



L'approvvigionamento idro-potabile  
in Africa occidentale

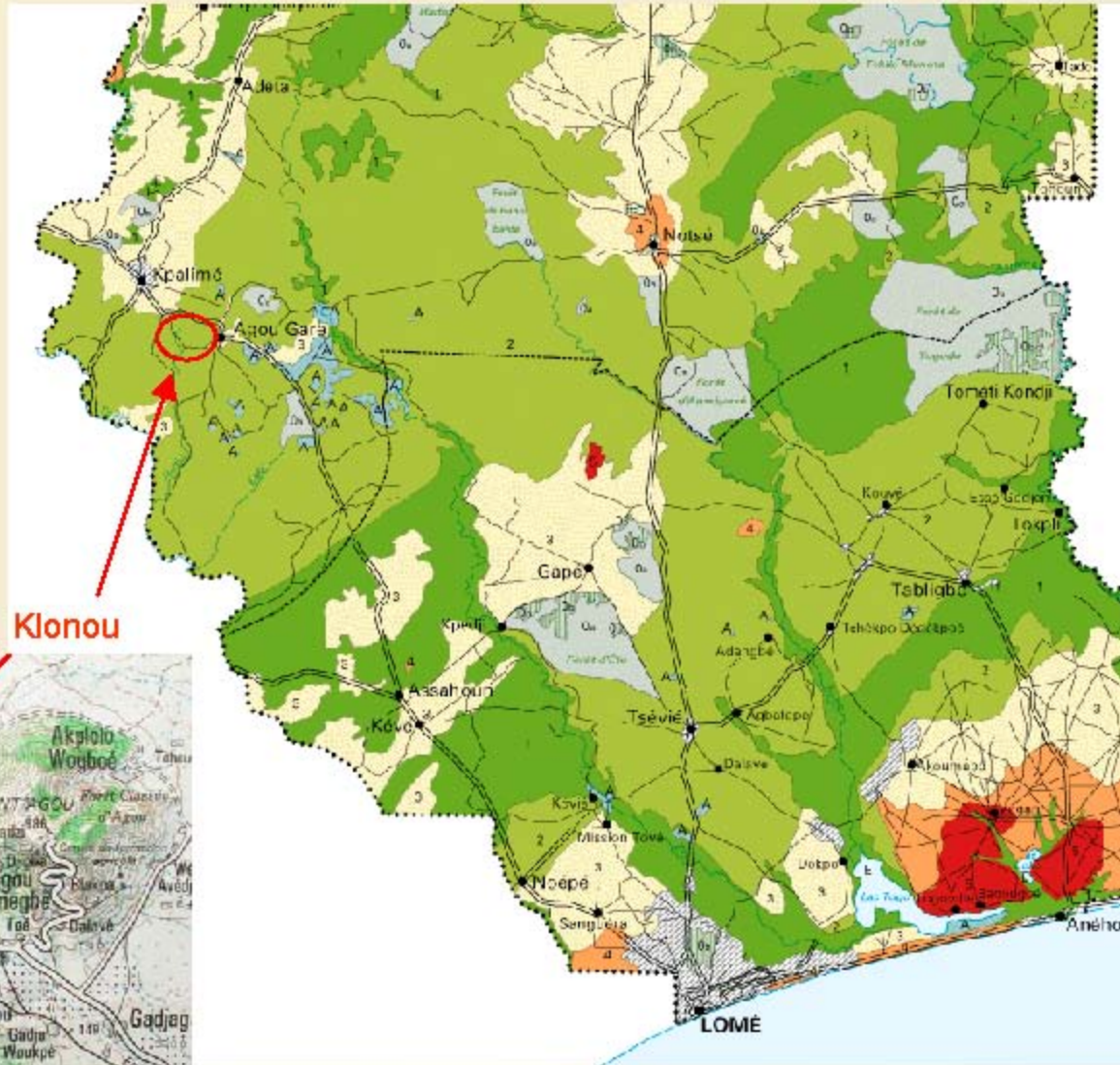
Il caso del villaggio di Agou-Klonou in Togo

*Attività svolte da Dicembre 2006 a Febbraio 2010*

# Inquadramento del sito:



Il villaggio di Klonou si trova nelle vicinanze del Monte Agou in Togo, lungo la strada che da Lomé, la capitale, conduce a Kpalimé. **Klonou**



Inquadramento del sito:

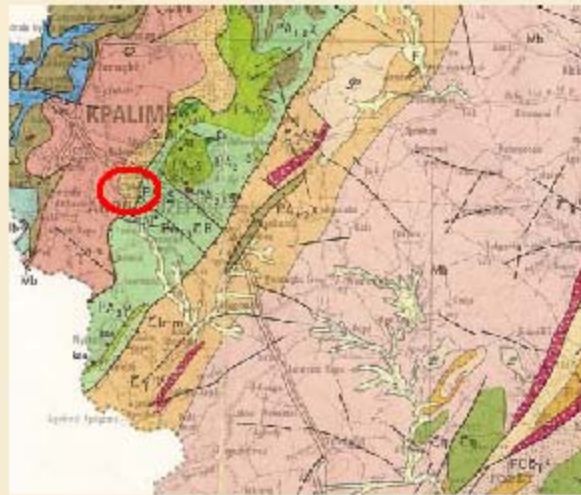


Il villaggio consiste in un nucleo abitativo di edifici bassi in mattoni con copertura in lamiera, poco vivibili a causa delle elevate temperature.

## Inquadramento geologico:

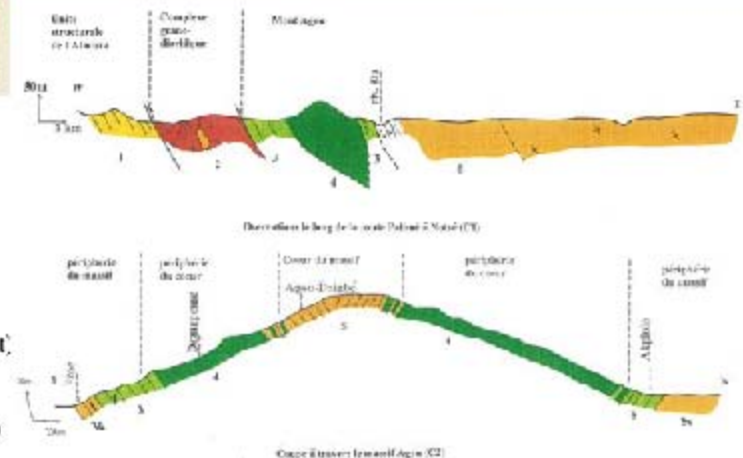
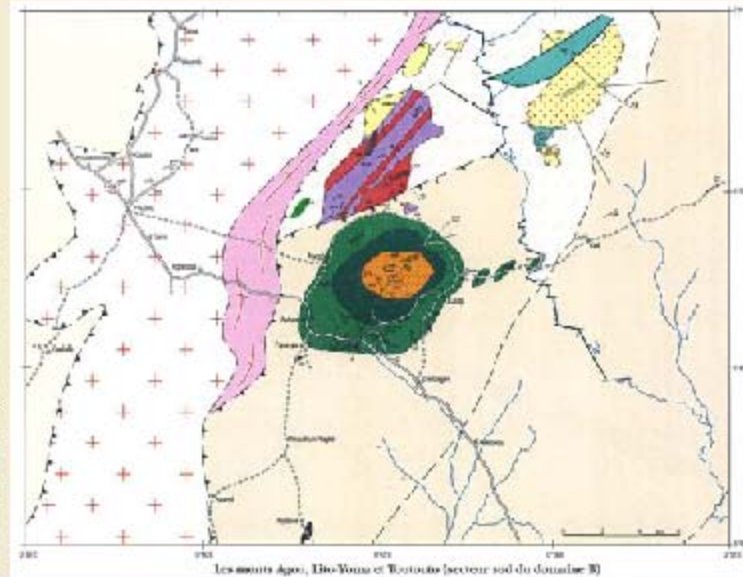
Il probabile inquadramento geologico nella zona di Agou-Klonou consiste in una copertura superficiale molto alterata pari a circa 40 m al di sotto della quale si trova un basamento cristallino meno alterato, spesso fratturato anche ben oltre i 100 m di profondità.

La presenza di rocce del basamento cristallino, che vanno dalle quarziti, granodioriti più o meno metamorfosate fino ai gabbri, ci permette solo di dire che l'area di Agou-Klonou è sicuramente influenzata, dal punto di vista tettonico, dalla presenza del vulcano inattivo (Monte Agou), ma non ci permette di illustrare una situazione tettonica di dettaglio.



Massifs de type Agou : (C1 et C2)

- 1 = Quartzites micacés (U.S.A.)
- 2 = Granodiorites à enclaves magmatiques basiques et à enclaves métamorphiques; granodiorites mylonitiques
- 3 = Amphibolites à grenat de la périphérie, recoupés par des filons fins basiques et acides
- 3a = Gneiss amphiboliques avec ou sans grenat (encaissant)
- 4 = Métagabbro-norites à grenat et métagabbros
- 5 = Métagabbro-norites avec ou sans grenat
- 6 = Faciès de l'encaissant (gneiss, amphibolites, dolomies)



## Situazione generale presente nei villaggi in Togo:

- ✓ Assenza di infrastrutture
- ✓ Assenza di energia elettrica
- ✓ Assenza di organi di gestione delle risorse idriche

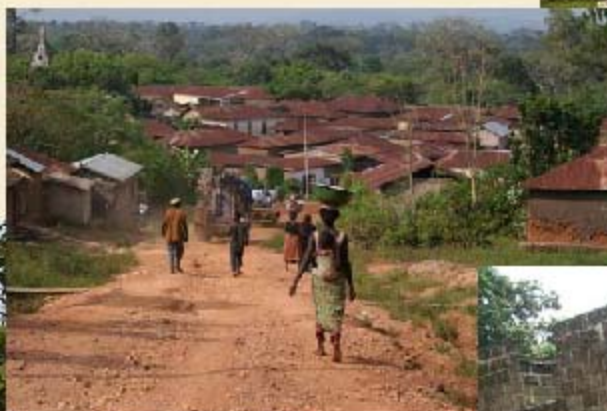
Di conseguenza si osserva la presenza di:

- Villaggi medio/piccoli
- Con economia di villaggio



## Il villaggio di Agou-Klonou

- Villaggio di circa 5000 persone
- Pozzi superficiali scavati a mano
- Acqua con inquinamento batterico elevato anche per carenze culturali
- Malattie gastro-intestinali
- Malaria
- Malnutrizione



“Primo” problema:

Approvvigionamento idropotabile

### 1) Conoscenza della situazione:

*Paesaggio collinare con versanti con moderata pendenza; nei fondovalle sono presenti modesti corsi d'acqua con elevata contaminazione batterica con capacità di autodepurazione pressoché nulla per le ridottissime portate osservate.*

*Sono stati eseguiti:*

- Rilievo topografico eseguito con strumentazione di tipo ottico-meccanico tecnologicamente superata (per la mancanza di alimentazione elettrica);
- Livellazione dei pozzi esistenti;
- Analisi chimico-batteriologiche dell'acqua dei pozzi esistenti;
- Redazione di una carta a curve di livello rappresentante la morfologia e l'andamento altimetrico del territorio su cui insiste il villaggio di Agou-Klonou;
- Redazione di una carta delle isofreatiche ottenuta da misure su 40 pozzi poco profondi; si evince che la falda freatica segue la morfologia del versante;
- Redazione di monografie dei pozzi esistenti;

### 2) Indagini geofisiche:

- Esecuzione di 15 sondaggi elettrici verticali (SEV) in più zone attorno al villaggio;
- Misure di conducibilità nei pozzi

3) Ripristino dell'unico pozzo esistente più profondo (36 m), rimasto inutilizzato per quasi vent'anni (il pozzo non forniva acqua)

# Strategia adottata – Fase 1: Conoscenza della situazione (2006)

Punto prelievo	Aerobi Mesofili a 37°C	Aerobi Mesofili a 22°C	Coliformi Totali	Coliformi Fecali	Streptococchi Fecali	Anaerobi Solfito Riduttori	Giudizio
1	3300	4400	0	0	240	0	NS
2 piazza mercato	880	1000	23	0	4	0	NS
3	500	1400	0	0	480	2	NS
4	340	256000	0	0	1100	2	NS
5	2000	62000	43	0	43	10	NS
6	570	15000	0	0	7	0	NS
7	4000	94000	21	0	23	5	NS
8 pozza	3200	14000	450	0	43	200	NS
9 pozzo comune vicino all'incroci con albergo	2300	18000	210	0	23	0	NS
10 casa del capo	29000	180000	1100	0	7	0	NS
11	13000	4500	43	0	23	1	NS
12 pozzo davanti al dispenser	1700	4000	0	0	0	0	A
13 pozzo dietro al dispenser	1500	3900	210	0	9	2	NS
14	52000	58000	0	0	0	0	A
15	110000	143000	0	0	0	1	NS
16	260000	300000	75	75	240	0	NS
17	58000	83000	1100	1100	9	10	NS
18	5800	8900	0	0	0	1	NS
19 fiume nel bosco	/	/	/	/	/	/	/
20 fiume dispenser	10000	15800	210	0	9	7	NS
21 fiume cimitero	4500	17000	0	0	150	6	NS

NS = non sufficiente  
A = accettabile

## Analisi microbiologiche dei pozzi

	<b>Resultat d'Analyse</b> Microbiologie de l'eau LABORATOIRE DE MICROBIOLOGIE DES ALIMENTS BP 1269 Lomé - Tél: 22 22 26 75	Coordonnée : F1801 Date de rev : 01 Version de rev : 00 Page 02 Page 01
	Numéro de référence : 510 - LOM 2007	

Origine : Agence Nationale (Eau)  
 Client : ASSOCIATION YOOO Tél : 924 42 98  
 Date et heure du prélèvement : 05/12/07 à 11h  
 Date de début des analyses : 05/12/07  
 Responsable du prélèvement : M. PAYI  
 Observation sur l'échantillon : N/A  
 Désignation de l'échantillon :

N° 510 Eau de forage

### RESULTAT

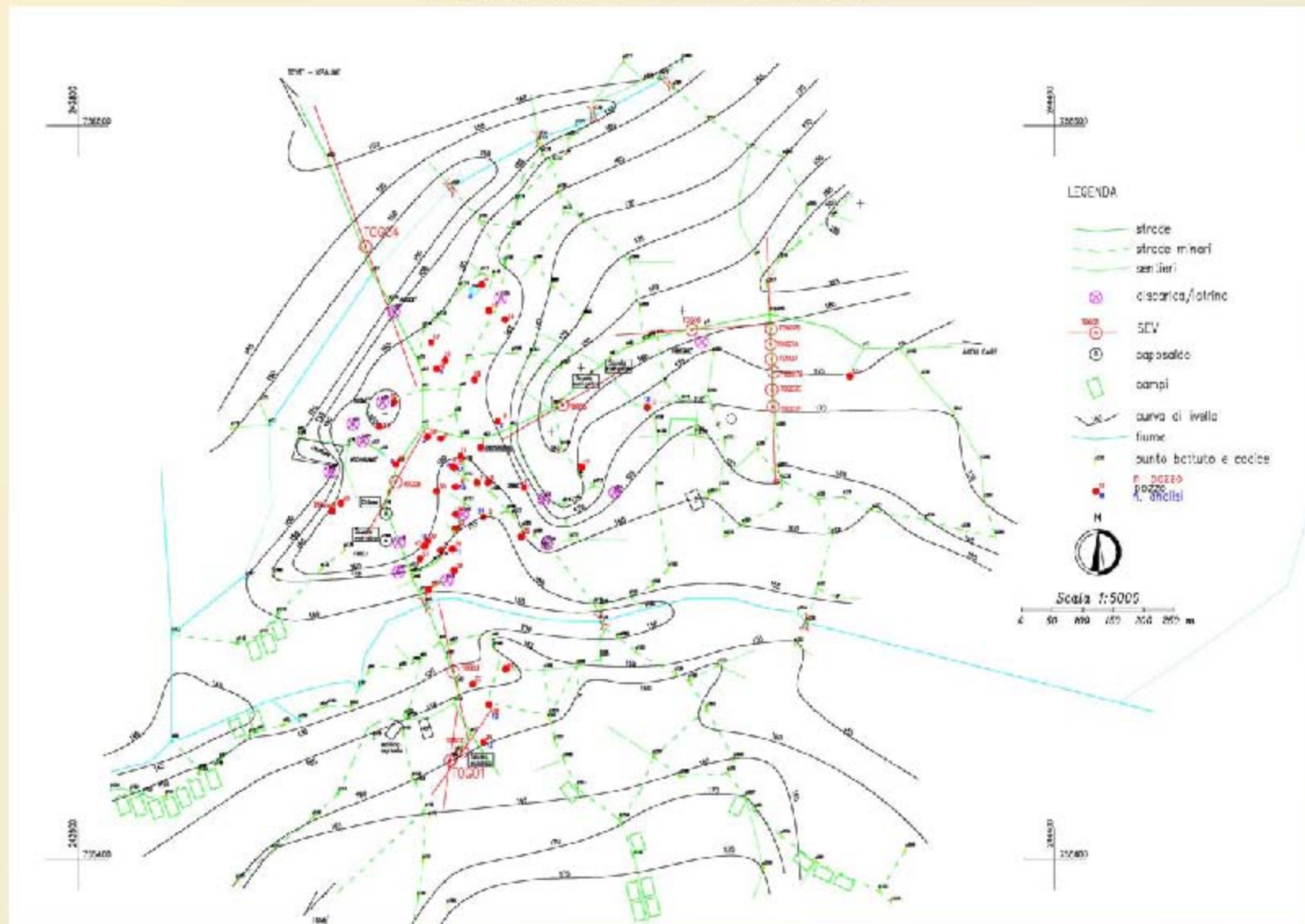
Critères d'acceptabilité	Aerobi mesofiles A 37°C	Aerobi mesofiles A 22°C	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Streptococci fécaux	Anaerobes sulfite-réducteurs	Salmonelles	Agrobactéries
	< 10 UFC/ml	< 100 UFC/ml	< 1000 UFC/ml	< 100 UFC/100ml	< 100 UFC/100ml	< 1 UFC/50ml	Absence dans 25ml	
N° 510	100	300	0	0	0	10	Absence	

Interprétation :

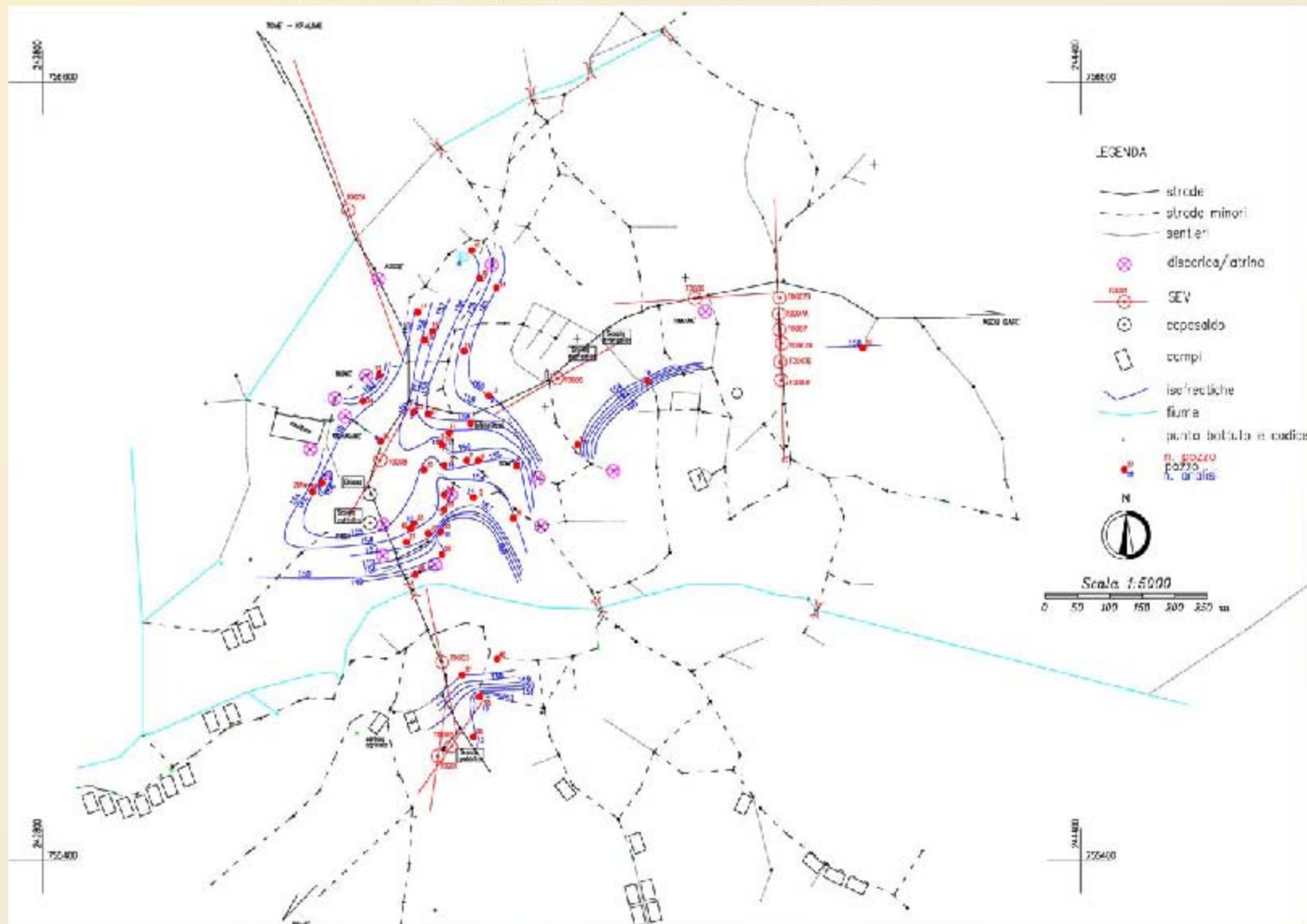
Le chef de service



## Planimetria del territorio di Klonou



## Andamento delle isofreatiche nel territorio di Klonou



## Esempi di monografie dei pozzi esistenti

Agou Klounou Rilievi topografici e misure di conducibilità su pozzi – Dicembre 2006		Agou Klounou Rilievi topografici e misure di conducibilità su pozzi – Dicembre 2006	
	<b>Pozzo n° 2</b>	<b>Analisi n° 2</b>	
	Coordinate UTM WGS84 fuso 31 Est m : 243488,00      Nord m : 756196,00		
	Quota boccapozzo m	167,02	
	Quota piano campagna m	167,32	
	Quota fondo pozzo m	158,00	
	Quota pelo libero m	159,24	
	Conducibilità media $\mu S/cm$	840	
	Temperatura media acqua °C	21,5	
	Altezza "strato" acqua nel pozzo m	0,34	
	Giudizio sintetico basato sulle analisi chimiche e batteriologiche	non sufficiente	
	<b>Pozzo n° 10</b>	<b>Analisi n° 17</b>	
	Coordinate UTM WGS84 fuso 31 Est m : 243417,00      Nord m : 756240,00		
	Quota boccapozzo m	159,92	
	Quota piano campagna m	158,68	
	Quota fondo pozzo m	150,01	
	Quota pelo libero m	151,03	
	Conducibilità media $\mu S/cm$	1213	
	Temperatura media acqua °C	20,9	
	Altezza "strato" acqua nel pozzo m	0,12	
	Giudizio sintetico basato sulle analisi chimiche e batteriologiche	non sufficiente	
	<b>Pozzo n° 22</b>	<b>Analisi n° 3</b>	
	Coordinate UTM WGS84 fuso 31 Est m : 243373,00      Nord m : 756091,00		
	Quota boccapozzo m	163,19	
	Quota piano campagna m	163,15	
	Quota fondo pozzo m	153,05	
	Quota pelo libero m	156,80	
	Conducibilità media $\mu S/cm$	541	
	Temperatura media acqua °C	28,5	
	Altezza "strato" acqua nel pozzo m	2,75	
	Giudizio sintetico basato sulle analisi chimiche e batteriologiche	non sufficiente	
	<b>Pozzo n° 38</b>	<b>Analisi n° 12</b>	
	Coordinate UTM WGS84 fuso 31 Est m : 243374,00      Nord m : 756533,00		
	Quota boccapozzo m	157,62	
	Quota piano campagna m	156,77	
	Quota fondo pozzo m	146,73	
	Quota pelo libero m	152,85	
	Conducibilità media $\mu S/cm$	385	
	Temperatura media acqua °C	20,9	
	Altezza "strato" acqua nel pozzo m	3,12	
	Giudizio sintetico basato sulle analisi chimiche e batteriologiche	accettabile	

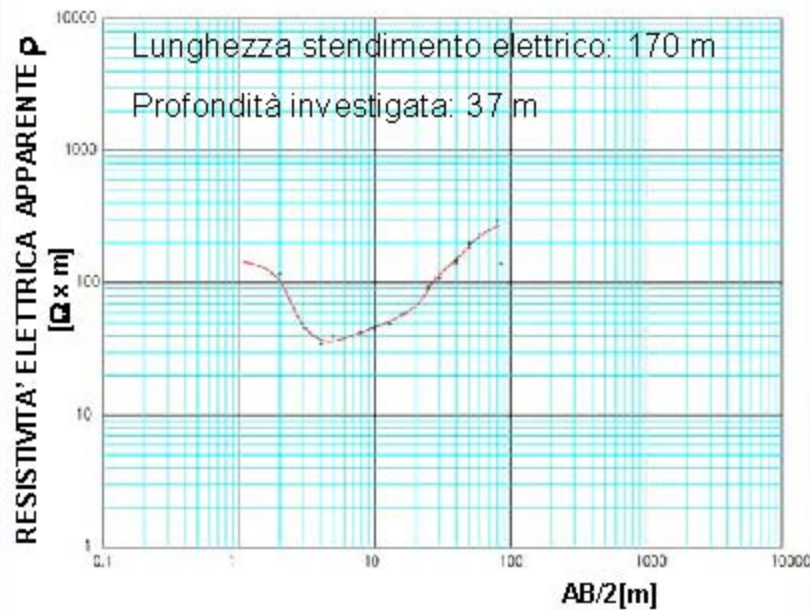
# Strategia adottata – Fase 1: Indagini geofisiche (2006)



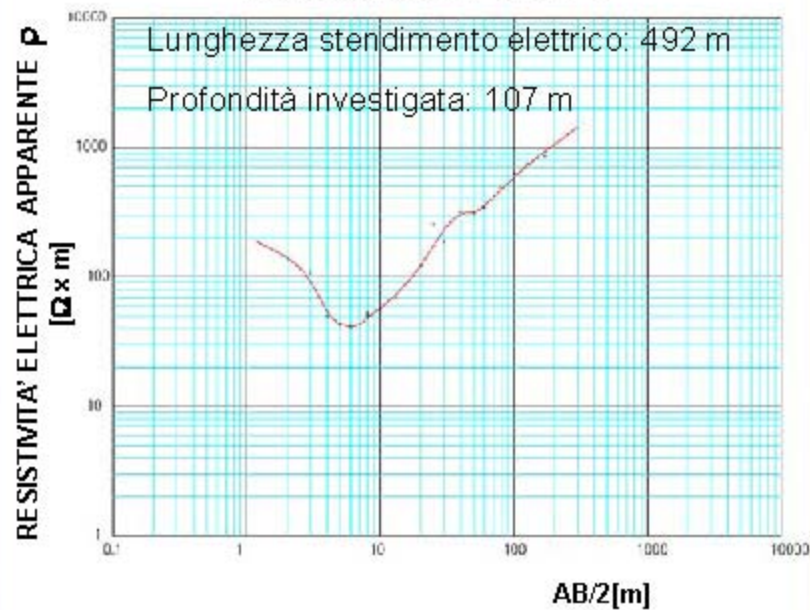
Esempi di sondaggi elettrici verticali (SEV)



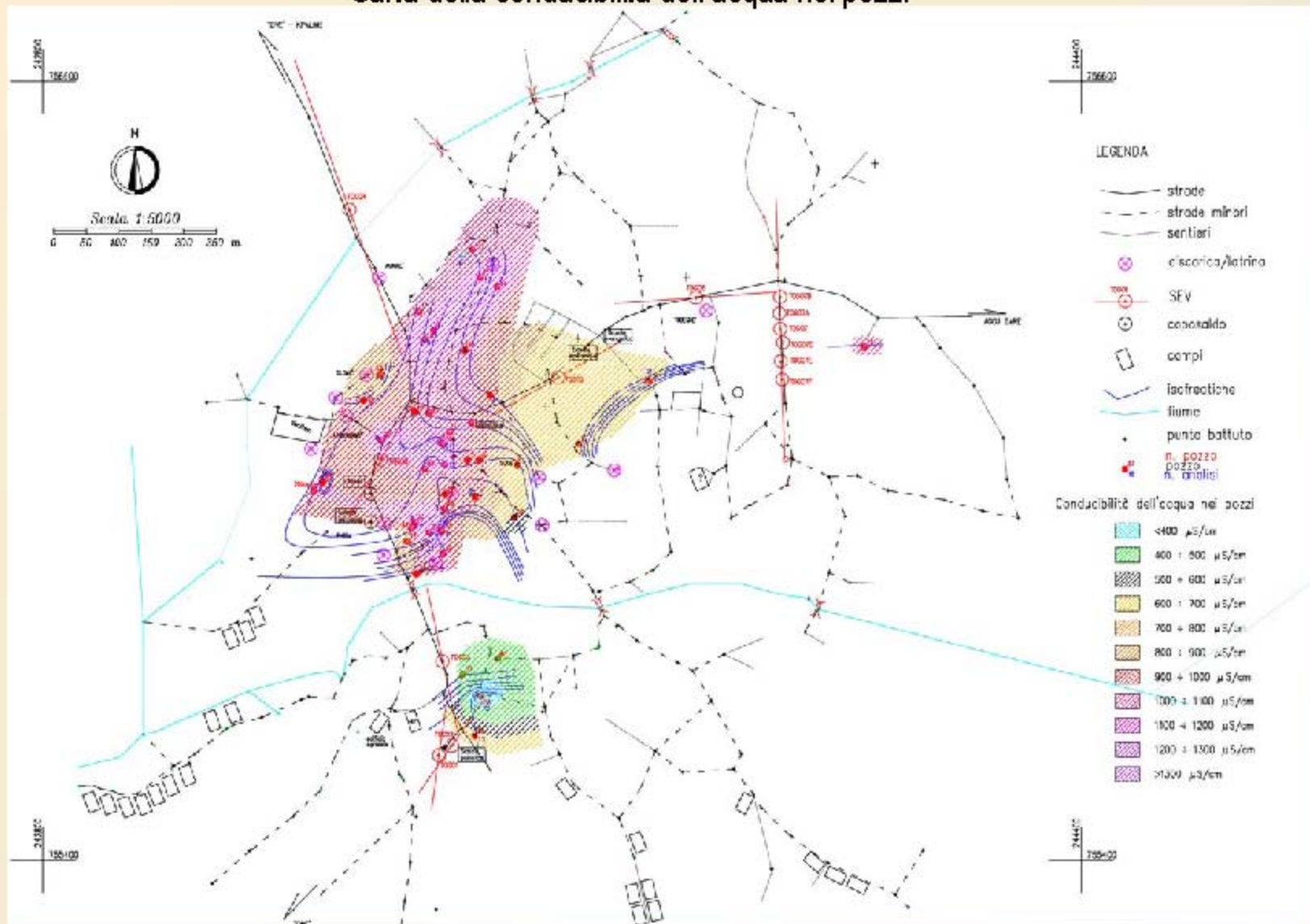
**VERTICALE SEV TOGO 1**

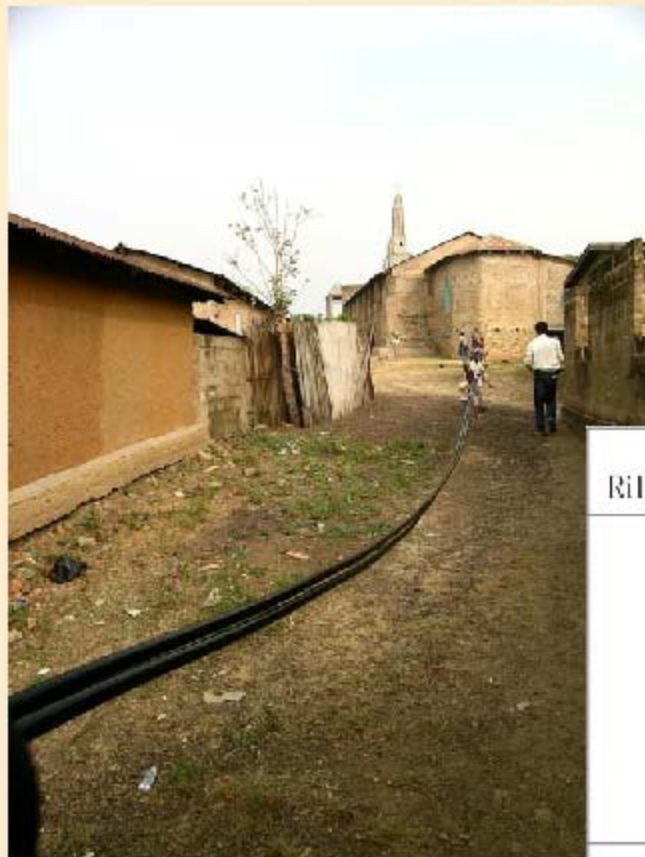


**VERTICALE SEV TOGO 4**



## Carta della conducibilità dell'acqua nei pozzi





Ripristino dell'unico pozzo profondo esistente

Agou Klounou  
Rilievi topografici e misure di conducibilità su pozzi – Dicembre 2006



Pozzo n° 26 (forage)	Analisi n° –
Coordinate UTM WGS84 fuso 31	
Est m : 243217.00	Nord m : 755969.00
Quota boccapozzo m	161.20
Quota piano campagna m	161.20
Quota fondo pozzo m	124.89
Quota pelo libero m	150.08
Conducibilità media $\mu\text{S/cm}$	1004
Temperatura media acqua °C	27.7
Altezza "strato" acqua nel pozzo m	25.13
Giudizio sintetico basato sulle analisi chimiche e batteriologiche	

### 2008

1. Analisi e interpretazione dei dati
2. Individuazione di aree promettenti e scelta del punto dove ubicare il primo pozzo
3. Campagna di perforazione fino a 65 m e costruzione del primo pozzo produttivo con acqua di buona qualità anche per standard europei
4. Esecuzione di ulteriori SEV in un'altra area promettente

### 2010

5. Interpretazione dei dati e scelta del punto di perforazione
6. Campagna di perforazione fino a 91 m; a partire da 70 m intercettato acquifero importante, con acqua di buona qualità
7. Costruzione del secondo pozzo

## Strategia adottata – Fase 2: (2008 – 2010)

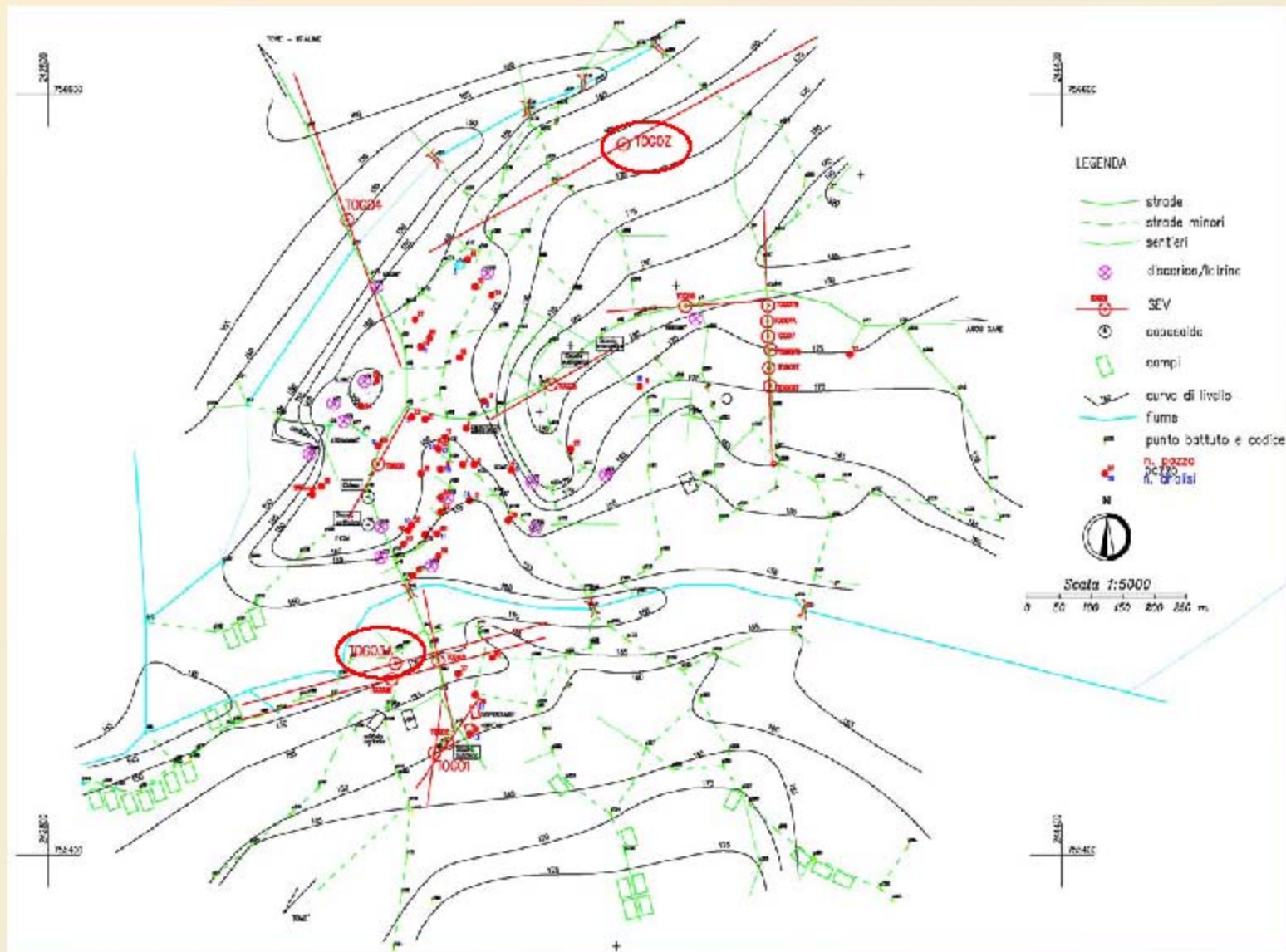
Nel 2007 è stata svolta una ricognizione senza eseguire ulteriori rilievi, allo scopo di integrare con osservazioni sul campo le informazioni ricavate dai rilievi precedenti.

In particolare, a seguito di tale ricognizione, è stata riscontrata la favorevole collocazione dell'area corrispondente ai SEV eseguiti in precedenza (SEV 3A e SEV 3B). In quest'area sono stati ripetuti i sondaggi elettrici, aumentandone l'estensione, ed in base a questi è stata individuata una zona promettente a circa 50 m di profondità dal piano campagna.



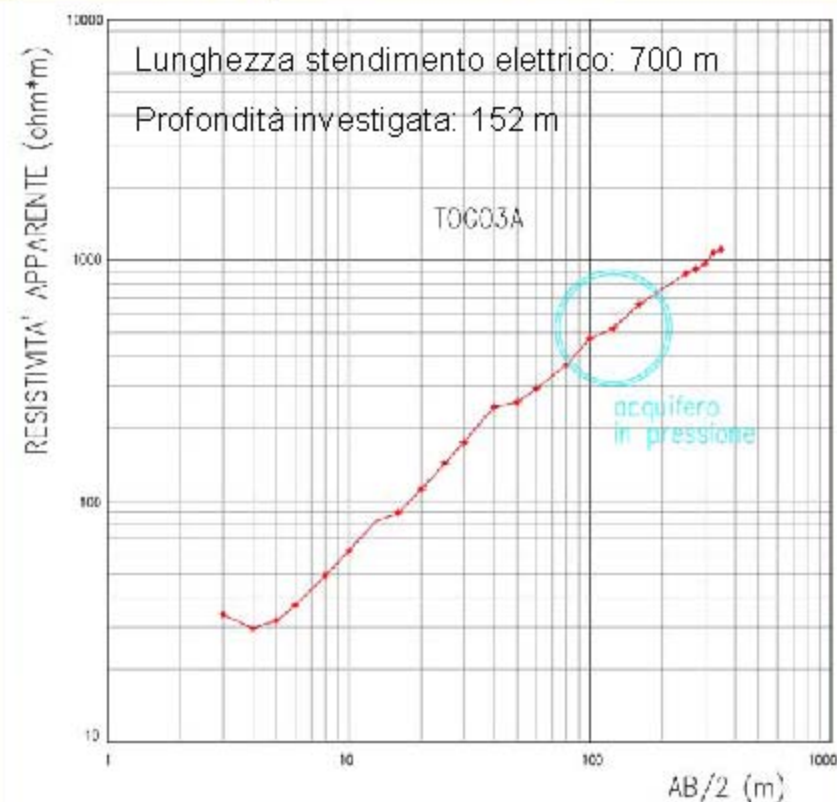


# Strategia adottata – Fase 2: (2008 – 2010)



## Strategia adottata – Fase 2: Analisi e interpretazione dei dati

In acquiferi “critici” i SEV vanno interpretati con particolare attenzione: piccole variazioni di pendenza della curva di resistività apparente possono indicare situazioni favorevoli alla presenza di acqua in fessure/fratture.

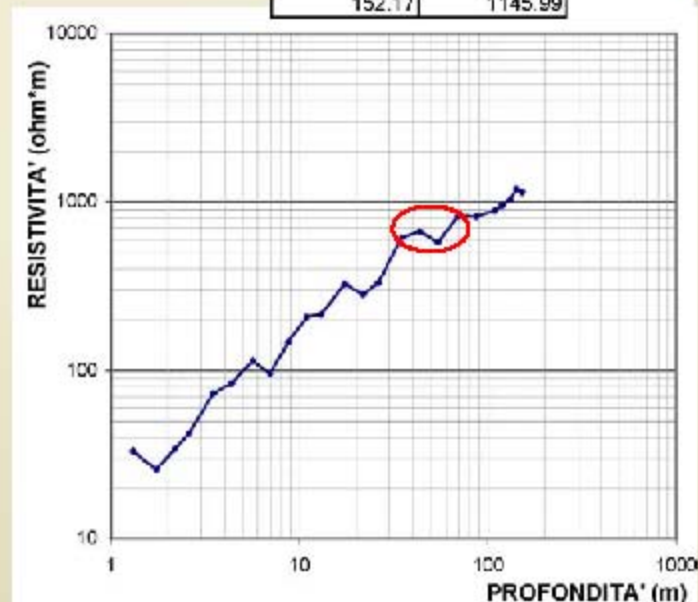


SEV TOGO 3A

Prof. da p.c. m	rho ohm*m (2)
1.30	33.31
1.74	25.84
2.17	34.26
2.61	42.74
3.48	73.35
4.35	84.30
5.65	115.10
6.96	96.20
8.70	146.97
10.87	207.80
13.04	214.42
17.39	326.50
21.74	281.30
26.09	329.48
34.78	611.21
43.48	669.57
54.35	573.72
69.57	824.01
86.96	819.99
108.70	882.94
119.57	952.51
130.43	1022.90
141.30	1186.39
152.17	1145.99

(pianerottolo)

È molto importante avere un quadro conoscitivo ampio dell'andamento della resistività anche oltre la profondità di perforazione.



## Strategia adottata – Fase 2: 2008

Campagna di perforazione fino a 65 m e costruzione del primo pozzo produttivo con acqua di buona qualità anche per standard europei



## Strategia adottata – Fase 2: 2008

Dopo la realizzazione del primo pozzo è stato presentato un progetto dettagliato per distribuire acqua al villaggio tramite “chateau d'eau” e tubazioni fino ad alcune fontanelle ubicate al centro del villaggio.

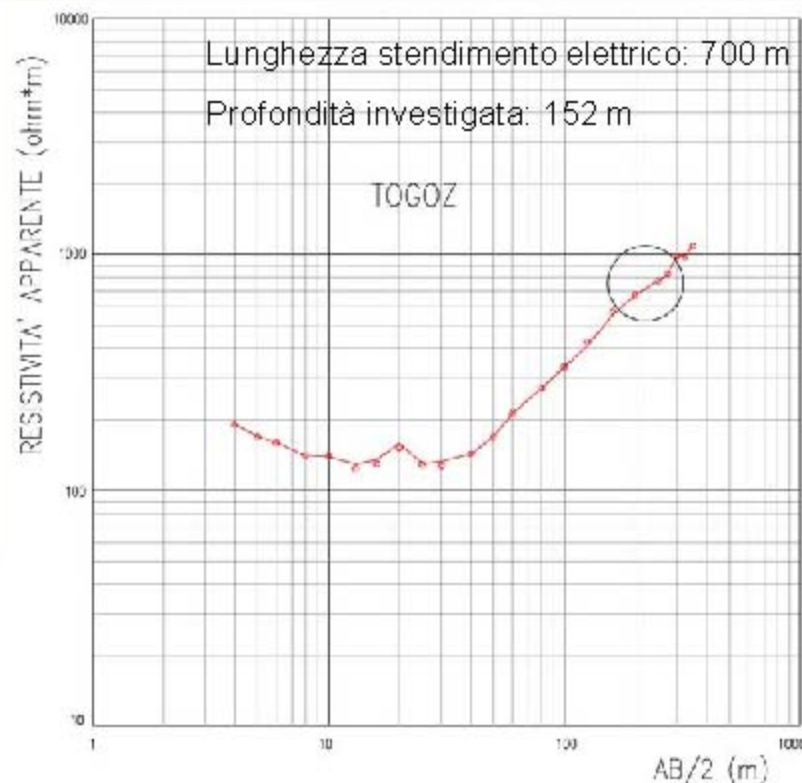
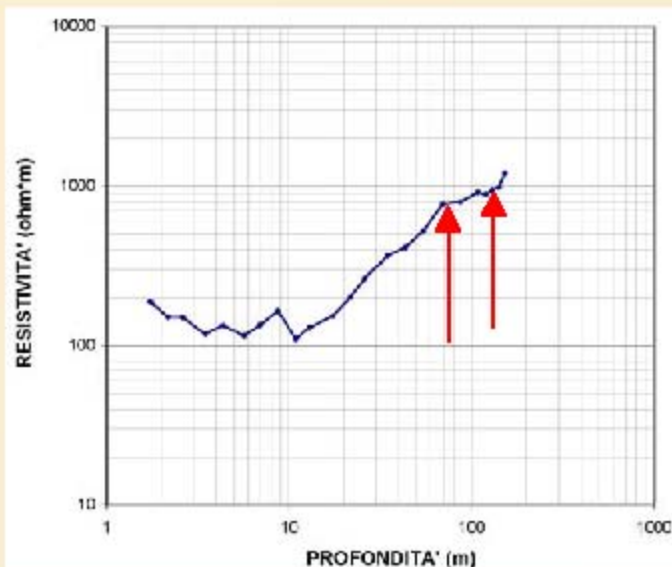
Allo scopo è stata eseguita una campagna di livellazione con l'istituzione di alcuni capisaldi.

 <b>AGOU KLOUNOU</b>	
Levé topographique et géophysique - Décembre 2008	
Réalisation par	 Yoso Onfus - Venise (Italie) <a href="http://www.yoo.it">www.yoo.it</a>
Repère:	CS1
	
Coordonnées WGS84 UTM 31 en mètres	
Nord m	243296,00
Est m	752862,00
Altitude m	164,84
Description:	rond en le enfoncé dans le roc / pavage
Note:	altitude relevé par GPS et altimètre - depuis le point de repère "marque sur le pont" 2008

 <b>AGOU KLOUNOU</b>	
Levé topographique et géophysique - Décembre 2008	
Réalisation par	 Yoso Onfus - Venise (Italie) <a href="http://www.yoo.it">www.yoo.it</a>
Repère:	Marque sur le pont
	
Coordonnées WGS84 UTM 31 en mètres	
Nord m	243260,04
Est m	752816,00
Altitude m	150,89
Description:	point signalisé avec peinture sur le pont
Note:	altitude relevé par GPS et altimètre - depuis le point de repère "marque sur le pont" 2008

Purtroppo la realizzazione del progetto non è stata possibile per mancanza di fondi. I fondi disponibili sono stati tutti assegnati alla costruzione di un secondo pozzo.

# Strategia adottata – Fase 2 : Analisi e interpretazione dei dati



Prof. da p.c. m	rho ohm*m (2)
1.74	187.42
2.17	150.91
2.61	150.60
3.48	117.72
4.35	134.29
5.65	115.60
6.96	134.41
8.70	164.92
10.87	110.13
13.04	130.57
17.39	153.30
21.74	201.18
26.09	264.05
34.78	365.98
43.48	414.32
54.35	522.45
69.57	770.91
86.96	792.56
108.70	910.51
119.57	886.40
130.43	1174.00
141.30	978.89
152.17	1194.56

## SEV TOGO Z

N.B. rho diminuisce

N.B. rho quasi costante (pianerottolo)

N.B. lieve diminuzione di rho

N.B. lieve diminuzione di rho

Elaborazione dati ed analisi come per i precedenti SEV: si individua nella curva di resistività apparente un "pianerottolo" caratteristico a circa 70 m di profondità dal piano campagna, considerato promettente.



Febbraio 2010

Campagna di perforazione fino a 91 m

Giunti con la perforazione a 70 m di profondità si sono verosimilmente intercettate delle fratture produttive in corrispondenza del “pianerottolo” segnalato dal SEV.



## Strategia adottata – Fase 2: 2010

Dalla profondità di 70 m fino a circa 85-87 m la produttività del pozzo è incrementata. Oltre questo livello la produttività è rimasta costante e quindi si è deciso di fermare la perforazione a 91 m.

Completamento del secondo pozzo produttivo







A seguito della perforazione dei due pozzi nel 2008 e nel 2010 le analisi chimiche e batteriologiche non avevano dato risultati molto buoni, segnalando la presenza di inquinamento di tipo batterico collegabile alla scarsa igiene delle fasi di lavorazione.

Trascorsi quattro/sei mesi dall'inizio dell'attività dei pozzi le analisi segnalano buona qualità dell'acqua.

Produttività dei pozzi da prove di pompaggio:

- Pozzo 3A: 2,5 m<sup>3</sup>/h circa
- Pozzo Z: 8-10 m<sup>3</sup>/h circa

Già 2 m<sup>3</sup>/h sono considerati pozzi di buona produttività.

	<b>Résultat d'Analyse</b>	Codification : E0801
		Date de rév : 00
	Microbiologie de l'eau	Indice de rév : 00
LABORATOIRE DE MICROBIOLOGIE DES ALIMENTS : BP 1596 Lomé - Tél 2210533		Fiche n°2 Page : 1/3

**Numéro de référence :** 615 / INH 10  
**Origine :** Agou Klomou  
**Client :** ASSOCIATION YOVO TEL : 039 49 20  
**Date et heure du prélèvement :** 12/11/10 à 10h 15  
**Date du début des analyses :** 12/11/10  
**Responsable du prélèvement :** M. AWOUMENOU (INH)  
**Désignation de l'échantillon :**  
 N° 615 : Eau de forage (Proche du dispensaire)

### RESULTAT

	Aérobies mésophiles à 37°C	Aérobies mésophiles à 22°C	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Streptocoques fécaux	Amérobies sulfite-réducteurs	Salmonelles	Appréciation
Critères d'acceptation	≤ 10 UFC/ml	≤ 100 UFC/ml	< 1 UFC /100ml	< 1 UFC /100ml	< 1 UFC /100ml	< 1 UFC /50ml	Absence dans 25ml	
N°615	00	00	00	00	00	00	Absence	S

#### Interprétation :

*Echantillon d'eau de forage de qualité hygiénique satisfaisante.*

25 NOV 2010

Le chef de service



TAYI Kodzo Edem

	<b>Résultat d'Analyse</b>	Codification : E12001
		Date de rév : 00
	Microbiologie de l'eau	Indice de rév : 00
LABORATOIRE DE MICROBIOLOGIE DES ALIMENTS : BP 1596 Lomé - Tél 2210533		Fiche n°2 Page : 1/3

**Numéro de référence :** 616 / INH 10  
**Origine :** Agou Klomou  
**Client :** ASSOCIATION YOVO TEL : 039 49 20  
**Date et heure du prélèvement :** 12/11/10 à 10h 35  
**Date du début des analyses :** 12/11/10  
**Responsable du prélèvement :** M. AWOUMENOU (INH)  
**Désignation de l'échantillon :**  
 N° 616 : Eau de forage (Entrée du village)

### RESULTAT

	Aérobies mésophiles à 37°C	Aérobies mésophiles à 22°C	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Streptocoques fécaux	Amérobies sulfite-réducteurs	Salmonelles	Appréciation
Critères d'acceptation	≤ 10 UFC/ml	≤ 100 UFC/ml	< 1 UFC /100ml	< 1 UFC /100ml	< 1 UFC /100ml	< 1 UFC /50ml	Absence dans 25ml	
N°616	50	170	00	00	00	00	Absence	S

#### Interprétation :

*Echantillon d'eau de forage de qualité hygiénique satisfaisante.*

25 NOV 2010

Le chef de service



TAYI Kodzo Edem



Hanno lavorato con “Yovo for Togo”:

KoKou e Atakoumà

Renzo Antonelli, Fabio Baggio, Marco Giada, Stefano Nerozzi, Alessandro Paris