

**ADDUCTION ÉLECTRO-SOLAIRE
D'EAU POTABLE POUR
LE VILLAGE, LE DISPENSAIRE
ET L'ÉCOLE
&
ÉLECTRIFICATION SOLAIRE
DU DISPENSAIRE**

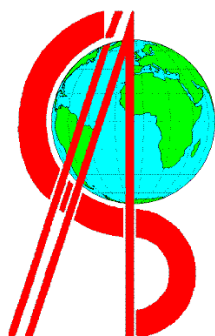
**POUR LE VILLAGE DE
NIAKOURAZANA**

Commune de Kolondièba, Région de Sikasso

AU MALI

DOSSIER TECHNIQUE

2ème version août 2006



étude et réalisation de :

INGÉNIEURS & ARCHITECTES SOLIDAIRES

case postale 87 CH1211 Genève 7 Suisse www.ias-ch.org

Responsable du projet : Bernard Bérout, président de l' **IAS**

15, rue Liotard 1202 Genève tél/rép : +41 22 345 25 76 beroud@bluewin.ch

pour :



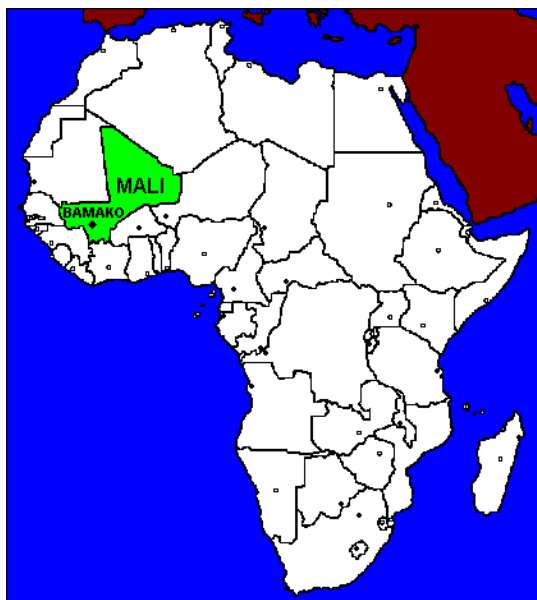
MEDES SAPCOM Dr Oumar Mariko
BP 678 Boulkassoumbougou Bamako Mali
+223 224 10 04 medes_sapcom@yahoo.fr

MEDES/SAPCOM Suisse
5, rue du Nord CH1248 Hermance Suisse +4122 751 16 40
Chantal Woodtli +41 79 702 03 38 chw@cgas.ch

La République du Mali compte 12,6 millions d'habitants, sur une superficie de 1'220'190 km².

Le pays est relativement plat, avec une latitude variant entre 200 et 500 mètres. Il est traversé, du Sud-Ouest à l'Est, par le fleuve Niger. Le fleuve Sénégal fait frontière avec le voisin de l'Ouest.

Les plaines sahéliennes du Nord sont très peu peuplées. La population se concentre au Sud. Le Nord est peuplé de Touaregs et le Sud majoritairement de Bambaras et de Malinkés. 71% de la population est rurale. Les Musulmans sont 80%, les Animistes 18% et les Chrétiens 1%.



Pays enclavé, le Mali est relié à Dakar par une voie ferrée et à Abidjan par la route.

Monnaie : FCFA (400 FCFA ≈ 1 CHF).

La capitale du Mali est Bamako. 29% de la population du pays vit dans les villes.

Le pays est l'un des pauvres du monde.

La désertification n'y est pas pour rien.

Le Rapport sur le Développement humain 2004 du PNUD le classe en queue des pays à faible développement, en 174^{ème} position sur 177. Le développement a régressé en 2004 par rapport à l'an précédent.



Quelques statistiques (en 2002) tirée du Rapport 2004 du PNUD :

PIB en US\$/habitant : 296 (Suisse : 36'687)

Inflation en 2001-2002 : 5%

Population vivant avec <1US\$/jour : 72,8%

Population vivant avec <2US\$/jour : 90,6%

Taux d'alphabétisation des >15 ans : 19%

Taux de scolarisation dans le primaire : 38%

Mortalité infantile : 122/1'000 naissances vivantes (Suisse : 5/1'000)

Mortalité infantile <5ans : 222/1'000 (Suisse : 6/1'000)

Mortalité maternelle : 580/100'000 (Suisse 5/100'000)

Espérance de vie à la naissance : 48,5 ans (Suisse : 79,1)

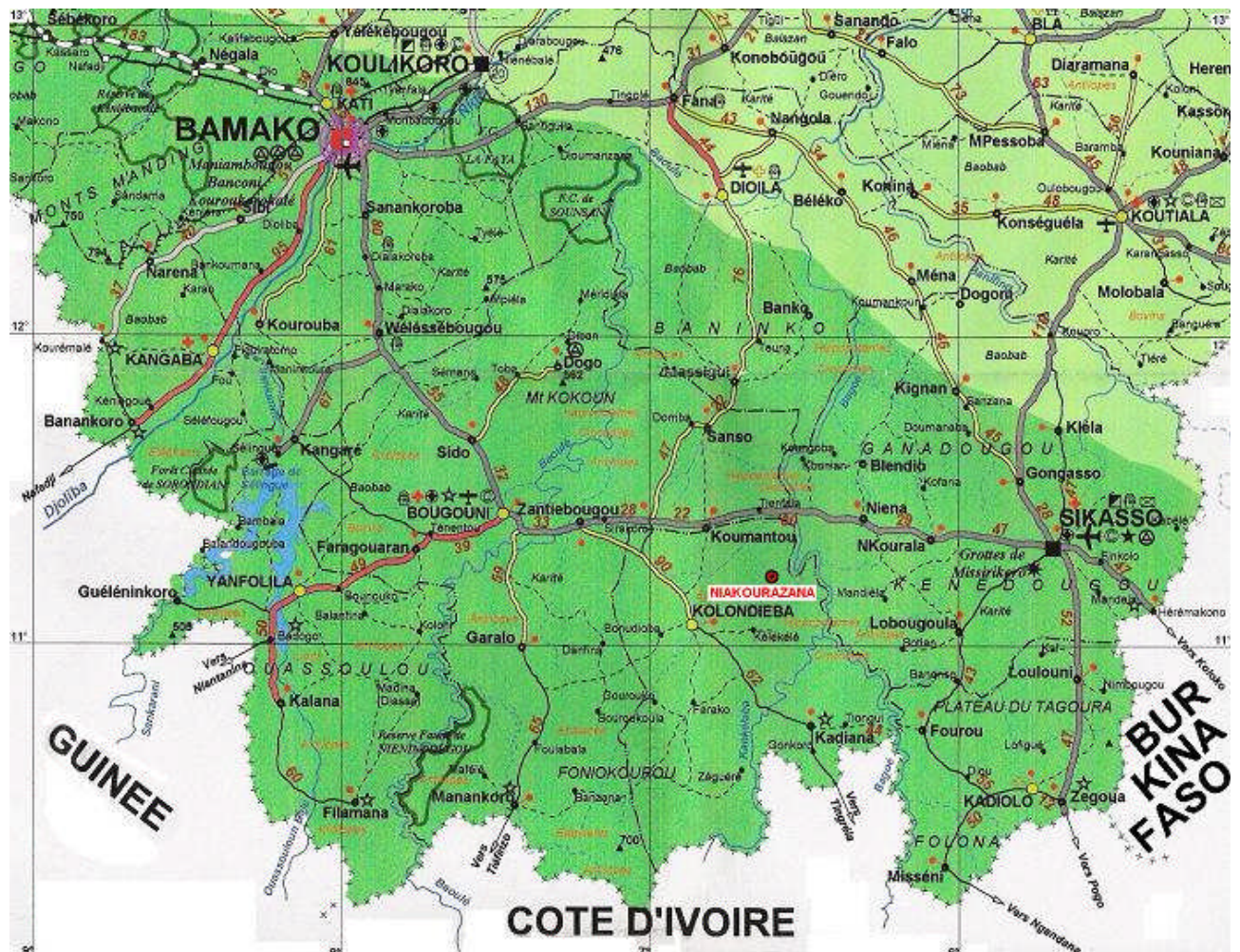
Médecins/habitants : 4/100'000 (Suisse : 350/100'000)

Habitants ayant accès à une source d'eau de qualité : 65%

Consommation électrique annuelle par habitant : 34 kWh (Suisse : 8'499 kWh)

Lignes téléphoniques/ habitants : 5/1'000 (Suisse : 744/1'000)

Téléphones mobiles / habitants : 5/1'000 (Suisse : 789/1'000)



Niakourazana



Niakourazana est situé à 11° 15' de latitude Nord et 6° 40' de longitude Ouest. Le village fait partie de la Commune de Kolondièba, dans la région de Sikasso, au Sud du Mali. On y parvient en quittant à Koumantou la route principale (le goudron) reliant Bougouni à Sikasso. Depuis Koumantou, on parcourt 40 km de piste inégale, dont certains tronçons, descendant vers des ponts, sont noyés sous des mètres d'eau à la saison des pluies, rendant tout accès par la route impossible ces mois-là.

Niakourazana compte environ 1'000 habitants, de Bamanans, de Sénoufos, de Miniankas, sédentaires, et de Peulhs, nomades. Toutes ces ethnies vivent en bonne harmonie. Les villageois vivent d'agriculture (mil, sorgho, maïs) et d'élevage (bovins, ovins, volailles). L'apiculture est en plein développement grâce à l'aide d'apiculteurs français.



MEDES/SAPCOM intervient fortement dans ce village.

Le Centre de santé a été réhabilité en 2000. Des visites de santé ont lieu plusieurs fois par an.

Dès 2001, un périmètre de maraîchage a été créé, et une formation adéquate a été donnée aux femmes. Un forage y a été creusé, avec l'aide de la Coopération suisse et du Fonds national de Solidarité.

Un émetteur de radio/santé diffuse sur un rayon de plus de 50 km, notamment pour lutter contre la malnutrition, améliorer l'hygiène, lutter contre le VIH et les MST.

Intervention de IAS à Niakourazana

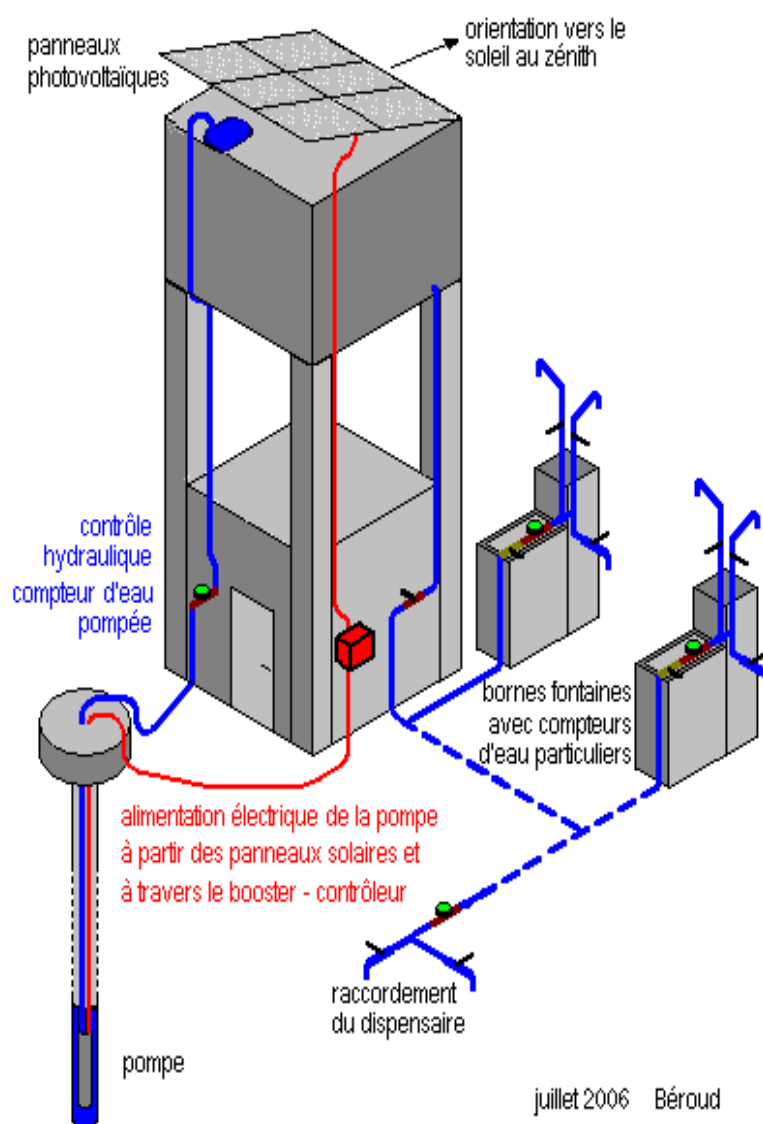
L'association IAS a été sollicitée par le Dr Oumar Mariko, coordinateur de MEDES/SAPCOM, à Genève en octobre 2005. Nous avons ensuite visité Niakourazana à fin octobre. Les interventions envisagées sont :

- adduction électro-solaire d'eau potable villageoise à laquelle sera raccordé le dispensaire, à partir du forage proche de l'école, actuellement équipé d'une pompe à motricité humaine ;
- alimentation électro-solaire de ce dispensaire, qui dessert une population de 5'000 personnes, afin de permettre les interventions de nuit et alimenter un réfrigérateur pour stocker les médicaments.

Adduction d'eau potable pour le dispensaire, l'école et le quartier

Devant l'école, elle même parallèle au dispensaire qui en est séparé d'une vingtaine de mètres, se trouve un forage équipé d'une pompe à pieds N°1531, réalisé par Helvetas en janvier 1994. D'une **profondeur de 58,15 mètres**, équipé d'une crépine entre 35,55 et 55,15 mètres, il **peut débiter 5'600 litres à l'heure**, selon sa plaque signalétique.

Schéma de principe de l'adduction d'eau



Château d'eau de ce type avec la sortie du forage, à gauche

Énergie solaire disponible à Niakourazana

La situation de la région est très favorable de ce point de vue. Les données résumées dans ces graphiques montrent que l'on peut compter sur une insolation moyenne d'au moins 6 [kWh/(m² jour)] de octobre à mai (saison sèche), si l'on incline les panneaux à 20 degrés. Ce sont justement les mois où il faudra pomper le plus.

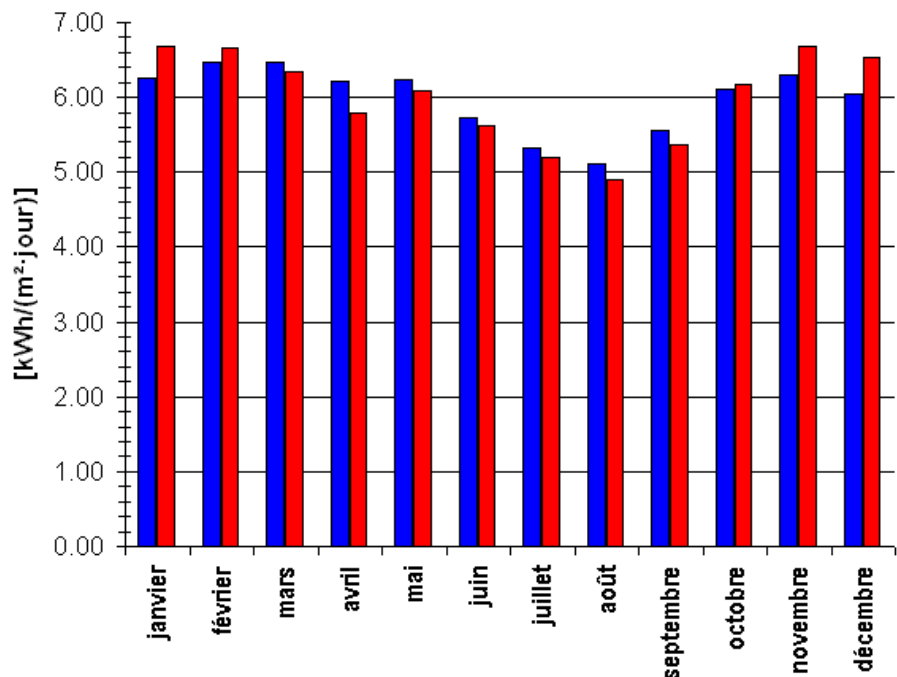
Pour l'éclairage, cette répartition est moins favorable. Mais le minimum d'énergie, en août, dépasse encore 5 [kWh/(m² jour)].

On voit sur le tableau que la probabilité d'avoir deux jours consécutifs sans soleil est quasiment nulle.

Il s'agit donc d'un climat très favorable aux installations électro-solaires.

Insolation moyenne journalière à 11.5° Lat N et 6.5° Long O sur plan orienté au Sud selon NASA Data Base (moy 10 ans)

surface inclinée à 11° et surface inclinée à 26°



Nbre équiv. de jours sans soleil par mois dans la région de Niakourazana (NASA Solar Energy Data Set)												
mois	JAN	FÉV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEP	OCT	NOV	DÉC
jours	1.7	1.5	2.3	1.8	2.6	1.3	1.2	2.9	2.6	2.0	0.9	1.3

Conception et dimensionnement du système, volume pompé.

Idéalement placé pour alimenter directement le dispensaire et l'école et d'une capacité suffisante, ce forage pourrait être réhabilité et doté d'un pompage électro-solaire alimentant en plus le quartier.

On évite ainsi les frais de prospection géophysique et un nouveau forage, deux fois plus onéreux que la réhabilitation.

La pompe électrique pourra être placée à une profondeur de 45 m. La cour de l'école est assez vaste pour abriter le château d'eau.

On opte pour un système électro-solaire basé sur une pompe Grundfos SQFlex SQF 2.5-2 de 1 kW suspendue à 45 mètres environ. (Système que nous avons installé avec succès à Dialakoroba en février 2005, ainsi qu'au Bénin en 2005 et au Togo en 2006). La pompe sera alimentée par des panneaux photovoltaïques de 1'125 Watts crête (à 25°C) à travers un contrôleur Grundfos adéquat.

L'eau sera accumulée dans un château d'eau de 20 m³, puis distribuée à 2 bornes fontaines où elle sera vendue à un prix modéré, acceptable par la population et permettant d'alimenter un « fonds d'entretien - renouvellement - investissement ». Pour le dispensaire et l'école, l'eau est installée directement et non facturée.

Le fonds servira notamment pour pouvoir remplacer la pompe au bout de quelques années, réparer les robinets usés, etc. Le (la fontainier(e) sera également responsable du château d'eau : relever quotidiennement le compteur d'eau et nettoyer périodiquement les panneaux solaires en saison sèche, la pluie le faisant elle-même le reste du temps). Les recettes supplémentaires peuvent être affectées par le Comité villageois de gestion de l'eau à d'autres investissements d'utilité publique.

Dimensionnement

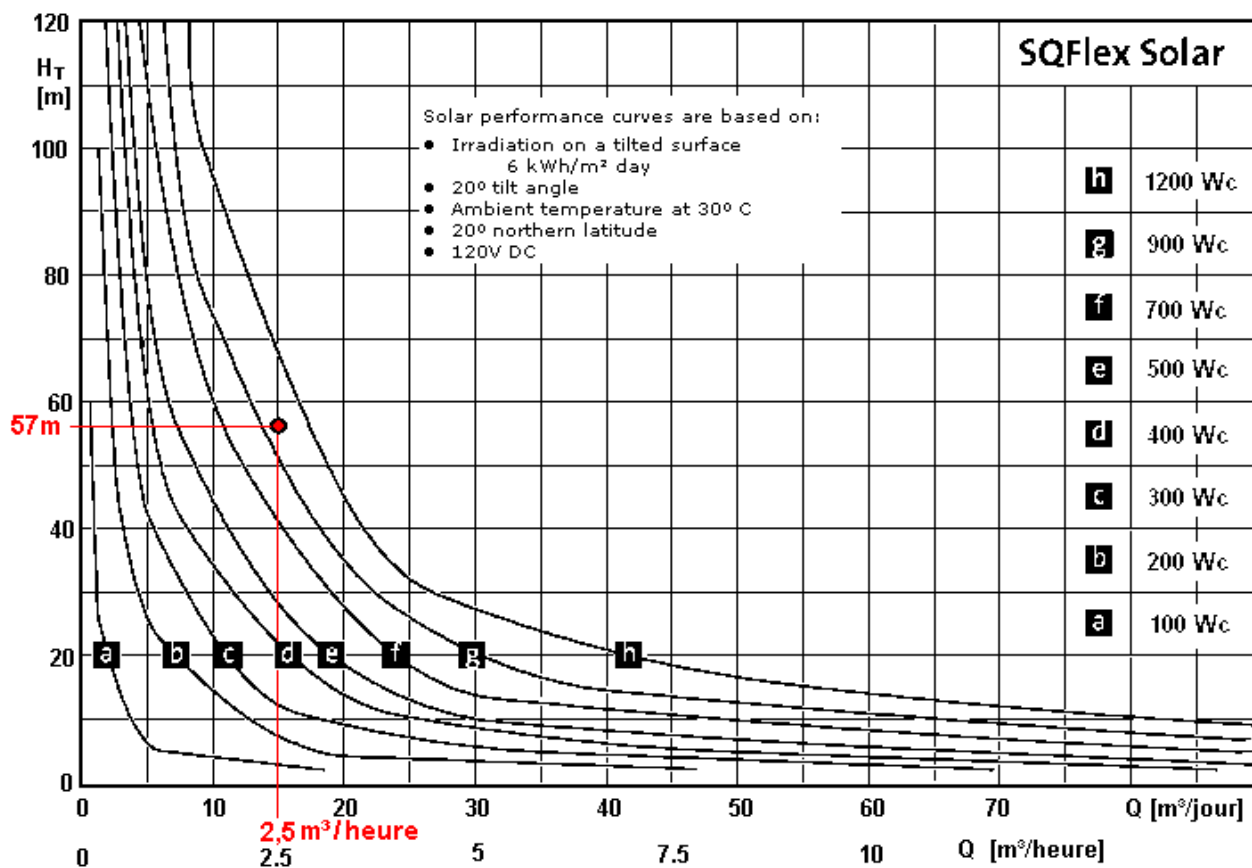
H1 profondeur de la pompe : 45 m

Le sommet H2 de la cuve du château : 8,3 mètres.

H3 pertes de charges dans coudes, compteur, conduites : ≤ 3,7 mètres

Hauteur manométrique totale : HT = H1 + H2 + H3 = 57 mètres

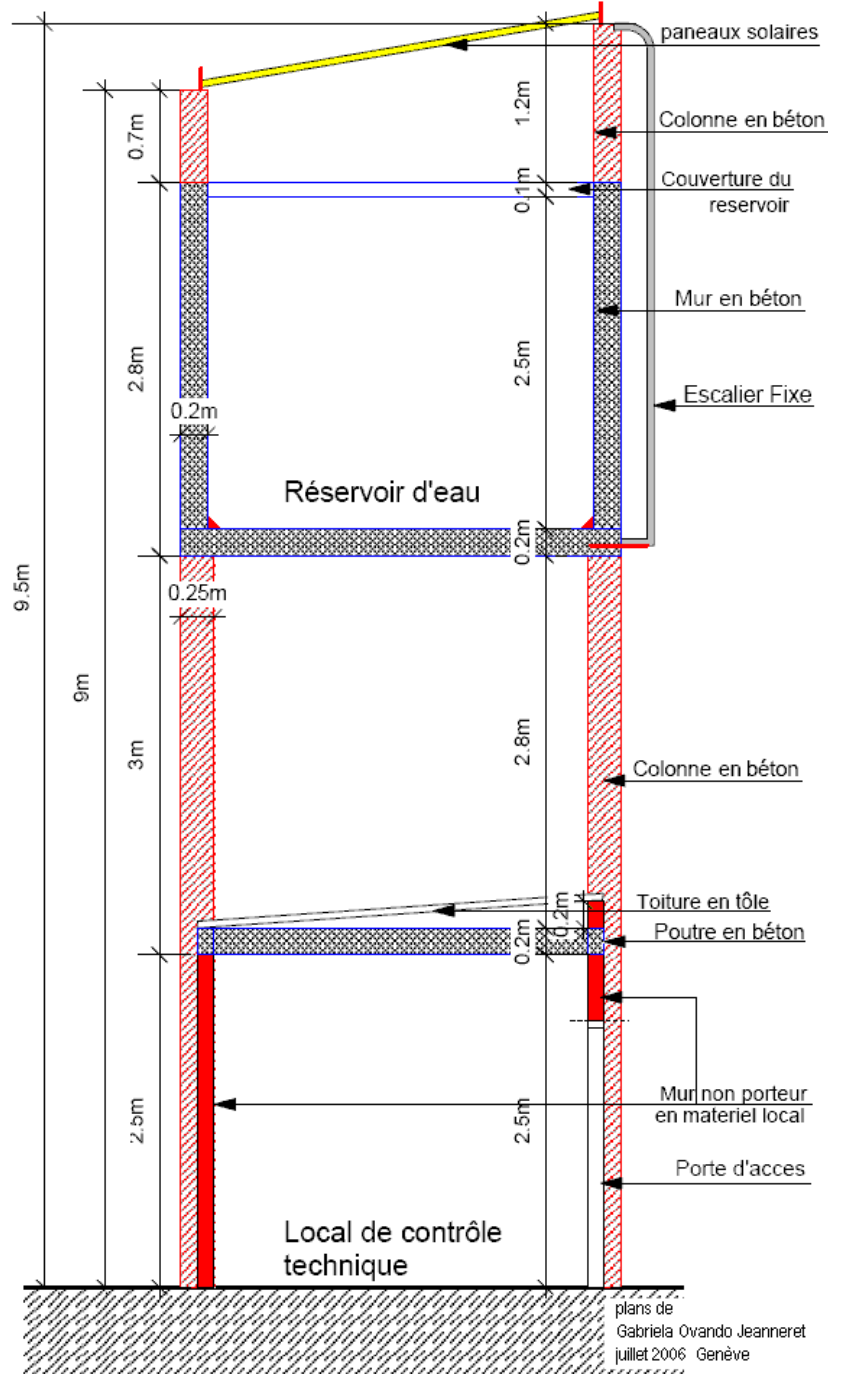
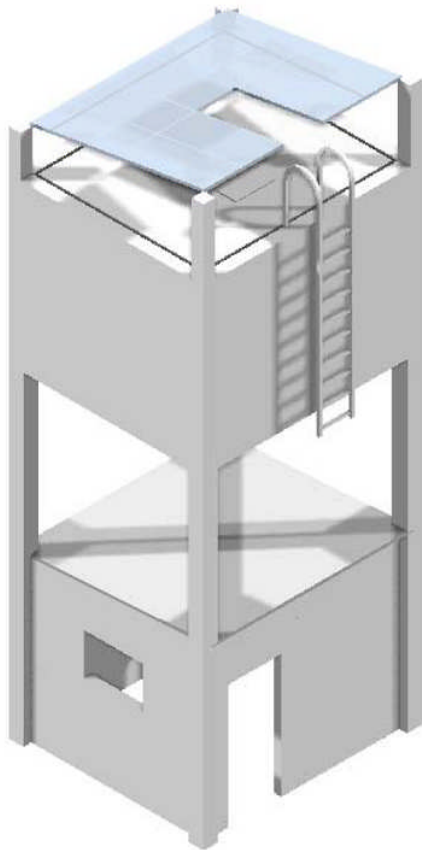
On voit sur le graphique suivant que la pompe peut pousser 2,5 m³ / heure à une irradiation normalisée. Durant un ensoleillement correspondant à une moyenne de 6 heures de octobre à mai, on pomperait donc près de 15 m³ (15'000 litres) par jour. L'installation pourra donc fournir en saison sèche, par exemple, 15 litres d'eau potable en moyenne par jour et par habitant, à la population de 1'000 âmes. Ce volume pourra être complété, pour l'arrosage, le nettoyage et les activités artisanales par l'eau des autres puits et des citernes de récupération d'eau de pluie.



Une vanne anti-retour n'est pas indispensable car elle ne combattrait qu'une colonne d'eau de 8,3 mètres. La conduite descendant du château d'eau sera munie d'une vanne 1/4 tour pour aller vers la borne-fontaine jouxtant le château d'eau (BF1), et d'une autre pour une future extension du réseau (BF2).

Le dispensaire et l'école seront raccordés directement. Un compteur d'eau pour ce raccordement au permettra de contrôler la consommation (en principe gratuite, puisque d'intérêt général). Ainsi, tout litre d'eau délivré sera comptabilisé sur le compteur adéquat, permettant une gestion financière précise. Chaque borne fontaine sera alimentée et comportera une vanne manuelle pour la mettre hors-service la nuit, et un compteur d'eau permettant au fontainier comme à l'administrateur de contrôler la consommation et les recettes correspondantes.

COUPE DU CHATEAU D'EAU TYPE



Contrôle du volume pompé et de l'installation.

Le compteur de litres (ou m³) en série avec la pompe, est le moyen le plus sûr pour contrôler le système, et vérifier indirectement les conditions d'ensoleillement (établir des statistiques locales), pour autant que la pompe ne soit jamais arrêtée à cause du réservoir plein ou par le tarissement du puits.

La pompe débitera en moyenne environ 2'500 [m³/h] durant un temps équivalent 5 à 6,5 heures de pompage à 1 [kWh/(m² jour)].

Cela signifie que l'on ne pourra dépasser en principe 3'500 litres par heure avec le soleil au zénith. Un **compteur** comme le **Actaris Flodis DN20**, de 2'500 ltr/h de débit nominal, 5'000 ltr/h maximal et 25 ltr/h minimal, est adéquat ici. La perte de charge de ce compteur à 2,5 m³/h est de 0,2 bars, donc moins de 2 mètres verticaux dans notre cas.

A chaque borne-fontaine, admettons que l'on remplisse 2 bassines (2 robinets) de 25 litres en 1 minute, cela fait un débit de 50 ltr/min, donc de 3'000 ltr/h. Il faut se rappeler que la hauteur du château d'eau étant de 8,3 mètres, la pression

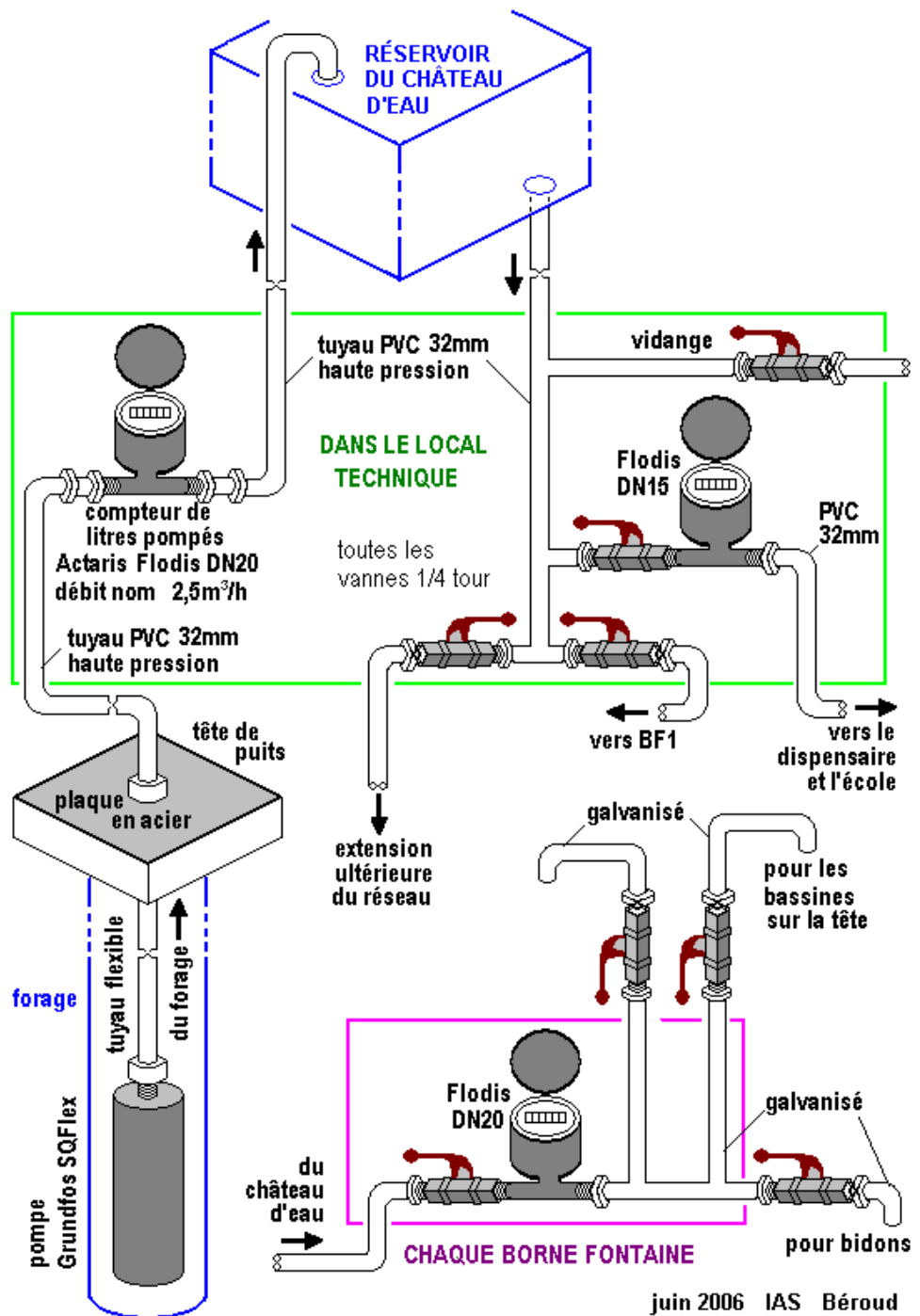
dans les conduites est inférieure à 0,8 bars, donc que le débit ne peut être trop important. Chaque borne-fontaine sera donc également équipée d'un **compteur Actaris Flodis DN20**.

Pour le raccordement au dispensaire, on pourrait se contenter d'un **Flodis DN15**.

Pertes de charge au pompage :

Le compteur Flodis DN20 provoque une perte de charge inférieure à 2 m au débit prévu. Le tuyau de pompier, de 55 mètres, à 20 ltr/min, ne provoque qu'une perte de 0,1m. La somme des pertes provoquée par les coudes à 90°, les vannes 1/4 tour et les réducteurs divers, ne dépasse pas 1,6 m. **Le total des pertes de charge ne dépasse donc pas 3,7 mètres.**

COMPOSANTS ET CONNEXIONS HYDRAULIQUES DE L'ADDITION D'EAU POTABLE DE NIAKOURAZANA



juin 2006 IAS Bérout

Budget pour l'adduction d'eau potable du village de Niakourazana

Solution : Réhabilitation du forage et système de pompage Grundfos SQFlex

Capacité de pompage : 12'500 à 16'000 litres par jour à 57 mètres de hauteur de poussée

Budget pompage électro-solaire

Générateur électro-solaire de pompage

pompe, panneaux solaires, câbles, accessoires électriques,
transport matériel, main d'œuvre locale

total budget générateur électro-solaire CHF 12'790 CHF 12'790

Matériel hydraulique pour pompage

tuyaux, conduites, vannes, compteurs, accessoires hydrauliques

total budget hydraulique pour pompage CHF 2'400 CHF 2'400

Total pompage électro-solaire

CHF 15'190

Budget génie-civil et hydraulique

réhabilitation d'un forage

FCFA convertis

CHF 5'473

château d'eau

CHF 8'042

tuyauterie, bornes fontaines, raccords, vannes, robinets,...

CHF 1'863

total budget génie-civil et hydraulique CHF 15'378 CHF 15'378

Divers

Frais de transports et imprévus dans le pays

CHF 389

Incertitude, imprévus, frais divers : 5%

CHF 1'543

total divers CHF 1'932 CHF 1'932

Moitié des frais d'ingénieurs IAS (2 adductions d'eau)

conception, étude et établissement du dossier 80 / 2 heures

CHF 2'800

gestion du projet et du matériel : 40 / 2 heures

CHF 1'400

direction et réalisation des travaux sur site : 40 / 2 heures + 2 x 80 / 2 heures

CHF 7'000

rabais bénévolat IAS

-CHF 11'200

Participation aux frais déplacement IAS : 1 / 2 personne repérage + 2 / 2 pers. réalisation

CHF 3'000

frais de dossier (documents, télécommunications, etc)

CHF 100

Total moitié des frais IAS CHF 3'100 CHF 3'100

Budget total pour l'adduction villageoise de Niakourazana CHF 35'600

Gestion financière, Association des usagers et Fonds d'entretien

L'eau potable doit être vendue à un prix non dissuasif, mais permettant néanmoins d'alimenter suffisamment un fonds d'entretien de l'installation. **Une Association des Usagers de l'Eau devra être fondée, qui gèrera l'installation et le fonds d'entretien.** Ce fonds servira à remplacer la pompe quelques années plus tard, à financer les petits dégâts tels que robinets cassés, et à payer le salaire du responsable de l'installation qui doit chaque jour relever le compteur des litres pompés et celui des litres distribués, et nettoyer périodiquement les panneaux solaires à saison sèche.

Le relevé des compteurs devra être envoyé périodiquement à IAS : il s'agit d'une part d'un indicateur absolu sur le fonctionnement de l'installation, et d'autre part, cela permettra aux concepteurs de vérifier leurs hypothèses météorologiques et sur la consommation de la population.

Le responsable fonctionnera aussi comme fontainier à côté du château d'eau. S'il y a une autre borne fontaine éloignée, un(e) autre fontainier(e) y fonctionnera, payé également sur les recettes de l'eau vendue.

Alimentation électrique du dispensaire

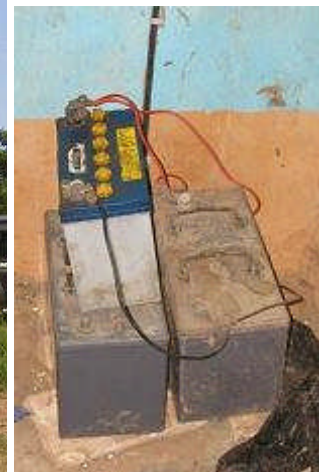
Le dispensaire actuel est équipé d'un éclairage à 12V continu alimenté par deux panneaux solaires de 30 Watts environ. Cette alimentation est peu performante et n'est pas extensible. En passant à 220V on réduit les pertes de puissance dans le câblage et cela permet d'utiliser des appareils standards, moins onéreux.

La distribution des pièces semble particulièrement peu logique.

La pharmacie occupe le double de la place nécessaire, même si on lui ajoute le réfrigérateur nécessaire.

D'autre part, il n'y a pas de salle d'accouchement ni de repos pour les mères venant d'accoucher.

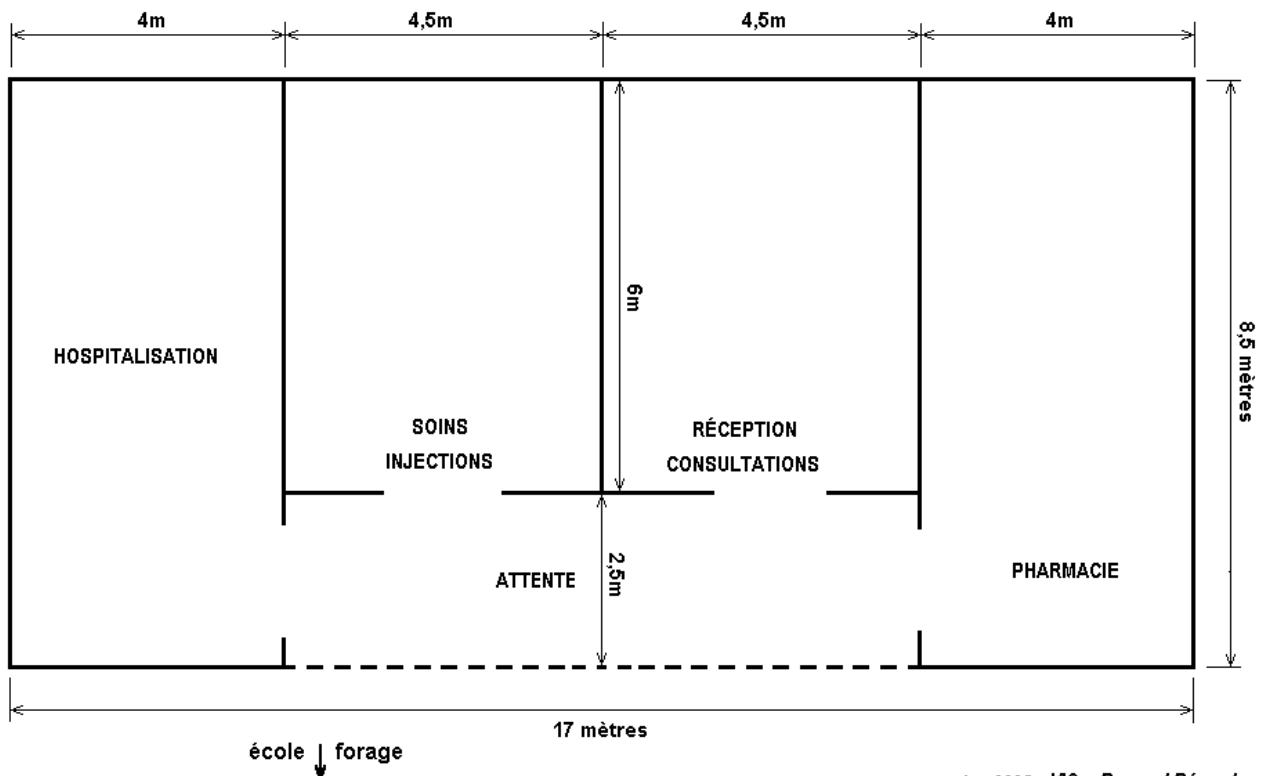
Il serait judicieux de profiter de l'électrification et de l'adduction d'eau pour corriger ces défauts.



Le dispensaire, vu de l'arrière, avec ses deux panneaux de 30W

et les accumulateurs de l'alimentation actuelle.

PLAN DU CENTRE DE SANTÉ DE NIAKOURAZANA



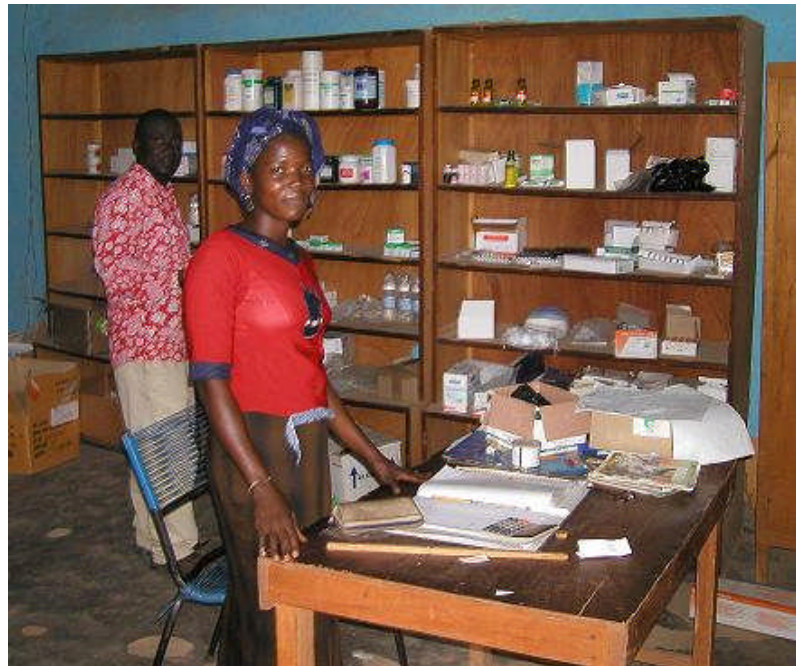
novembre 2005 IAS Bernard Bérout

Conception et dimensionnement du système électro-solaire à 220 V.

On prévoit une alimentation à 220 V alternatifs, ce qui permettra d'alimenter des appareils standards, lampes économiques (à très haut rendement) et réfrigérateur.

On pourrait en option, prévoir sans surcoût important, d'éclairer également une classe de l'école voisine, ce qui permettrait d'organiser l'alphabétisation le soir ou des réunions communautaires.

L'onduleur est protégé contre toute surcharge et protège les accumulateurs contre les recharges et les décharges excessives, ce qui augmente notablement leur durée de vie (ce sont les seuls éléments qu'il faudra remplacer au bout de quelques années.



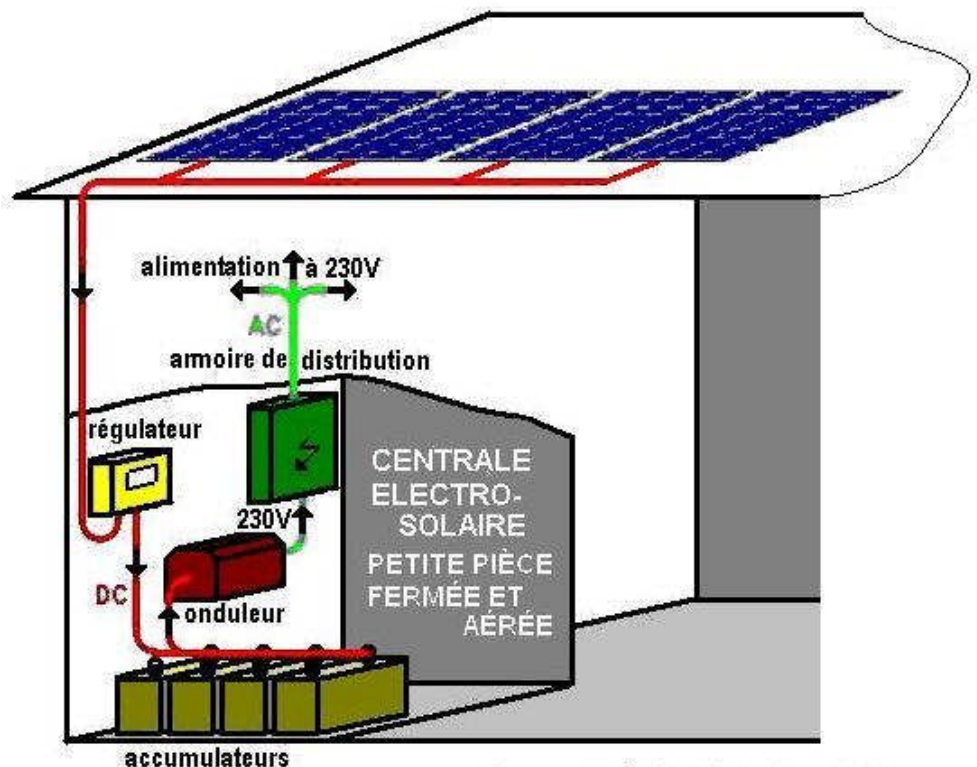
La pharmacie avec la pharmacienne et Tiekoro Mariko, l'apiculteur-vétérinaire.

A la sortie de l'onduleur, l'alimentation se comporte comme si l'on était connecté au réseau de puissance, à l'exception notable suivante :

Si l'on consomme plus d'énergie que ce qui est prévu, l'onduleur déclenchera jusqu'à ce que les accumulateurs aient à nouveau été rechargés par l'énergie solaire.

Mais le dimensionnement de l'installation est fait pour que de telles pannes momentanées ne se produisent que si l'on ne respecte pas les conditions d'utilisation normales.

PRINCIPE DE L'ALIMENTATION ÉLECTRO-SOLAIRE AUTONOME D'UN DISPENSAIRE, à 220 VOLTS



Bernard BÉROUD Genève 2000

Budget pour l'alimentation du dispensaire de Niakourazana et d'une salle d'école**Alimentation électro-solaire autonome**

Puissance photovoltaïque : 500 W - Energie disponible : 3'600 Wh - Puissance instantanée 2 kW

Budget générateur électro-solairepanneaux solaires 500 Wc, régulateur de charge, accumulateurs 600 Ah
onduleur 2 kW, câblage, montage et protections

total générateur électro-solaire	CHF 11'326	CHF 11'326
---	-------------------	------------

Budget modification et câblage des bâtimentsmaçonnerie, dont modification répartition pièces, matériel et main d'œuvre
câblage électrique, matériel et main d'œuvre
20 lampes THR
réfrigérateur pour médicaments

FCFA convertis

CHF 1'176

CHF 1'879

CHF 300

CHF 941

total bâtiments	CHF 4'296	CHF 4'296
------------------------	------------------	-----------

DiversFrais de transports et imprévus dans le pays
Incertitude, imprévus, frais divers : 5%

CHF 188

CHF 790

total divers	CHF 978	CHF 978
---------------------	----------------	---------

Frais d'ingénieurs IAS (voir adductions d'eau)conception, étude, établissement du dossier : 40 heures
gestion du projet et du matériel : 20 heures
direction et réalisation des travaux sur site : 1 x 40 heures (voir adductions)
rabais bénévolat IAS
Participation aux frais déplacement IAS 1 pers. Réalisation (voir adductions)
frais de dossier (documents, télécommunications, etc)

en CHF

CHF 2'800

CHF 1'400

CHF 2'800

-CHF 7'000

CHF 1'200

CHF 100

total moitié des frais IAS	CHF 1'300	CHF 1'300
-----------------------------------	------------------	-----------

Budget total pour l'alimentation électro-solaire	CHF 17'900
---	-------------------