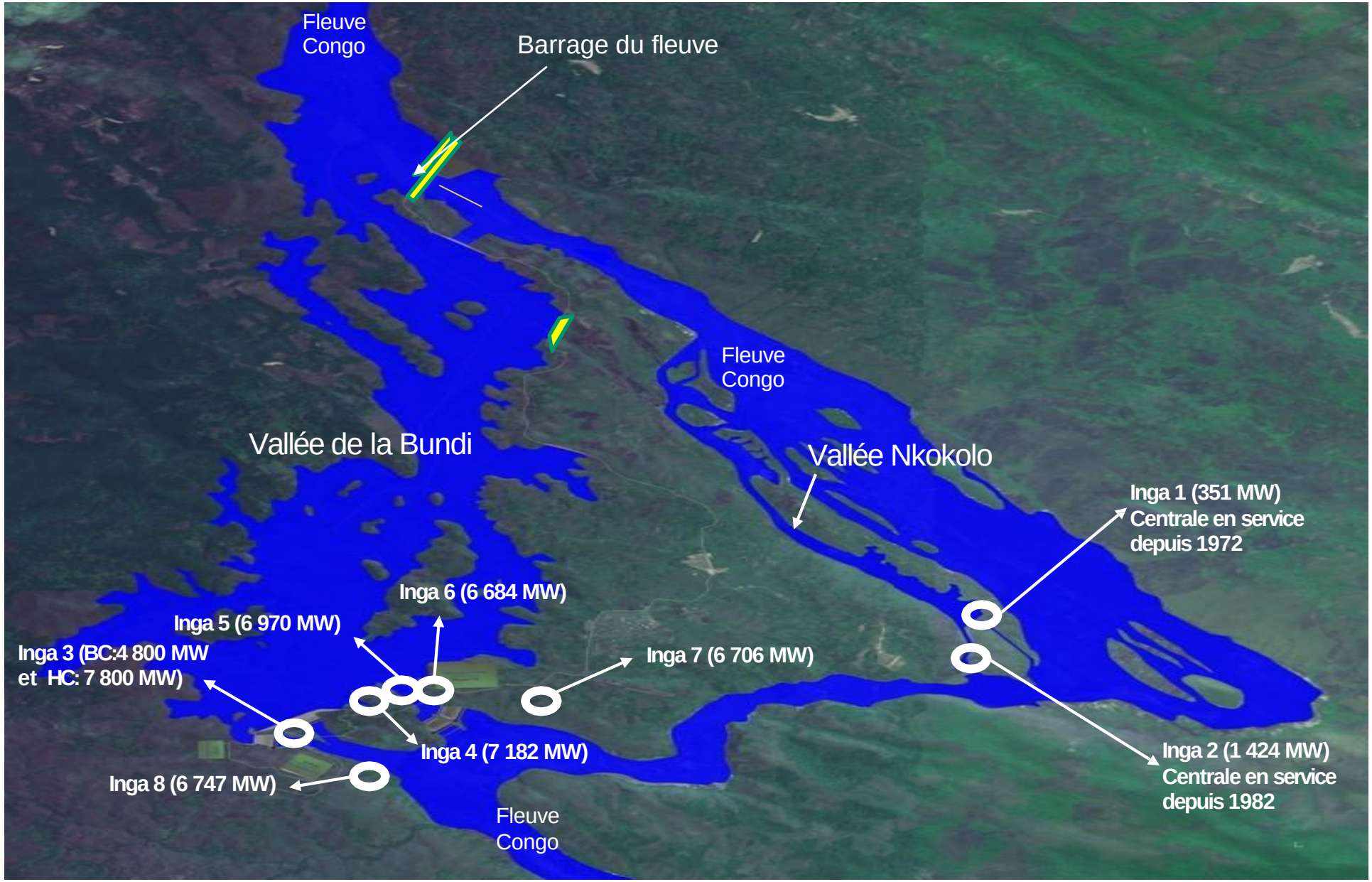

Inga 3 Low Head
Reservoir Filling
Upstream Water Level: 145 - 170m


Inga 3 High Head
River Closure Dam
Spillways and Dikes
Raising Bundi Dam
Head +50%
No New Power house
P Inga 3 HH : up to 8,000 MW


Inga 3 High Head
Reservoir Filling
Upstream Water Level: 202 – 205 m

REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

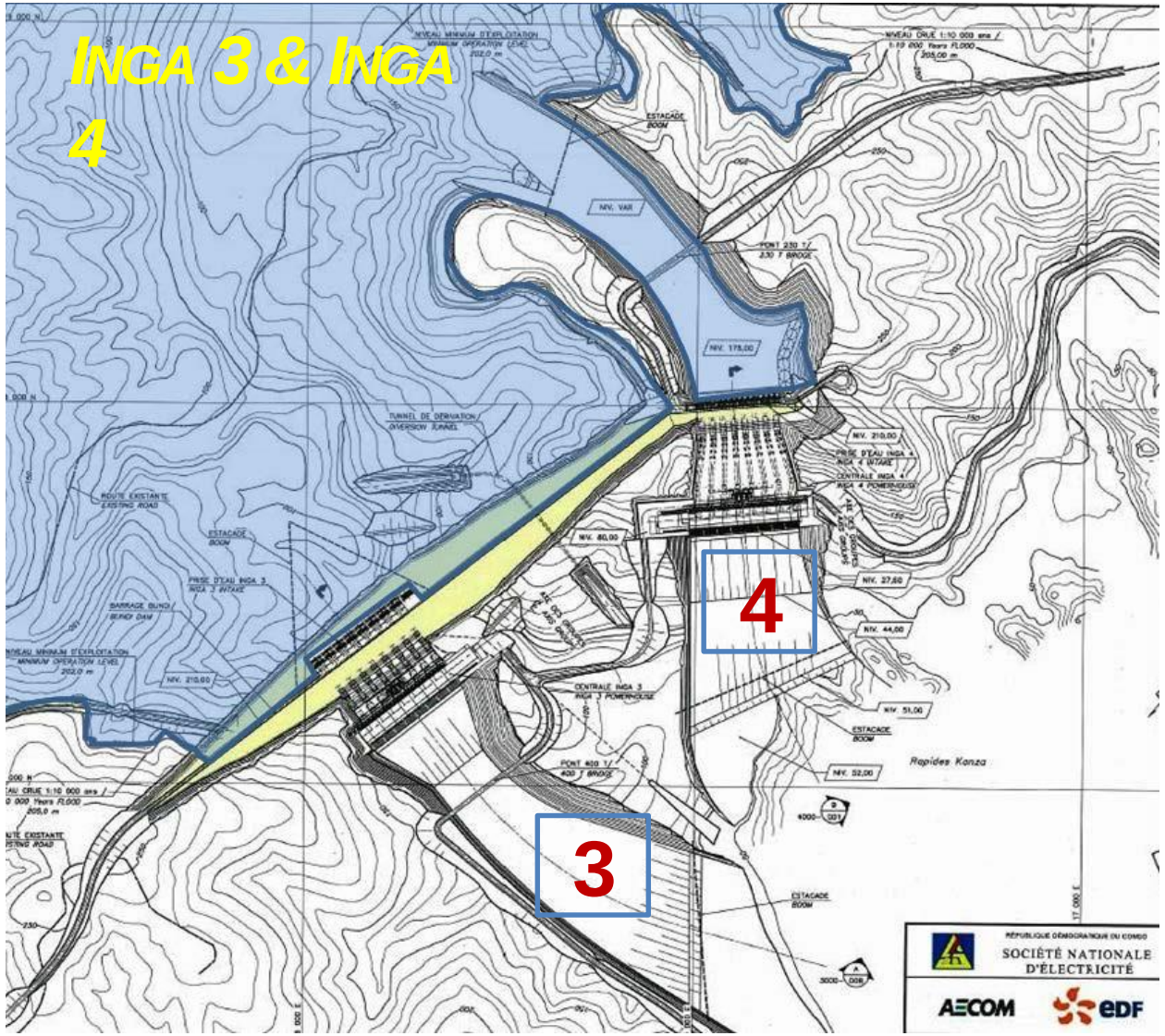
MINISTERE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES ET ELECTRICITE



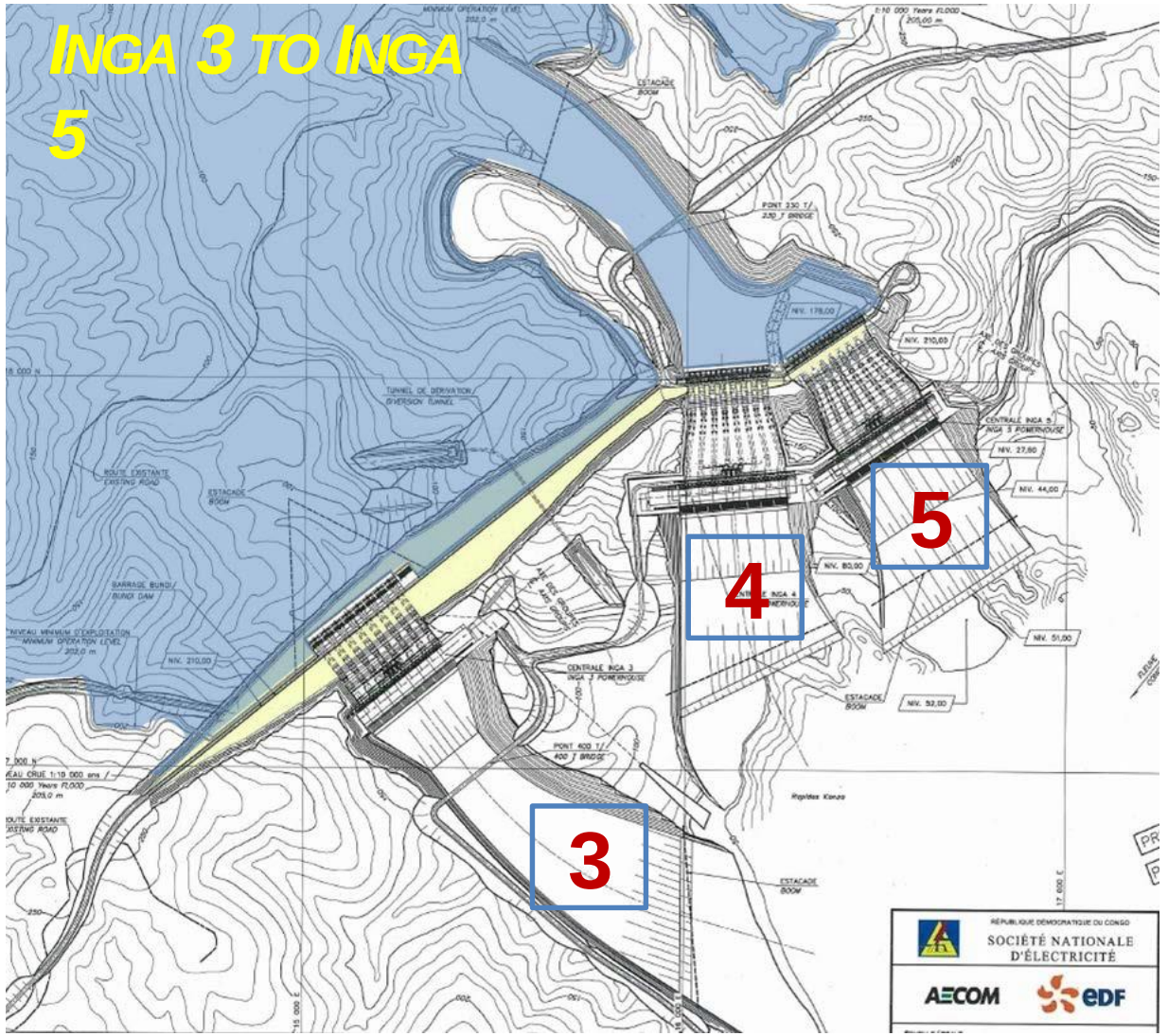
INGA 3 POWER PLANT



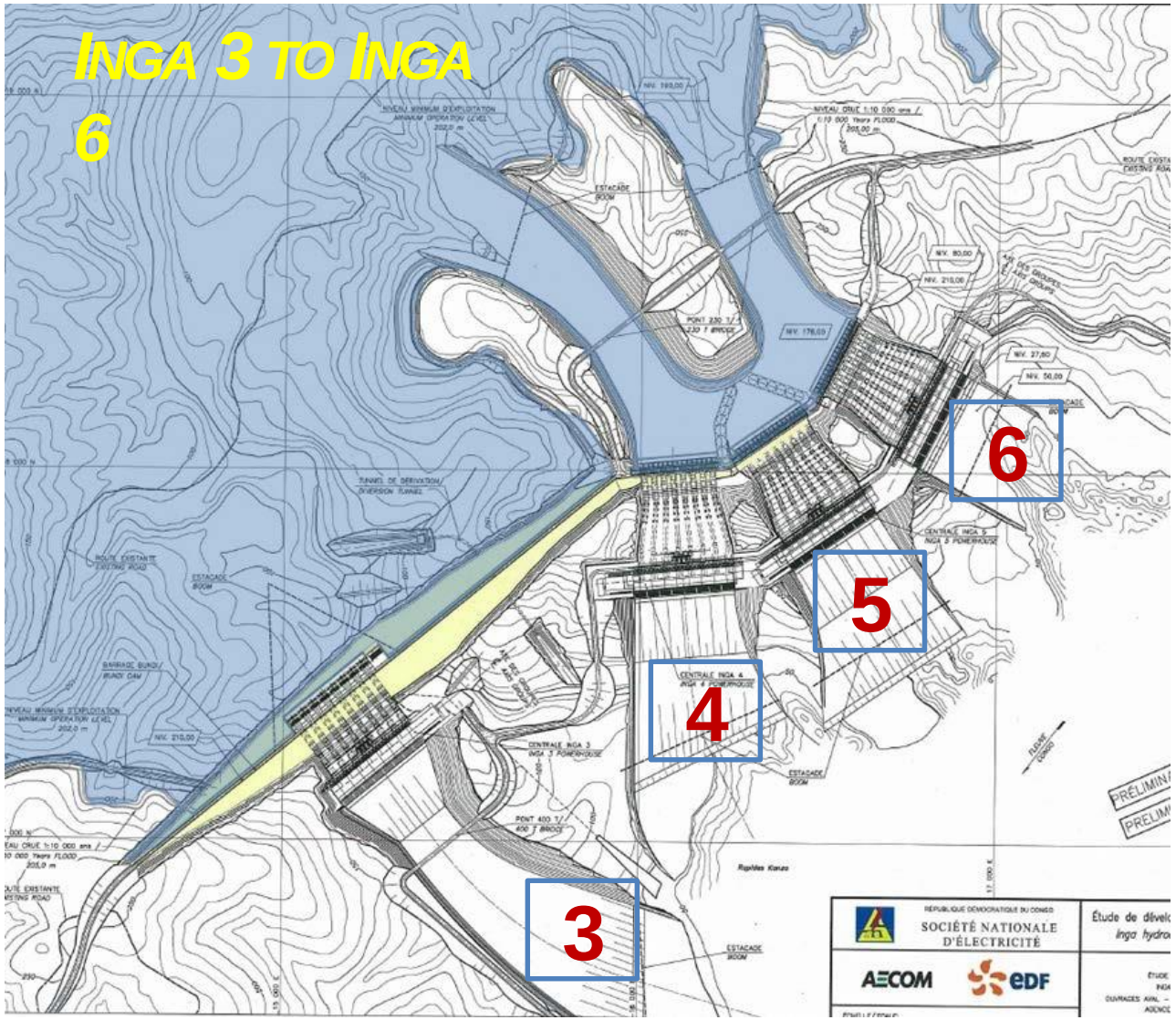
PROGRESSIVE DEVELOPMENT OF GRAND INGA

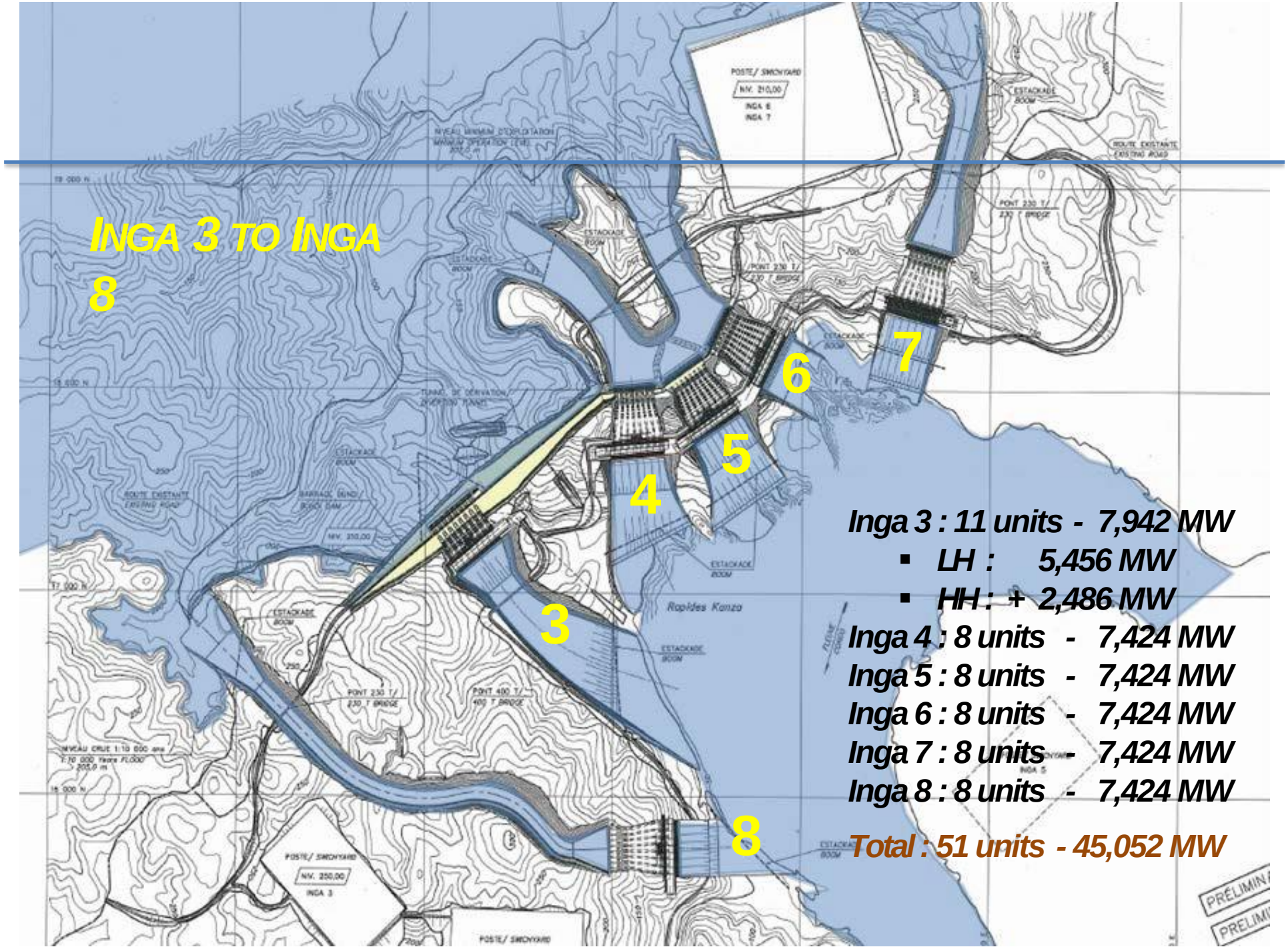


PROGRESSIVE DEVELOPMENT OF GRAND INGA

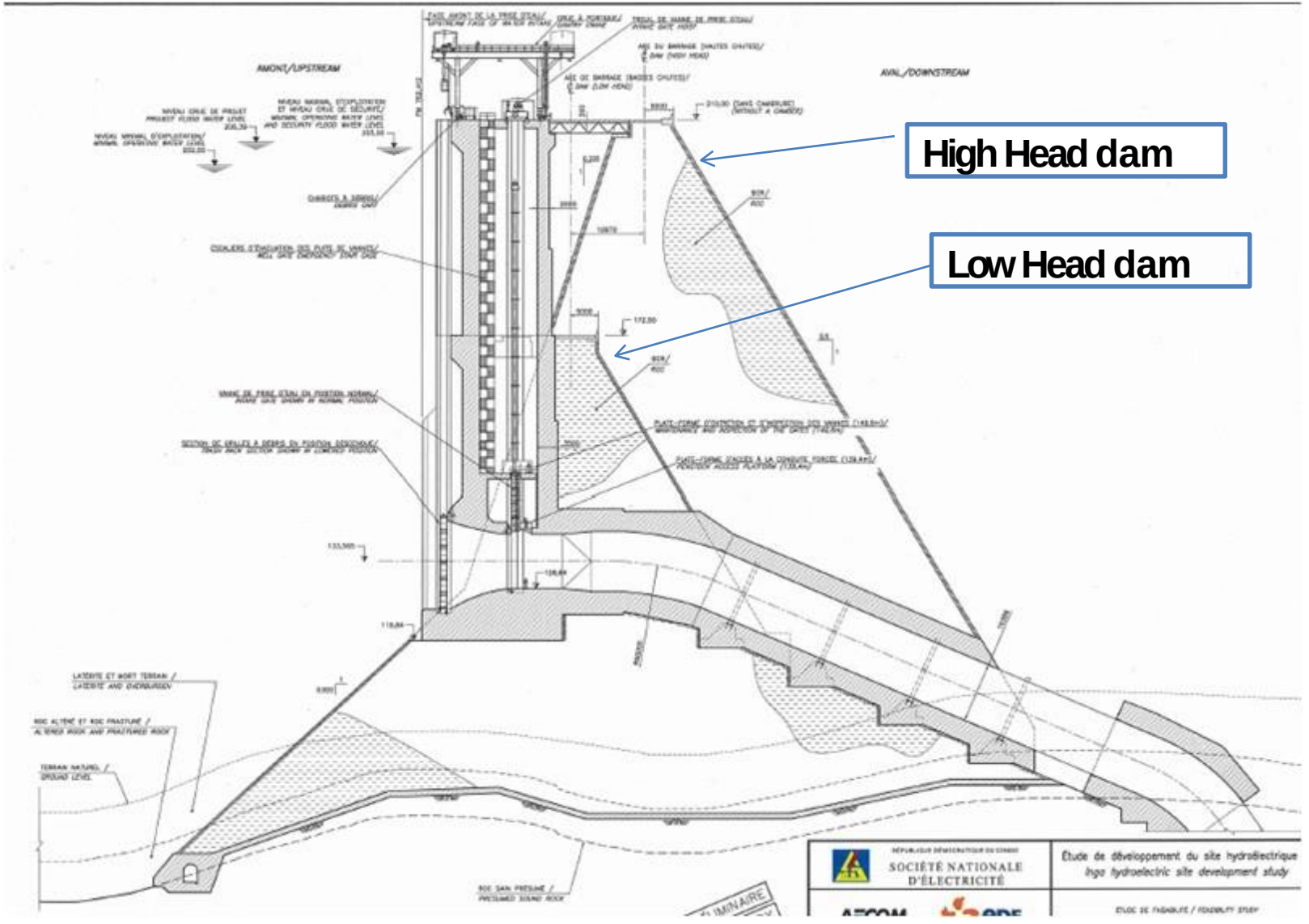


PROGRESSIVE DEVELOPMENT OF GRAND INGA

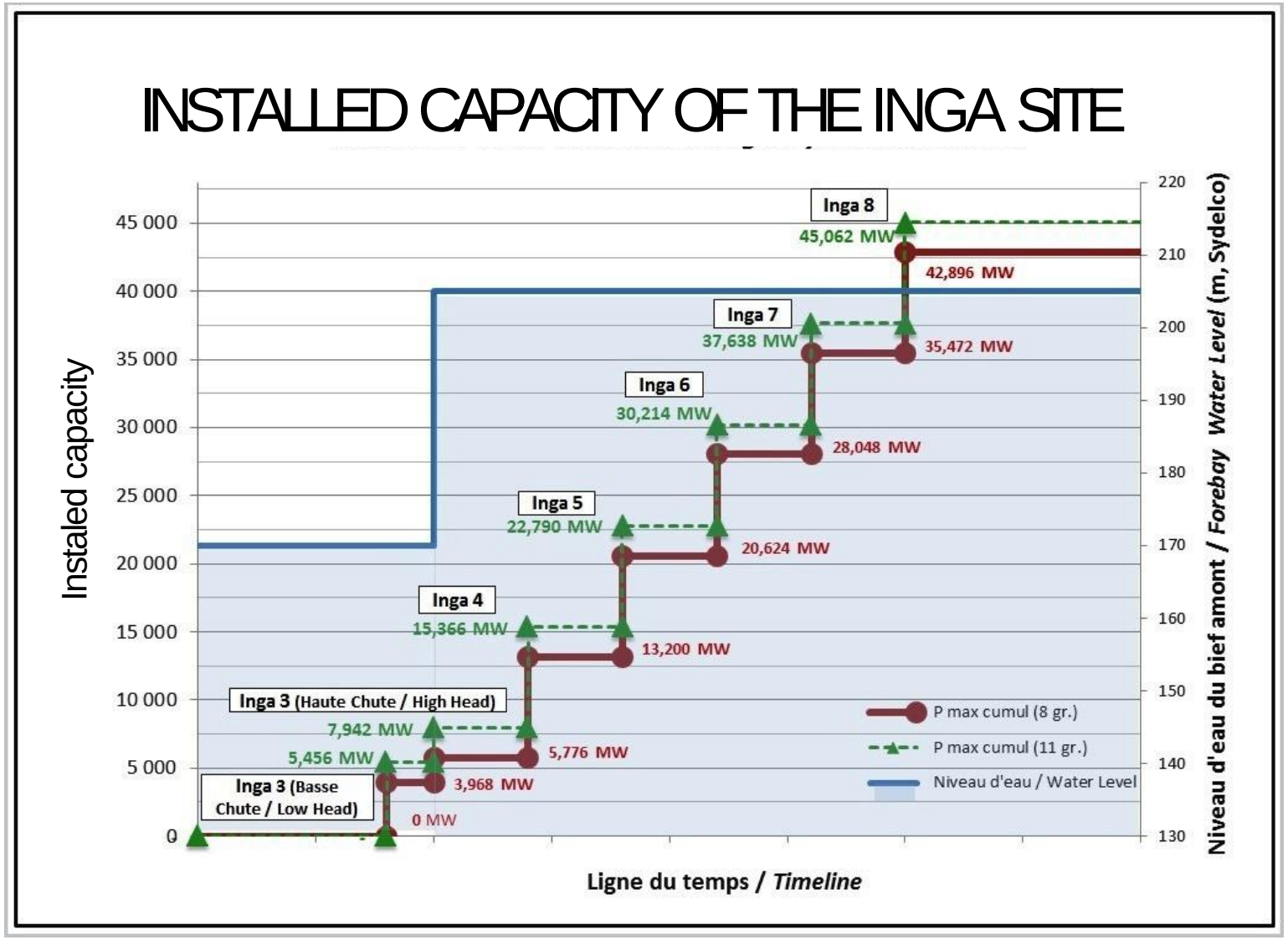



INGA 3 TO INGA 8
3
4
5
6
7
8
Rapides Konza
Inga 3 : 11 units - 7,942 MW
LH : 5,456 MW
HH : + 2,486 MW
Inga 4 : 8 units - 7,424 MW
Inga 5 : 8 units - 7,424 MW
Inga 6 : 8 units - 7,424 MW
Inga 7 : 8 units - 7,424 MW
Inga 8 : 8 units - 7,424 MW
Total : 51 units - 45,052 MW

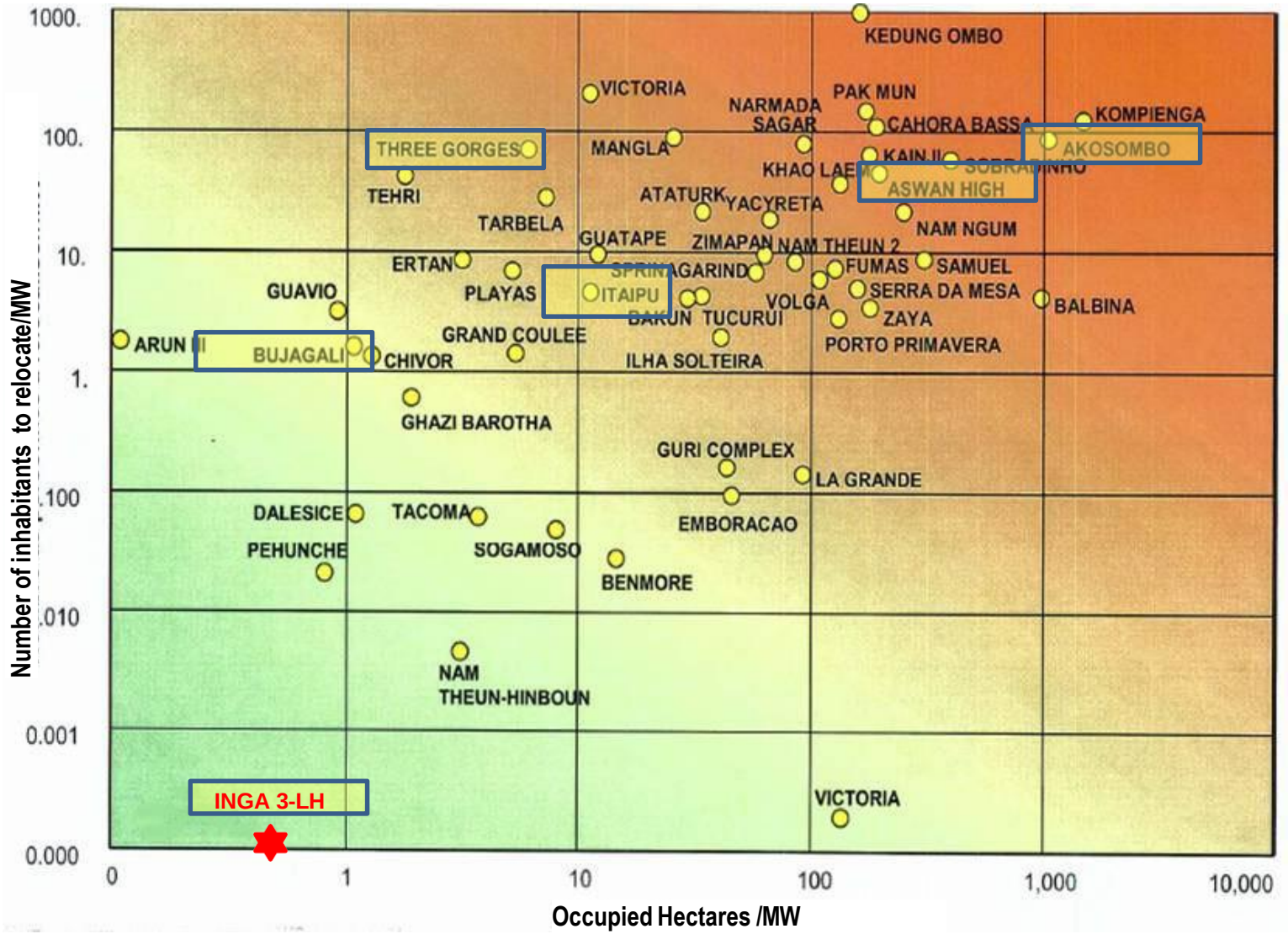
INGA 3 POWER PLANT



PROGRESSIVE DEVELOPMENT OF GRAND INGA



IMPACTS OF INGA 3-LH



IL SITO MAGGIORE AL MONDO PER UNA CENTRALE IDROELETTRICA

- Il potenziale idroelettrico totale del sito di Inga è stimato a 40-44 GW.
- Rappresenta circa il 40% dell'enorme potenziale idroelettrico del Bacino del Congo, stimato in 100 GW.
- Le centrali esistenti Inga 1 (351 MW) in esercizio dal 1972 e Inga 2 (1.424 MW) in esercizio dal 1982 rappresentano il 4.4 del potenziale del sito.
- Il Progetto Grand Inga prevede lo sfruttamento dell'intero potenziale di 40-44 GW.
- Portata progetto delle Centrali di Inga: 26.500 m^3/s ripartita in circa 50 turbine di tipo Francis.
- Il progetto è stato inserito nel programma al 2063 dell'Unione Africana, prevedendo un uso congiunto del potenziale.
- Il Progetto Grand Inga ha incontrato per decenni varie difficoltà. La principale è il suo enorme finanziamento che richiede partnership multilaterali (RDC, Banca Mondiale, Cina, Unione Europea e soprattutto i paesi africani principali utilizzatori potenziali che hanno popolazione in forte crescita).

- **Il 15 maggio 2024 è stato firmato un accordo fra Repubblica Democratica del Congo e Nigeria per la costruzione della Centrale Inga 3. (circa 7.000 MW), con una nuova progettazione.**
- **L'accordo è finalizzato prevalentemente alla produzione di alluminio.**

GRAND INGA

- Potenza **42.000 MW-**
- Energia idroelettrica **340 TWh/yr**

ITALIA (2022)

Potenza installata : **21.816 MW**
Energia idroelettrica **28 TWh/yr**
Energia elettrica prodotta totale **272 TWh/yr**
Energia elettrica consumata totale **316,8 TWh/yr**
maggiore per importazioni di energia nucleare e altro

Repubblica Democratica del Congo (2021)

- Potenza pro capite **11 Watt**
- Energia elettrica pro capite **98 Kwh**
- Popolazione 2021 **95,894,120**
- Popolazione 1972 (Inga 1) **21.335.345**
- Popolazione 2050 **217,494,003**

ITALIA (2021)

Potenza pro capite **578 Watt**
Energia elettrica pro capite **4.630 Kwh**
Popolazione. 2021 **59,240,336**
Popolazione 1972 **54 188 579**
Popolazione 2050 **54 361 245** ISTAT Mediana

Confronto Inga con Centrale delle Tre Gole - Cina

Centrale delle Tre Gole
(*A serbatoio*)

Fiume Azzurro
Inaugurazione 2006
Superfice del bacino 1.084 Km^2
Volume del bacino 22 000 milioni di m^3
A**ltezza diga** 185 m
Potenza **22.500 MW**
Produzione energetica **98,8 TWh/yr**

Popolazioni spostate: **1, 4 milioni prima dell'inaugurazione e altri dopo**

Impatto ambientale: **enorme.**
(Wikipedia: 1300 siti archeologici, fauna e flora etc)

Centrali di Inga - RDC
(Ad acqua fluente)

Fiume Congo
1972, 1982, 2040?, 2063 ?
400 $Km^{2.}$
600 circa milioni di m^3
Vari salti da 60 a 150 metri
42.000 MW-
340 TWh/yr

Alcune decine di migliaia

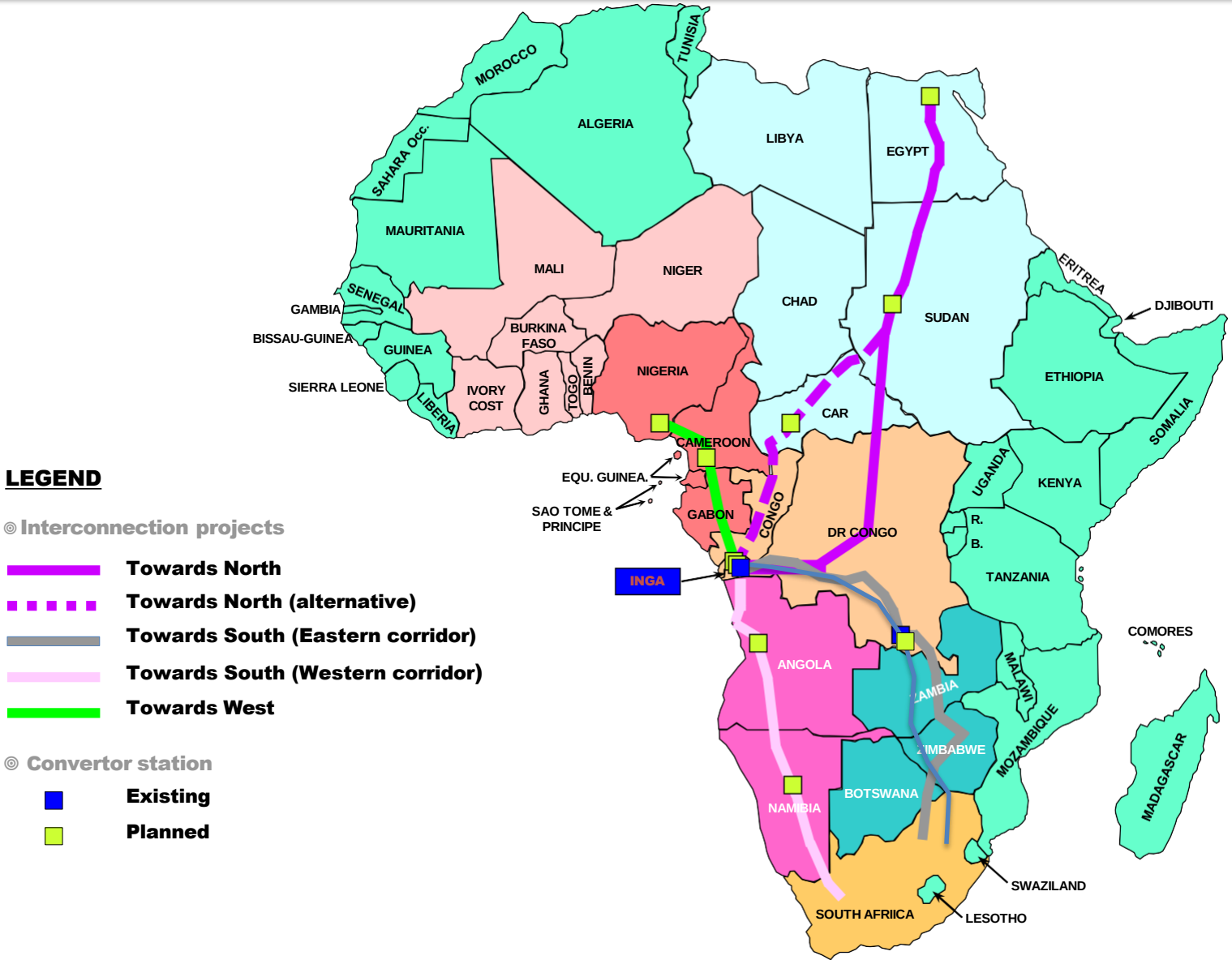
Modesto: la portata derivata è restituita al fiume dopo pochi km ed è comunque dell'ordine di metà della portata media

TRANSIZIONE ENERGETICA PER L'AFRICA

- I paesi africani e in particolare i subsahariani hanno poca elettricità pro capite (a parte il Sudafrica) e in particolare la RDC non ha praticamente energia elettrica.
- La transizione energetica per la RDC è dunque passare dal nulla a una disponibilità di energia pro capite che consenta lo sviluppo economico e sociale.
- I consumi energetici e in particolare elettrici cresceranno utilizzando tutte le risorse disponibili (fossili, rinnovabili e energia nucleare).
- L'inevitabile aumento delle emissioni di gas serra dell'Africa (che ne emette in misura minima per ora) potrà essere contenuto con le risorse rinnovabili (acqua, sole e vento) e l'energia nucleare.
- La proposta che lo sviluppo energetico dell'Africa sia ottenibile solo con sole e vento è ridicola. Per lo sviluppo economico e sociale c'è bisogno di continuità dell'approvvigionamento elettrico e delle grandi reti di trasporto che colleghino tutte le risorse disponibili.
- Dunque le Centrali di Inga diventano strategiche, insieme ad altre Centrali idroelettriche in costruzione e in progettazione sui fiumi africani. L'Unione Africana (che associa 55 Stati) nel Progetto Africa 2063 ha da tempo deciso di perseguire il Progetto Grand Inga come prioritario.
- Il Progetto Grand Inga ha incontrato ostacoli numerosi soprattutto da parte delle istituzioni internazionali e del loro pensiero mainstream (evitare la corruzione, dare soldi per l'assistenza ai poveri e non per lo sviluppo, etc). Da evidenziare anche l'ostilità di alcuni ambientalisti che non considerano l'enorme potenzialità del Progetto a fronte di impatti sociali e ambientali nella costruzione e nella gestione irrisori rispetto ai vantaggi del Progetto e del tutto gestibili.
- I vari tentativi di sviluppare il sito di Inga non sono andati a buon fine ma oggi la demografica africana rende l'Africa finalmente interessante. Le Centrali di Inga saranno realizzate in alcuni decenni a seconda delle esigenze di sviluppo non solo della RDC ma di tutti i paesi che saranno collegati dalle reti di distribuzione ad alta tensione. Nel progetto ENEL della fine degli anni 70, dopo la crisi petrolifera del 1974, invece la prima fase del Progetto era dedicata al trasporto di energia elettrica in Europa. Gli africani erano poveri e ancora poco numerosi e interessanti.

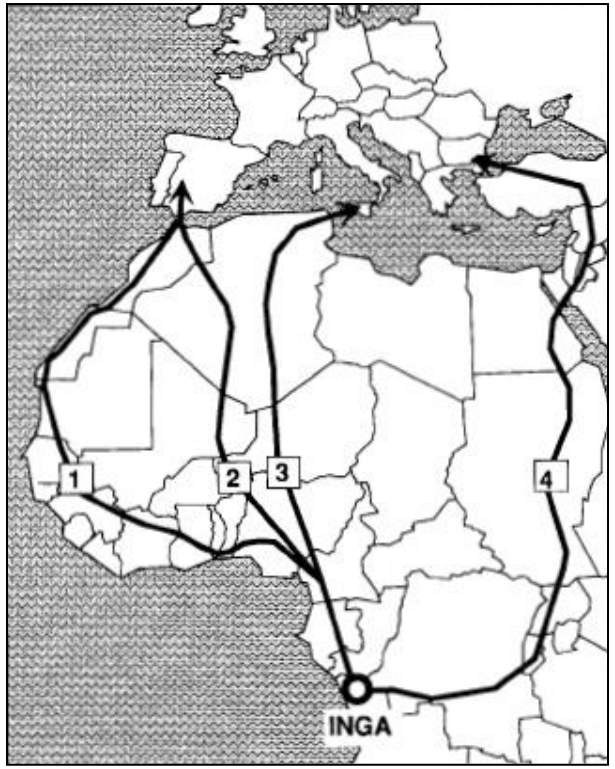
- **Il 15 maggio 2024 è stato firmato un accordo fra Repubblica Democratica del Congo e Nigeria per la costruzione della Centrale Inga 3 (circa 7.000 MW), con una nuova progettazione finalizzata prevalentemente alla produzione di alluminio.**

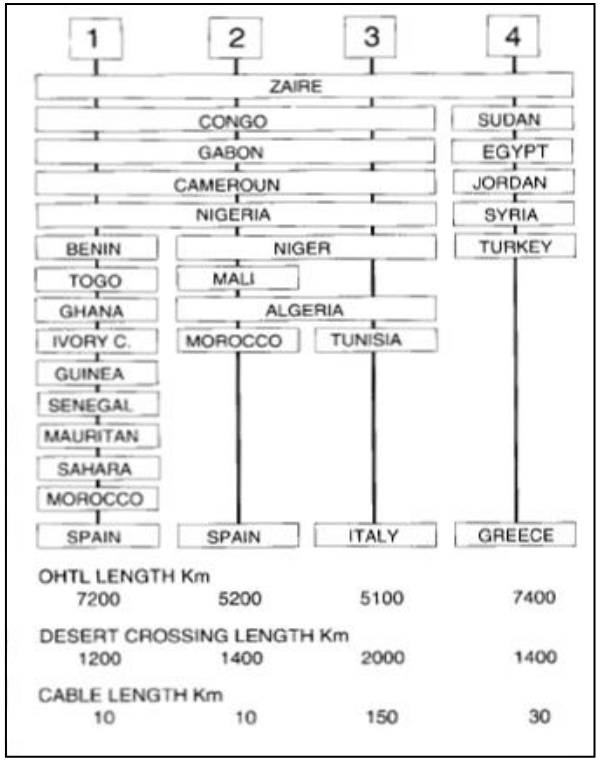
POWER HIGHWAYS FROM INGA SITE



Progetto Enel di interconnessione con I paesi europei delle Centrali di Inga (1980)

- Individuati 4 possibili percorsi





- Previste linee ad alta tensione in corrente continua (HVDC) da 600 kV

G. Graziani S. Mattioli M. Varitis. “Le dighe di Inga”.

Project Work – Gestione delle Risorse Idriche. AA 2007-2008