



FORMATION POST- UNIVERSITAIRE DE SPECIALISATION EN EAU POUR
L'AGRICULTURE ET L'APPROVISIONNEMENT DES COMMUNAUTES (EAC)
OPTION : MESAC

Mémoire de fin d'études

THEME

FACTEURS DE PRODUCTIVITE DES FORAGES D'EAU :
CAS DES PROVINCES DU ZOUNDWEOGO ET DU
SANMATENGA

**Présenté par :
YANABA L. Ahmed**

**Encadreur :
Mr DIALLO Soungalo**

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX	- 2 -
LISTE DES FIGURES	- 3 -
AVANT PROPOS	- 4 -
RESUME	- 5 -
REMERCIEMENTS	- 6 -
A-INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE	- 7 -
I- CONTEXTE ET JUSTIFICATION	- 8 -
II- PRESENTATION DES PROGRAMMES ETUDIES	- 8 -
1- <i>Le Programme de Développement Local du Zoundwéogo (PDL/Z)</i>	- 8 -
a- Les objectifs du programme	- 9 -
2- <i>Le programme 145 forages positifs PLAN /Burkina</i>	- 9 -
a- Objectifs des 145 forages positifs/Plan Burkina	- 10 -
b- Les composantes du programme	- 10 -
III- OBJECTIFS DE L'ETUDE	- 10 -
IV- PRESENTATION DES ZONES D'ETUDE.....	- 11 -
1- <i>Choix de nos zones</i>	- 11 -
2- <i>Présentation des zones d'étude</i>	- 12 -
a- Le Zoundwéogo.....	- 12 -
b- Le Sanmatenga.....	- 13 -
V- METHODOLOGIE DE TRAVAIL.....	- 15 -
B- LES FACTEURS DE PRODUCTIVITE DES FORAGES D'EAU	- 16 -
I- ROLE ET INFLUENCE DE L'ÉPAISSEUR D'ALTERATION (EA) SUR LE DEBIT	- 16 -
1- <i>Dans les formations granitoïdiques</i>	- 17 -
a- Cas du Zoundwéogo.....	- 17 -
b- Cas du Sanmatenga	- 19 -
c- Conclusion partielle.....	- 21 -
2- <i>Dans les formations schisteuses et volcano-sédimentaires</i>	- 22 -
a-Cas du Zoundwéogo.....	- 22 -
b- Cas du Sanmatenga	- 24 -
c- Conclusion partielle.....	- 27 -
II- INFLUENCE DE LA PROFONDEUR DES FORAGES SUR LE DEBIT	- 27 -
1- <i>Dans les formations granitoïdiques</i>	- 28 -
a- Pour le Zoundwéogo	- 28 -
b- Pour le Sanmatenga.....	- 30 -
c- Conclusion partielle.....	- 32 -
2- <i>Dans les formations schisteuses et volcano-sédimentaires</i>	- 32 -
a- Du Zoundwéogo	- 32 -
b- Du Sanmatenga	- 34 -
c- Conclusion partielle.....	- 36 -
CONCLUSION GENERALE	- 37 -
ANNEXES	- 38 -
ANNEXE 1 : QUELQUES FORAGES DU PDL /Z.....	- 39 -
ANNEXE 2 : FORAGES PLAN/BURKINA.....	- 44 -
BIBLIOGRAPHIE :	- 46 -

Liste des tableaux

Tableau 1 : Taux d'échec des forages en fonction de la classe d'épaisseur d'altération (granitoïdes du Zoundwéogo)

Tableau 2 : Répartition des débits pour l'ensemble des forages suivant l'épaisseur d'altération (granitoïdes du Zoundwéogo)

Tableau 3 : Pourcentage des forages positifs du Sanmatenga en fonction de l'altération (m)

Tableau 4 : Taux d'échec par classes d'altération

Tableau 5 : Evolution du débit moyen dans les granitoïdes du Sanmatenga

Tableau 6 : Pourcentage d'échec par classes d'altération concernées

Tableau 7 : Répartition des débits pour les forages du Zoundwéogo dans les formations schisteuses et volcano-sédimentaires

Tableau 8 : Débit moyen par classes d'altération de 5m

Tableau 9 : Pourcentage d'échec par classes d'altération dans les Roches vertes et les Schistes du Sanmatenga

Tableau 10 : Répartition des débits pour les forages du Sanmatenga dans les formations schisteuses et volcano-sédimentaires

Tableau 11 : Débit moyen par classes d'altération de 5m

Tableau 12 : répartition des débits par classes de profondeur

Tableau 13 : Débit moyen en fonction de la profondeur

Tableau 14 : Répartition des débits par classes de profondeur de forage (Sanmatenga)

Tableau 15 : Débit moyen en fonction de la profondeur

Tableau 16: Répartition des débits par classes de profondeur de forage (Zoundwéogo)

Tableau 17 : Débit moyen en fonction de la profondeur

Tableau 18 : Répartition des débits par classes de profondeur de forage (Sanmatenga)

Tableau 19 : Débit moyen en fonction de la profondeur

Liste des Figures

Tableau 1 : Graphe du taux d'échec par classes d'altération

Représentation graphique du pourcentage de débit en fonction de l'altération dans le Zoundwéogo

Taux d'échec des forages en fonction de la classe d'épaisseur d'altération

Tableau 2 : Débit moyen en fonction de l'épaisseur d'altération

Tableau 3 : Graphes d'évolution du pourcentage des forages par tranche de débit en fonction de l'épaisseur d'altération dans le Sanmatenga

Tableau 4 : Taux d'échec dans le Sanmatenga (granitoïdes)

Taux d'échec par classes d'altération

Tableau 5 : du débit moyen en fonction de l'épaisseur d'altération (Sanmatenga)

Tableau 6 : Graphique taux d'échec (Zoundwéogo -Rv et Schistes)

Tableau 7 : Répartition des débits pour les forages du Zoundwéogo dans les formations schisteuses et volcano-sédimentaires

Tableau 8 : Graphes d'évolution du pourcentage des forages par tranche de débit en fonction de l'épaisseur d'altération dans le Zoundwéogo

Tableau 9 : Graphique associé

Tableau 10 : Graphique associé (Sanmatenga schistes et rv)

Tableau 11 : Graphes d'évolution du pourcentage des forages par tranche de débit en fonction de l'épaisseur d'altération dans le Sanmatenga

Tableau 12 : Graphique associé

Tableau 13 : Graphe de répartition du débit par classes de profondeur

Tableau 14 : Graphique associé

Tableau 15 : Graphe de répartition du débit par classes de profondeur de forage (Sanmatenga)

Tableau 16: Graphique associé

Tableau 17 : Graphe de répartition du débit par classes de profondeur de forage (Zoundwéogo)

Tableau 18 : Graphique associé

Tableau 19 : Graphe de répartition du débit par classes de profondeur de forage (Sanmatenga)

Tableau 20 : Graphique associé

Avant propos

Le manque d'eau, la famine, la pauvreté, la malnutrition ; tels sont entre autres les clichés généralement rattachés aux pays pauvres, notamment ceux d'Afrique sub-saharienne.

S'agissant de l'eau, elle est encore de nos jours une denrée précieuse, difficilement accessible pour la grande majorité de la population.

L'eau joue un rôle central dans la société. Elle est cruciale pour le développement économique, pour la santé humaine et le bien être sociale. La facilité de l'accès à l'eau constitue aujourd'hui, un indice de développement.

Le sommet du Millénaire et le sommet mondial pour le développement durable ont mis en place des cibles et des buts à atteindre, clairs et déterminés dans le temps ; à savoir réduire de moitié d'ici 2015, la population mondiale n'ayant pas accès à l'eau potable et aux services sanitaires de base. La moitié de cette population vivrait dans les pays au sud du sahara. Cependant, force est de constater que des efforts sont menés dans ce sens afin d'améliorer les conditions d'accès à l'eau dans bon nombre de ces pays. En la matière, le Burkina Faso est un exemple.

Pays sahélien et enclavé, le Burkina Faso s'est engagé depuis bientôt une trentaine d'années, dans une politique visant l'amélioration des conditions d'accès à l'eau potable par ses populations. Ainsi, avec l'engagement des différents acteurs du domaine et l'aide des partenaires au développement, de nombreux projets et programmes d'adduction d'eau ont vu le jour. Ces programmes qui sont pour la plupart orientés vers l'hydraulique villageoise, ont permis d'accroître la couverture en points d'eau potable du pays, de réduire les difficultés d'approvisionnement en eau de consommation, mais aussi, d'impulser des activités de développement dans les zones rurales. Sont de ces programmes : le PDL/Z (Programme de Développement Local du Zoundwéogo) et les 145 forages/PLAN Burkina qui seront abordés dans la présente étude.

Résumé

Les provinces du Zoundwéogo et du Sanmatenga sont respectivement situées dans le Centre Sud et le Centre Nord du Burkina Faso. La première se localise dans la zone climatique Nord soudanienne qui reçoit en moyenne entre 600 et 900mm de pluie par an; la seconde en zone sahélienne avec 300 à 500mm d'eau par an.

Les formations géologiques rencontrées dans ces provinces sont essentiellement des roches cristallines et cristallophylliennes d'âges Birimien à Antébirimien. Pour déterminer et quantifier l'influence des facteurs généraux conditionnant la productivité des ouvrages dans nos deux provinces, un examen de l'influence de ces paramètres (épaisseur d'altération et profondeur totale) en fonction du débit a été réalisé. Cette étude est menée d'une part en milieu granitique et d'autre part en milieu volcano-sédimentaire et schisteux.

Ces résultats montrent que, dans les granitoïdes, ce sont les tranches d'épaisseurs d'altération (EA) comprises entre 10-20m (pour le Zoundwéogo) et 20-30m (pour le Sanmatenga) qui sont les plus productives. En effet, ces classes induisent les taux d'échec les plus bas (18% et 12%). De plus, elles rassemblent dans le Zoundwéogo et le Sanmatenga, respectivement 46% et 42% de l'ensemble des débits recensés, 75% et 58% des débits supérieurs à 1m³/h. De manière réciproque, ce sont les classes d'altération de 10-30m et 10-40m qui se constituent les plus productives dans les terrains volcano-sédimentaires et schisteux de nos deux provinces d'étude.

Il a été aussi montré que les forages les plus productifs ont des profondeurs comprises entre 40 et 50m pour le Zoundwéogo (toutes unités géologiques confondues), tandis que dans le Sanmatenga ces profondeurs varient de 50 à 70m pour les granitoïdes à environ 40-70m pour les schistes et métavolcanites.

Mots clés : granitoïdes, volcano-sédimentaire, schistes, productivité, forage, Zoundwéogo, Sanmatenga.

Remerciements

A nouveau, voici venu le moment de remercier tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la création de ce document.

En premier lieu, louange à ALLAH, le Miséricordieux qui m'a permis d'intégrer cette prestigieuse école qu'est l'EIER-ETSHER; toute chose dont j'ai toujours rêvé.

Ma gratitude sans limite envers mon chef, mentor et encadreur Mr DIALLO Soungalo qui a bien voulu m'inculquer un peu de son immense savoir. C'est un accomplissement et une joie de travailler avec lui.

Mr Moussa Laurent COMPAORE, responsable de la FPU/EAC à l'EIER-ETSHER, toujours disponible au-delà du possible. Mes respects Monsieur.

Merci à tout le personnel de Sahelconsult, particulièrement à son Directeur Général Mr IDO Dominique qui a bien voulu m'accepter dans sa société, à mes collègues de bureau, talentueux et valeureux Ingénieurs : Mr KABA Lassana, Mr SANOGO Issouf, Mr BOUGOUMA Alain, Mr IDO Dieudonné, Mr NIKIEMA Boubacar et Mr SEBERE Ayouba pour leurs multiples conseils et leur gentillesse.

Encore une fois ma famille ma soutenu au long de ce parcours du combattant. Qu'ALLAH les bénisse.

A ma petite fille Shérifa et à Jacqueline qui me donnent beaucoup de joie et de la force au quotidien. Je leur dédie ce Mémoire.

Et, enfin à tous mes amis.

A-Introduction et Problématique

Bien qu'au cours des trois dernières décennies, des efforts significatifs aient été consentis afin de garantir l'accès à l'eau potable au plus grand nombre, il demeure que, près d'un tiers (1/3) de la population mondiale, dont la moitié de la population sub-saharienne en est encore privée. Et pourtant, l'accès à l'eau est un droit reconnu pour tous.

L'eau est un élément naturel de base, une ressource très précieuse, dont les usages domestiques, agricoles, industriels, urbains et de loisirs sont devenus considérables. Les raisons de la forte utilisation de l'eau sont liées entre autre à l'explosion démographique connue depuis quelques années dans nos villes et campagnes, mais aussi, au phénomène de modernisation qui a entraîné une élévation du niveau de vie des populations.

Dans ce contexte de forte demande et où la ressource n'est pas toujours disponible, l'eau douce constitue aujourd'hui, à n'en point douter, un enjeu économique et stratégique majeur, voire une source potentielle de conflits. C'est dire que les questions d'accès à l'eau et de sa maîtrise sont dorénavant des enjeux de taille pour les collectivités locales et les gouvernements ; au même titre que la terre l'a été tout au cours de l'Histoire.

Au niveau africain, spécificité aux régions sub-sahariennes, la problématique de la disponibilité de l'eau douce est d'autant plus aigüe, qu'elle est compliquée par une baisse générale de la pluviométrie constatée ces dernières années. Cette extrême baisse de la pluviométrie a considérablement affecté ces régions dont les économies nationales sont pour la plupart, tributaires des revenus de l'Agriculture et de l'élevage. Ces périodes de sécheresse ont été cruelles pour ces pays comme ce fut le cas dans les années 1970 en Afrique de l'Ouest. En effet, ces sécheresses ont eu pour conséquence le tarissement de la plupart des points d'eau de surface et la baisse du niveau des nappes phréatiques, entraînant ainsi l'assèchement des puits captant les aquifères des altérites au toit du socle cristallin.

C'est devant une telle situation que les premiers programmes d'adduction d'eau en région de socle ont vu le jour ; et ont principalement concernés les zones rurales. Leur but : mettre à la disposition des populations, une eau saine et potable, proche de ces dernières, par l'exploitation des aquifères de fissures qui sont censés être à l'abri des fluctuations saisonnières et moins vulnérables à la pollution. Aussi, des recherches portant sur une meilleure connaissance du réseau de fractures affectant le substratum rocheux ont été entreprises pour le positionnement des ouvrages de captages et une bonne productivité de ces derniers.

Mais outre la densité et l'orientation des fractures, la productivité des dits ouvrages est aussi liée à d'autres paramètres hydrogéologiques tels l'épaisseur d'altération et la profondeur du forage. C'est l'objet de la présente étude qui va s'intéresser aux relations existant entre ces paramètres et le débit des forages d'eau. Elle s'appuie sur les données de programmes d'Hydraulique villageoise dans le Zoundwéogo et le Sanmatenga, deux provinces respectivement du centre Sud et du centre Nord du Burkina Faso.

I- Contexte et justification

Dans le contexte spécifique de l'Afrique de l'Ouest, nous pouvons de prime abord affirmer que l'eau pose un certain nombre de défis pour l'atteinte des Objectifs de Développement du Millénaire (ODM). L'objectif principal des ODM étant de réduire de moitié, d'ici l'horizon 2015, la proportion des femmes et hommes n'ayant pas accès à l'eau potable (1.2 milliards de personnes) et aux services sanitaires de base (2.4 milliards de personnes).

Force est de constater en effet que l'Afrique de l'Ouest est l'une des régions les plus confrontées aux problèmes d'assainissement et d'insuffisance des installations d'approvisionnement en eau. De plus, la baisse notable de la pluviométrie combinée à la démographie galopante, ainsi que le contexte cristallin et cristalloydique des unités géologiques, pas toujours favorable à l'exhaure de gros débits aggravent cette situation. En effet, pour un pays sahélien comme le Burkina Faso, les débits supérieurs à 10m³/h pour des forages situés en région de socle sont parfois exceptionnels.

Néanmoins, un des faits les plus remarquables lorsqu'on s'intéresse à l'Hydrogéologie des formations cristallines de ce pays, c'est la variabilité de la productivité hydraulique que l'on peut y rencontrer dans un même secteur géologique, voire dans une même fracture affectant le même faciès pétrographique. C'est donc dire que, quel que soit le faciès, l'anisotropie hydraulique est de rigueur. Et cette anisotropie peut être horizontale (latérale) ou verticale.

Il reste cependant possible à partir de nombreuses données de forages dans les différentes formations cristallines et cristalloydiques de dégager les facteurs généraux concourant ou guidant la productivité des ouvrages de captage. C'est dans ce but que nous nous sommes intéressés aux résultats de deux campagnes d'Hydraulique villageoise au Burkina Faso. Campagnes auxquelles nous avons pris part et qui ont eu pour cadre les régions du Centre Sud et du Centre Nord du pays. Il s'agit bien du PDL/Z (Programme de Développement Local du Zoundwéogo) et du programme 145 forages Plan/Burkina Faso dans le Sanmatenga.

II- Présentation des programmes étudiés

1- Le Programme de Développement Local du Zoundwéogo (PDL/Z)

Le Programme de Développement Local du Zoundwéogo est né de la volonté politique de responsabiliser les communautés à la base afin qu'elles deviennent les acteurs de leur propre développement.

C'est un programme issu de la coopération bilatérale entre le Burkina Faso et les Pays-Bas et qui prend en compte les orientations nationales, notamment celles du PASA (Programme d'Ajustement du Secteur Agricole), de la décentralisation et du développement humain durable. Mais contrairement aux autres programmes, les initiatives et la responsabilité des actions sont assurées par les organisations locales qui deviennent de ce fait les acteurs de leur propre développement et non les bénéficiaires.

Cette nouvelle Approche Programme fait donc des populations rurales, celles qui prennent les choix et décisions de leurs projets de développement ; et des partenaires techniques et financiers, ceux qui appuient ces initiatives en participant à leurs réalisations. En d'autres termes, ce sont les populations rurales qui deviennent les maîtres d'ouvrage de leur avenir et de la résolution de leurs problèmes, tandis que les institutions techniques et financières sont les maîtres d'œuvre, des appuis spécifiques sollicités par les populations rurales.

a- Les objectifs du programme

a1- Objectif global

L'objectif global du programme est **“Une prise de responsabilité accrue des populations, en vue d'un développement socio-économique durable et soutenu de la province du Zoundwéogo”**.

Dans cette optique, un outil de financement, le Fond de Développement Local (FDL) a été mis en place pour permettre aux populations d'exercer véritablement cette responsabilité.

a2- Les objectifs spécifiques du programme

En vue de parvenir à cet objectif global de développement ci-dessus défini, trois (3) objectifs spécifiques ont été identifiés :

- ❶ Le renforcement de la couverture en points d'eau de la province du Zoundwéogo par la réalisation de nouveaux puits et forages.
- ❷ La contribution à la création d'un environnement institutionnel, physique et humain favorable à la pérennisation des ouvrages hydrauliques par la création d'une capacité locale de prestation de services.
- ❸ La contribution à la conservation et à la restauration du potentiel de production agro-pastorale de la province par la subvention d'investissements collectifs et individuels entre autres dans le secteur de l'approvisionnement en eau.

b- Les domaines d'intervention du projet

Les activités menées dans le cadre du PDL/Z, sous financement du FDL ont englobé des domaines variés tels que: les aménagements hydro-agricoles et pastoraux, le renforcement des capacités opérationnelles des populations et de leurs organisations, le renforcement des infrastructures et des équipements, etc.

Nous nous sommes intéressés à ce dernier volet qui a consisté en la réalisation de puits et de forages dans les quartiers ou écoles des villages bénéficiaires. Pour ce faire et conformément à l'esprit du programme qui vise à susciter la prise de responsabilité accrue des communautés à la base, une modeste contribution financière est demandée aux populations. Cette contribution s'élève à 300 000 FCFA lorsqu'il s'agit d'un village (un quartier) et 100 000 FCFA pour une école.

2- Le programme 145 forages positifs PLAN /Burkina

Dans le cadre de ses activités, Plan Burkina Faso a entrepris la réalisation de 145 forages positifs équipés en pompes à motricité humaine, la réhabilitation de 18 forages et la fourniture

et installation de 117 pompes INDIA MK II dans les provinces du Bam, du Sanmatenga, de Kouritenga, du Namentenga, du Nounbiel, de la Bougouriba et du Poni.

Le bureau d'études Sahelconsult fut attributaire du volet suivi contrôle des travaux de foration et d'essais de pompage pour le lot 3S. Lot qui a concerné la réalisation d'une trentaine de forages destinés à l'alimentation en eau potable d'écoles ou futures écoles, elles même construites par l'ONG PLAN/Burkina. Ces forages ont tous intéressés la province du Sanmatenga (voir annexe 2). Le présent chapitre donne un aperçu du programme avec un accent sur les objectifs principaux qui ont soutenu le projet.

a- Objectifs des 145 forages positifs/Plan Burkina

Le programme 145 forages positifs s'inscrit dans la politique traditionnelle de Plan/Burkina d'aide à l'enfance avec une série d'actions spécifiques entrant dans le même cadre. Au nombre de ces actions nous pouvons citer:

- ❶ L'aide à la scolarisation et à l'éducation des enfants, particulièrement ceux vivant en milieu rural par la construction et l'équipement d'écoles;
- ❷ L'aide à l'amélioration des conditions d'hygiène et de santé de ces enfants par la réalisation de point d'eau potables au profit de ces écoles; à l'enracinement d'une culture de consommation d'eau potable;
- ❸ L'aide donc au développement à la base par le rehaussement du taux d'enfants alphabétisés (70% d'ici l'an 2010 à 100% d'ici l'an 2015) surtout dans nos campagnes.

b- Les composantes du programme

Les activités menées dans le cadre du programme 145 forages PLAN/Burkina sont réalisées à travers les deux volets que sont :

- Le volet animation en vue d'informer et surtout d'impliquer les populations pour la plupart rurales dans l'entretien et la gestion des infrastructures dont ils vont bénéficier.
- Le volet eau qui comprend deux sous volets :
 - L'implantation des sites: tache qui a été dévolue au bureau d'études ANTEA.
 - Le suivi contrôle des travaux de foration, d'essais de pompage, de construction des margelles et de fourniture pose des pompes. Tâche effectuée par Sahelconsult.

III- Objectifs de l'étude

Le Burkina Faso est majoritairement constitué de roches cristallines et cristallophylliennes (80 % du territoire) et fonde son alimentation en eau essentiellement sur les eaux souterraines.

L'objectif principal de notre étude est de déterminer les facteurs généraux conditionnant la productivité des forages d'eau dans le contexte de socle, d'effectuer une étude comparative de

ces paramètres de productivité pour deux sites, assez distants l'un de l'autre et situés dans des zones climatiques relativement différentes.

L'objectif second est de contribuer d'une part à une meilleure compréhension des mécanismes hydrogéologiques en domaine cristallin et cristallophyllien, notamment pour les régions du Zoundwéogo et du Sanmatenga ; et d'autre part, de contribuer à l'amélioration de la réalisation de futurs programmes d'hydraulique villageoise tant du point de vue études que de l'exécution des ouvrages:

- Au stade de l'étude d'implantation : cette étude se veut une aide à la prise de décision pour la réalisation ou le positionnement le plus indiqué des sites avant foration. Elle contribuera de ce fait à l'amélioration des taux de réussite et de productivité des forages d'eau.
- Au stade de réalisation des ouvrages : elle permettra d'évaluer les chances d'obtenir un forage positif et de voir dans quelle mesure il est opportun de continuer la foration, ou si, au contraire, il vaut mieux arrêter le forage.

IV- Présentation des zones d'étude



Zones d'étude

1- Choix de nos zones

Pour notre étude, nous évoluerons dans le contexte du craton Ouest africain avec comme exemples les provinces du Zoundwéogo et du Sanmatenga.

Le choix de ces deux zones s'est fait tout d'abord, à partir de la disponibilité des données de terrain, mais aussi du fait que pour l'un ou l'autre de ces deux programmes, certains sites ont enregistré des taux d'échec élevés (exemple de Sondré Est, Roumtenga, etc.). Soit que les débits des forages réalisés étaient inférieurs au débit d'exploitation minimum recherché (0.7m³/h), soit qu'ils étaient tout à fait nuls.

Les forages négatifs récurrents pour ces zones ont eu pour conséquence de faire chuter le taux global de réussite pour l'ensemble du programme, créant donc des coûts supplémentaires et pour le bureau d'études en charge des implantations, et pour le Contrôle (Sahelconsult). Aussi, une réflexion sur la productivité des ouvrages de captages était nécessaire afin de pouvoir étudier le comportement de certains paramètres dits de productivité pour nos deux zones et d'en effectuer des comparaisons.

2- Présentation des zones d'étude

La présentation qui va suivre de nos deux provinces d'étude s'est faite à partir des informations tirées des cartes géologiques dont on dispose sur ces régions. Il s'agit de cartes au 1/200 000 (un degré carré donc), fruits du projet SISMIN. Ces cartes sont disponibles au BUMIGEB (Bureau des Mines et de Géologie du Burkina) pour consultation.

Pour notre propos, nous nous sommes intéressés à la feuille de Pô qui couvre les territoires des provinces du Nahouri (Pô), de la Sissili (Léo), du Ziro (Sapouy) et bien entendu du Zoundwéogo (Manga) ; la feuille de Kaya qui représente principalement les provinces du Sanmatenga (Kaya) et du Bam (Koungoussi) ; et plus accessoirement du Yatenga et du Passoré.

a- Le Zoundwéogo

a1- Cadre géographique

Situation : comme dit plus haut, le Zoundwéogo est située dans la partie Sud du Burkina, entre les parallèles 11 et 12° de latitude Nord ; les méridiens 1°30' et 2°30' de longitude Ouest. D'après le nouveau découpage administratif, cette province appartient à la région du Centre Sud.

Climat : le climat du Burkina Faso est caractérisé par l'alternance de deux saisons très contrastées : une saison sèche et une saison pluvieuse.

Le rythme saisonnier est commandé par une influence alternée des vents sahariens et des moussons océaniques. Généralement, on distingue trois zones climatiques :

- **la zone sahélienne** avec une pluviométrie annuelle moyenne inférieure à 600mm, une grande variabilité dans la répartition des précipitations, une forte évapotranspiration et d'importantes variations des températures journalières et annuelles.
- **la zone Nord-Soudanienne** avec une pluviométrie annuelle moyenne de 600 à 900mm où les précipitations ont lieu pendant 3 à 5 mois.
- **la zone Sud-Soudanienne** avec une pluviométrie annuelle moyenne supérieure à 900mm et caractérisé par des précipitations qui ont lieu pendant 4 à 6 mois et par des différences de températures assez faibles.

Notre zone d'étude se trouve dans la zone climatique Nord-Soudanienne avec plus de 80% des pluies qui tombent pendant la période de Juin à Septembre.

Hydrographie : La zone d'étude fait partie du bassin versant des Volta regroupant d'Est en Ouest, les bassins des fleuves Nakambé, du Nazinon, de la Sissili et du Mouhoun inférieur. Seul le Nazinon intéresse notre zone d'étude avec le département de Nobéré.

a2- Contexte géologique

Les roches cristallines constituent la presque totalité du sous-sol de la zone d'étude. Deux grands ensembles sont représentés :

- 1) le Précambrien D ou Antébirrimien constitué de gneiss, de leptinites, de migmatites à biotite et amphibole, de migmatites et granites indifférenciés. Des filons de quartz, nombreux et parfois volumineux recourent la masse granito-gneissique.
- 2) le Précambrien C ou Birrimien est de faible dimension et est représenté dans la zone d'étude par des métasédiments argileux ou argiligréseux, des tufs, laves et métasédiments associés, des métavolcanites neutres à basiques.

a3- Caractéristiques générales des aquifères

Ensembles hydrogéologiques

La zone du Zoundwéogo peut être subdivisée en deux ensembles hydrogéologiques correspondant aux deux unités géologiques principales :

- a) **Un ensemble à dominante granito-gneissique ou migmatitique (Antébirrimien)**, le plus étendu du point de vue géographique. Il est caractérisé par une épaisseur d'altération assez faible mais qui peut être localement améliorée par l'existence de différents réseaux de fractures aux mailles parfois serrées à condition toutefois que celles-ci ne soient pas colmatées par les argiles d'altération. Dans la zone d'étude, les granites antébirrimiens sont parmi les formations les plus favorables du socle du point de vue de la ressource disponible.
- b) **Un ensemble à dominante volcano-sédimentaire (Birrimien)**. Celui-ci se caractérise par une frange d'altération épaisse et argileuse et une forte hétérogénéité lithologique. Cette série hétérogène dessine des plis synclinaux aux flancs redressés, les roches étant affectées par plusieurs schistosités généralisées qui augmentent considérablement la porosité de fracture, mais les ressources sont limitées en raison de la faible perméabilité du matériau.

Les systèmes aquifères

On distingue trois systèmes aquifères superposés :

- les aquifères de la zone altérée ;
- les aquifères du milieu fissuré ;
- les aquifères des latérites.

b- Le Sanmatenga

b1- Cadre géographique

Situation : la province du Sanmatenga est située dans le centre Nord du pays. Elle couvre une superficie d'environ 6 400km² entre les parallèles 13° et 14° de latitude Nord, et les méridiens 1° et 2° de longitude Ouest.

Climat : Comme dit plus haut, le climat du Burkina est du type sahélien dans le Nord, et soudanais dans le reste du pays. Le niveau des pluies passe de plus de 1 300 mm dans le Sud-Ouest, région la plus productive du pays, à moins de 254mm dans le Nord.

Les limites entre ces zones ont tendance à se décaler vers le Sud du fait d'une aridification inquiétante du climat observée depuis une trentaine d'années. La province du Sanmatenga appartient à la zone sahélienne qui reçoit en moyenne entre 300 et 600 mm de pluies par an. La saison sèche y dure huit (8) mois, à peu près d'Octobre à Mai.

Hydrographie : le degré carré de Kaya ne possède pas de cours d'eau permanent. Cependant, on peut noter la présence de trois (3) cours d'eau se rapportant au bassin versant du fleuve Niger et du Nakambé. Ce sont :

1°) le Gouya, affluent en rive droite du Faga qui appartient au bassin versant du fleuve Niger, traversant la carte au Nord-Est avec une direction sensiblement Est-Ouest et coule pendant cinq (5) mois.

2°) le Nakambé au Sud ;

3°) son affluent en rive gauche sur lequel est construit le barrage de Koungoussi dénommé le lac Bam. Le Nakambé coule en moyenne six (6) mois dans l'année.

b2-Géologie

Contrairement au Zoundwéogo, la géologie du Sanmatenga est essentiellement caractérisée par des formations du Paléoprotérozoïque () appartenant au socle Birimien. Celui-ci comporte des terrains volcano-sédimentaires et plutoniques métamorphisés à l'Eburnéen (le Centre et le Sud de la province), et des formations plutoniques intrusives dans ces derniers (principalement dans le Nord et l'Est).

Les terrains volcano-sédimentaires et plutoniques comportent des masses de basaltes amphibolitisés dispersées ou intercalées en lanières au sein de la série schisteuse sédimentaire et tufacées très altérée (latérite, saprolite). Cette série schisteuse renferme également des intercalations de volcanites intermédiaires à acides, dont un tuf rhyolitique daté à $2\,238 \pm 5$ Ma. Enfin le cortège des terrains volcano-sédimentaires et plutoniques comporte aussi des faciès méta-paragneissique, amphibole à pyroxène, et des leptinites datées $2\,182 \pm 3$ Ma.

Les formations plutoniques consistent principalement en un granite à biotite qui forme des masses considérables surtout dans le Nord. Un granite subleucocrate forme deux massifs dans le Nord de la feuille. Il est aussi dans le Sud (région de Mané) avec la présence d'un syénogranite probablement tardif, qui forme un massif circonscrit.

b3-Les ensembles hydrogéologiques

Au niveau du Sanmatenga, on distingue trois grands ensembles hydrogéologiques qui sont caractérisés en fonction de la nature lithologique des formations aquifères :

Les granitoïdes

Deux ensembles peuvent être différenciés :

- **les granitoïdes précoces** : ils sont caractérisés par un faible recouvrement d'altérites et sont affectés de nombreuses fractures. Dans ces formations, le taux de succès des forages est relativement élevé (environ 70%), et des débits significatifs pour le socle sont parfois observés (10m³/h voire plus).
- **les granitoïdes plus tardifs** : eux sont peu fracturés et c'est dans ces formations que les plus forts taux d'échec des forages d'eau sont enregistrés. De plus l'épaisseur de la couverture altérée est très peu importante. Les débits journaliers recommandés varient de 30 à 70m³/h en fonction ou non de la présence d'altérites saturées.

Les formations schisteuses et volcano-sédimentaires

Ce sont les formations qui prédominent sur l'ensemble du Sanmatenga. On rencontre en général dans ces formations des épaisseurs d'altérites importantes avec un taux de succès élevé (80 à 90%) pour la mise à jour d'un débit de 0.7m³/h. Ces formations sont caractérisées par une importante couverture d'altération saturée.

Les formations superficielles

Ce sont des formations alluviales peu étendues d'un point de vue géographique. Elles sont en générales constituées d'argilites, d'argiles plus ou moins sableuses. Leur exploitation est le plus souvent faite à l'aide de puisards temporaires.

V- Méthodologie de travail

Afin d'atteindre les objectifs dont nous nous sommes fixés, nous avons conçu une méthodologie suivant la démarche ci-après :

- **La collecte des données**

Elle s'est faite à partir :

- des fiches de suivi-contrôle de foration et d'essais de pompage qu'ont bien voulu nous fournir le bureau d'étude Sahelconsult qui fut le Maître d'Oeuvre délégué lors de la campagne de forages du PDL/Z (2004-2005) et le Contrôle dans le programme 145 forages Plan Burkina.
- Et la banque de données BEWACO du Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques consultée à la DGIRE (Direction Générale de l'Inventaire des Ressources en Eau). Cette base nous a permis de compléter et d'agrandir la notre avec toutes les réalisations dans le domaine des forages ayant intéressé nos provinces d'étude. Le recours à cette banque de données a eu pour but unique, de disposer d'un nombre de forages assez significatif pour une étude fiable du comportement des aquifères de nos zones.

- **L'Analyse de la fiabilité des données**

Du fait que nos données proviennent de sources diverses et qu'elles s'étalent sur une grande période (environ 21 ans), nous nous sommes donc dans un premier temps basés sur celles

dont nous maîtrisons la source d'information et à la collecte desquelles nous avons pris part. Il s'agit des données de forages du PDL/Z et des 145 forages PLAN recueillies auprès du Bureau d'études Sahelconsult. Les autres données (celles provenant de la base BEWACO) ont été utilisées en seconde position après analyse pour en écarter celles douteuses.

- **Le traitement des données**

Les données utilisées concernent les facteurs suivants : le débit (Q), l'épaisseur d'altération (EA) et la profondeur totale (Pt) du forage.

Le traitement en tant que tel des données a consisté en une série d'analyses statistiques élémentaires où le comportement de chacun des paramètres relevés est étudié de manière individuelle sur la productivité.

Nous étudions dans un premier temps, la répartition en pourcent (%) des débits sur l'ensemble des forages positifs ($Q \geq 700$ litre/heure) et ceci en fonction de classes d'épaisseurs d'altération ou de profondeurs totales de forages. Les résultats obtenus mettent en évidence une classe de productivité maximale que l'on peut apprécier par tranche de débit ou de façon globale.

Dans un second temps, nous étudions le débit moyen en fonction de classes croissantes de cinq (5) mètres d'épaisseurs d'altération et de profondeurs de forages. Ce qui va nous permettre d'apprécier l'évolution de la productivité suivant l'un et l'autre de nos paramètres ci-dessus cités de façon continue.

- **Le rapport**

Il fait la synthèse du travail réalisé, présente les étapes, les méthodes et les résultats auxquels nous sommes arrivés. Il vient confirmer ou infirmer l'idée qui soutend le thème à savoir existe-t-il une réelle relation entre la productivité et des paramètres physiques de terrains tels l'épaisseur d'altération ou la profondeur de foration.

B- Les facteurs de productivité des forages d'eau

Présentation des résultats

Pour évaluer l'influence des paramètres étudiés sur la productivité des forages pour nos zones d'étude, nous avons opté de présenter les résultats par zone et par contextes géologiques. Nous avons également opté pour une présentation des résultats sous forme de tableaux synthétiques et de graphiques dont seuls les résultats seront commentés dans le texte.

I- Rôle et influence de l'épaisseur d'altération (EA) sur le débit

- **Rôle de l'EA** : En milieu aquifère, poreux et homogène, comme c'est le cas des formations sédimentaires meubles, les fonctions capacitives et conductrices sont confondues dans le même réservoir. En milieu cristallin par contre, ces deux fonctions coexistent mais de façon disproportionnée dans les différents niveaux aquifères. Les fractures ou plus exactement la frange fissurée du substratum sont à rôle drainant prédominant, tandis que la fonction

capacitive est assurée soit par un milieu poreux (altérites, sables ou alluvions), soit par un milieu multifissuré formé par le massif lui-même et parcouru par une infinité de fissures secondaires.

Il faut donc, en milieu cristallin, une conjugaison des deux fonctions (capacitive et conductrice) pour avoir une bonne productivité hydraulique à long terme, car en l'absence de milieu poreux, la fonction capacitive des fractures étant faible, les volumes induits par les débits élevés deviennent rapidement très importants.

- **Influence de l'EA** : nous avons cherché à quantifier le rôle de l'épaisseur d'altération sur les caractéristiques hydrodynamiques des forages captant le milieu conducteur à partir de traitements statistiques. Nous nous sommes efforcé de proposer des solutions analytiques conformes à la nature des phénomènes observés.

1- Dans les formations granitoïdiques

a- Cas du Zoundwéogo

Au niveau des formations granitoïdiques du Zoundwéogo, les épaisseurs d'altération sont généralement faibles, oscillant entre 3 et 42m. La moyenne d'altération est de 16m avec un écart type de 5m. Le taux de succès global dans ces formations est d'environ 70%.

Les tableaux 1 et 2 ainsi que leur graphiques associés présentent respectivement les taux d'échec rencontrés dans ces formations ainsi que la distribution des forages positifs suivant l'importance de leur débit et d'après des classes d'épaisseurs d'altération de 10m. Quatre classes d'altération ont été retenues :

Epaisseurs d'alt.	0-10	10-20	20-30	30-+
Taux d'échec	24%	18%	25%	32%

Tableau 1 : Taux d'échec des forages en fonction de la classe d'épaisseur d'altération

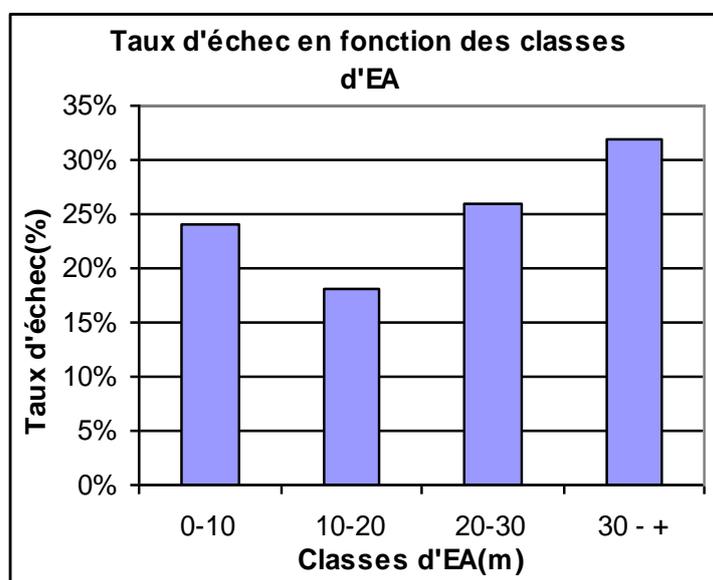


Figure 1 : Graphe du taux d'échec par classes d'altération

Débit \ EA	EA	0-10	10-20	20-30	>30
	Q ≤ 1	36%	45%	14%	5%
1 < Q ≤ 5	30%	43%	24%	3%	

$5 < Q \leq 10$	22%	51%	21%	7%
$Q > 10$	21%	45%	34%	0%
Pourcentage	27%	46%	23%	4%

Tableau 2 : Répartition des débits pour l'ensemble des forages suivant l'épaisseur d'altération

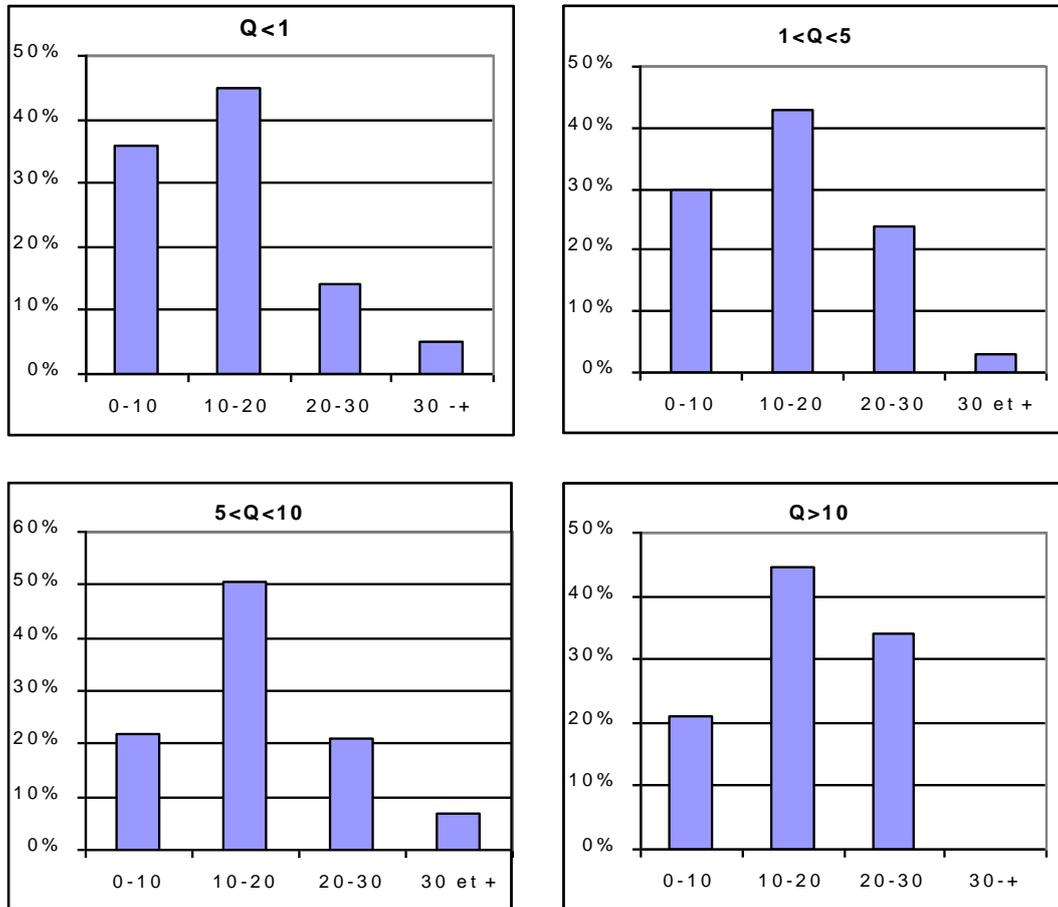


Figure 2 : Représentation graphique du pourcentage de débit en fonction de l'altération dans le Zoundwéogo

Le constat général, toutes tranches de débits confondues indique une croissance de la productivité pour les vingt premiers mètres d'altération; les épaisseurs suivantes montrant une tendance à la baisse.

La tranche des 0-20m d'altération explique à elle seule 73% de la productivité dans ces formations granitoïdiques du Zoundwéogo; la classe des 10-20m détenant plus de la moitié de cette productivité avec 46% du débit et seulement 18% des forages négatifs rencontrés.

Enfin, la classe la moins productive est celle des épaisseurs d'altérations supérieures à trente (30) mètres, regroupant au total 4% des statistiques avec les plus faibles pourcentages, parfois nuls pour les débits élevés. C'est aussi la classe qui enregistre le plus fort taux d'échec soit 32 forages négatifs sur 100 comme l'indique le tableau 1.

L'étude de la productivité suivant l'évolution du débit moyen par classes d'épaisseurs d'altérations croissantes de 5m, indique quant à elle:

Epaisseur d'altération (m)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35 et +
----------------------------	-----	------	-------	-------	-------	-------	-------	---------

Débit (m ³ /h)	1.39	2.62	3.4	4	4.1	3.75	3.25	2.89
---------------------------	------	------	-----	---	-----	------	------	------

Tableau 3 : Débit moyen en fonction de l'épaisseur d'altération

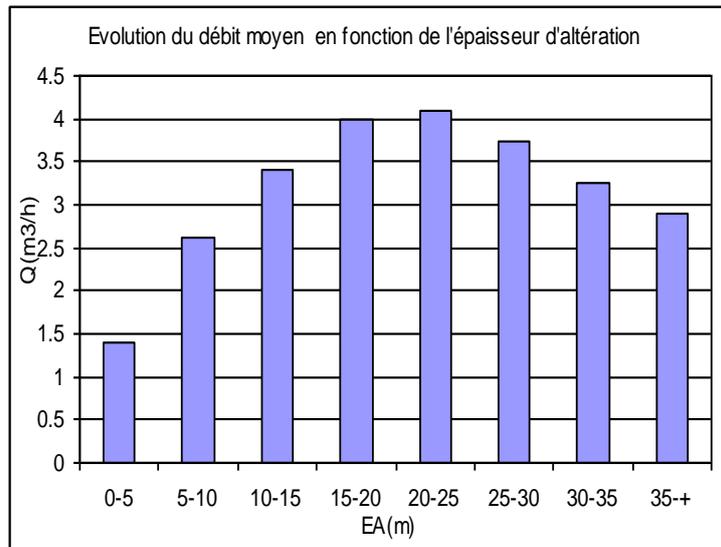


Figure 3 : Débit moyen en fonction de l'épaisseur d'altération

- une relation positive entre l'augmentation de l'épaisseur d'altération et l'augmentation du débit entre 0 à 25m d'altérites; les débits moyens passant de 1.39 à 4.1m³/h.
- une relation négative entre l'augmentation de l'épaisseur d'altération et l'augmentation du débit après 25m d'altération ou le débit décroît mais lentement.

Elle confirme ainsi les observations du le tableau 1 avec toutefois un léger décalage de l'extremum à 25m au lieu de 20m. Décalage sans doute imputable au choix de l'amplitude des classes.

b- Cas du Sanmatenga

Pour le Sanmatenga, les épaisseurs d'altérations rencontrées dans les formations granitoïdiques sont par contre plus importantes que celles du Zoundwéogo. En effet, leur puissance varie de 3m pour les plus faibles, atteignant 68m pour les plus fortes. L'épaisseur moyenne d'altération se situe autour de 26m avec un écart type de 12m. On peut compter dans ces formations sur un taux de succès d'environ 80%.

Les données recueillies sur la population des forages du Sanmatenga permettent d'établir en fonction des classes d'altération les chiffres et graphes suivants :

- Sur les pourcentages de forages négatifs :

Ep. d'alt. (m)	0-10	10-20	20-30	30-40	40 - +
Taux d'échec	29%	16%	12%	19%	24%

Tableau 4 : Taux d'échec par classes d'altération

- Sur les pourcentages de répartition des forages positifs :

Débit \ EA	0-10	10-20	20-30	30-40	40 - +
Q<1	15%	29%	27%	15%	13%

1<Q<5	7%	25%	37%	20%	11%
5<Q<10	0%	15%	62%	15%	8%
Total	7%	23%	42%	17%	11%

Tableau 3: Pourcentage des forages positifs du Sanmatenga en fonction de l'altération (m)

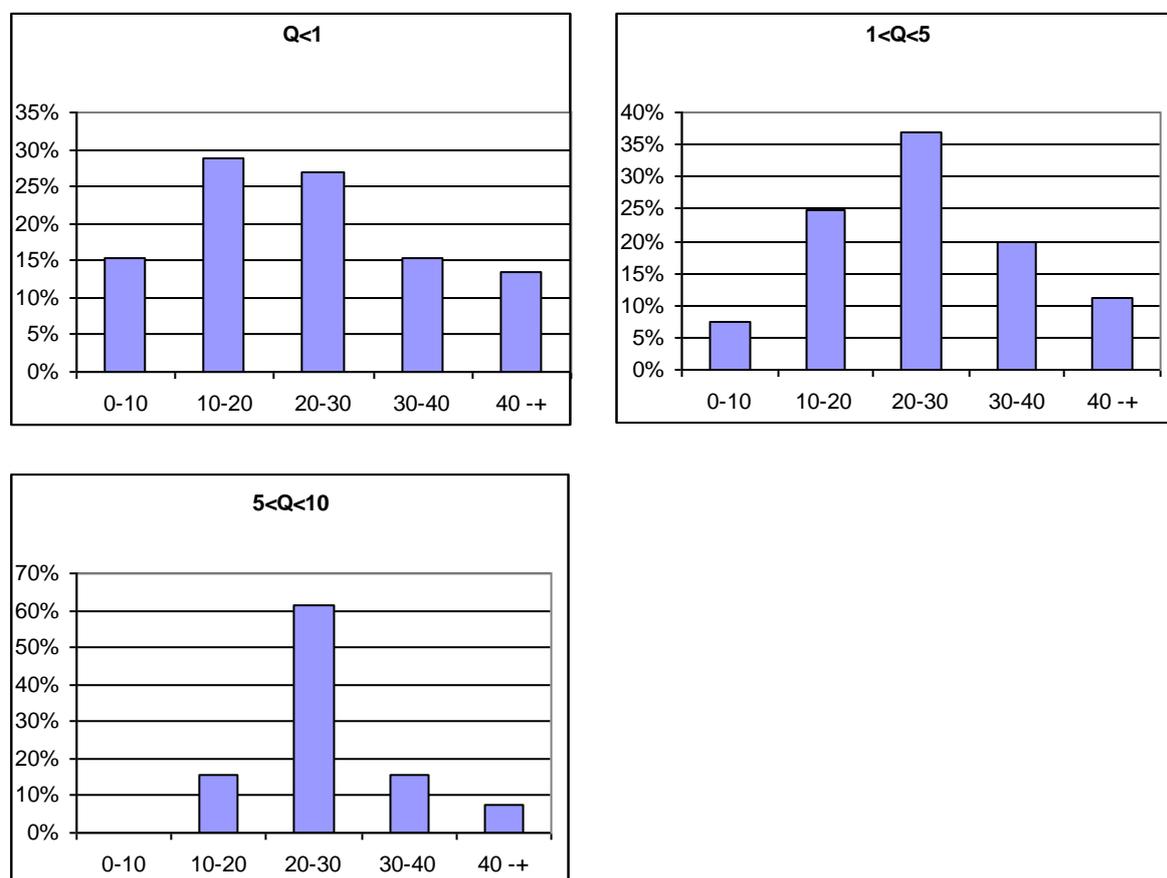


Figure 4: Graphes d'évolution du pourcentage des forages par tranche de débit en fonction de l'épaisseur d'altération dans le Sanmatenga

Il apparaît que :

- le taux d'échec en foration dans les formations de granitoïdes au niveau du Sanmatenga est beaucoup plus élevé dans les terrains de faibles et forte couverture d'altérites (EA<10m et EA>40m) que dans les autres types de terrains. Ces classes d'altération (inférieures à 10m et supérieures à 40m) expliquent à deux près de la moitié des taux d'échec enregistrés dans ces formations granitiques du Sanmatenga, soit 48%; expliquant du même coup leur peu de productivité. En effet, 29% des forages négatifs et 7% des forages positifs tous débits confondus proviennent de la classe des épaisseurs d'altération inférieures à 10m ; tandis que 24% des forages négatifs contre 11% en positifs appartiennent à celle des altérations supérieures à 40m.
- de manière réciproque, ce sont les classes d'épaisseurs d'altérites comprises entre 10 et 30m qui englobent le maximum des forages productifs (82%). Une classe particulièrement se détache (la classe des EA comprises entre 20-30m) avec un

pourcentage élevé de forages positifs (42%) et un taux d'échec relativement faible de 12%. On y trouve d'ailleurs 27% des forages au débits inférieurs à 1m³/h, 37% aux débits moyens (compris entre 1 et 5m³/h) et 62% des débits élevés (5 à 10m³/h).

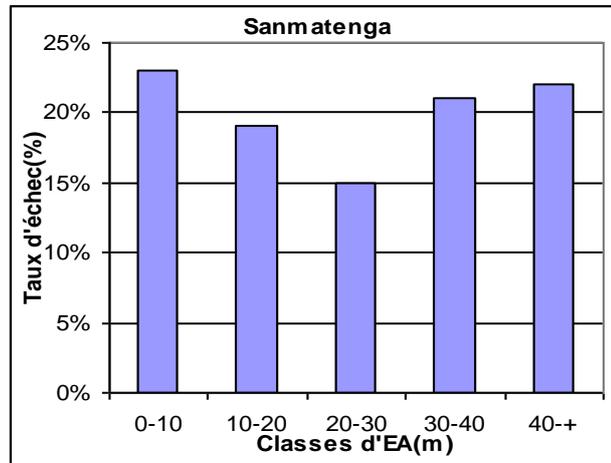


Figure 4: Taux d'échec dans le Sanmatenga (granitoïdes)

La représentation du débit moyen pour des classes d'amplitude 5m (voir tableau et figure 6) montre quant à elle, une augmentation sensible du débit durant les vingt cinq (25) premiers mètres d'altération, une relative stabilisation entre 25 et 40m où le débit moyen varie très faiblement; puis une décroissance du même débit au-delà des 40m d'altération.

Epaisseur d'alt. (m)	EA<10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45- +
Débit (m ³ /h)	1.45	1.79	1.9	2.73	2.82	2.74	2.7	2.08	1.63

Tableau 5: Evolution du débit moyen dans les granitoïdes du Sanmatenga

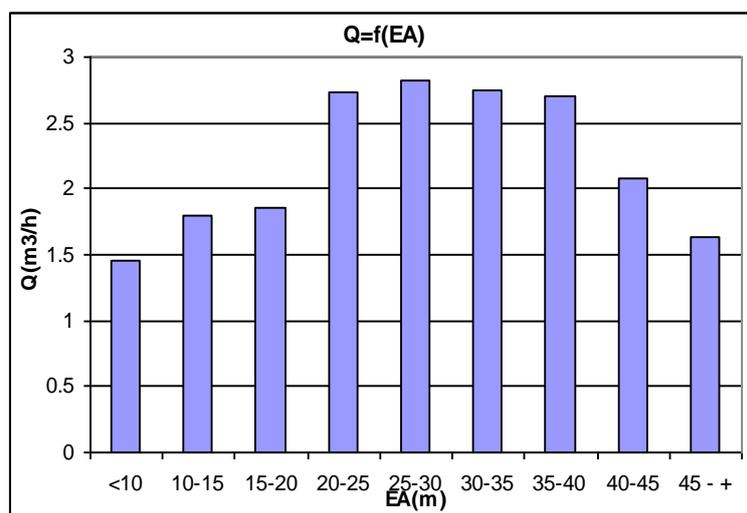


Figure 5: Graphe du débit moyen en fonction de l'épaisseur d'altération (Sanmatenga)

c- Conclusion partielle

L'étude statistique des débits suivant l'épaisseur d'altération dans les granitoïdes a révélé que les tranches d'épaisseurs d'altération induisent différemment la productivité des forages. En effet, pour le Zoundwéogo, c'est la classe d'altération des 10 à 20m qui enregistre le plus grand pourcentage du total des débits (46%) contre 34% pour la classe ayant le pourcentage le plus proche. Dans cette même classe de productivité maximale, on dénombre par ailleurs près de 75% de débits supérieurs à 1m³/h dont 24% supérieur à 10m³/h.

Dans le Sanmatenga par contre, c'est la tranche d'altération comprise entre 20-30m qui regroupe le maximum des débits (42%) avec environ 58% des débits supérieurs à 1m³/h, les débits supérieurs à 10m³/h étant exceptionnels. De plus, pour l'ensemble des forages du Sanmatenga, on constate que les débits sont beaucoup plus modestes que ceux rencontrés dans le Zoundwéogo. Toute chose qui est confirmée par l'étude du débit moyen en fonction de l'altération : Qmoyen (max) dans le Zoundwéogo = 4m³/h, dans le Sanmatenga = 2.82m³/h.

2- Dans les formations schisteuses et volcano-sédimentaires

a-Cas du Zoundwéogo

Les schistes sont connus pour être des terrains à très haute couverture d'altérites. Cependant, au niveau du Zoundwéogo, les épaisseurs d'altération restent relativement faibles, les maximales rencontrées ne dépassant pas les 55m. La moyenne de ces épaisseurs se situe autour de 23m avec un écart type de 14m.

Le taux de succès en foration dans ces formations s'élève à 70% et, comparativement à la productivité des ouvrages qui constitue ici notre propos, nous nous intéressons comme précédemment au taux d'échec que l'on peut rencontrer dans ces formations suivant différentes classes d'épaisseurs d'altération. Nous obtenons le tableau et le graphique que voici :

EA(m)	0-10	10-20	20-30	30-40	40 - +
% d'échec	20%	17%	13%	22%	28%

Tableau 6: Pourcentage d'échec par classes d'altération concernées

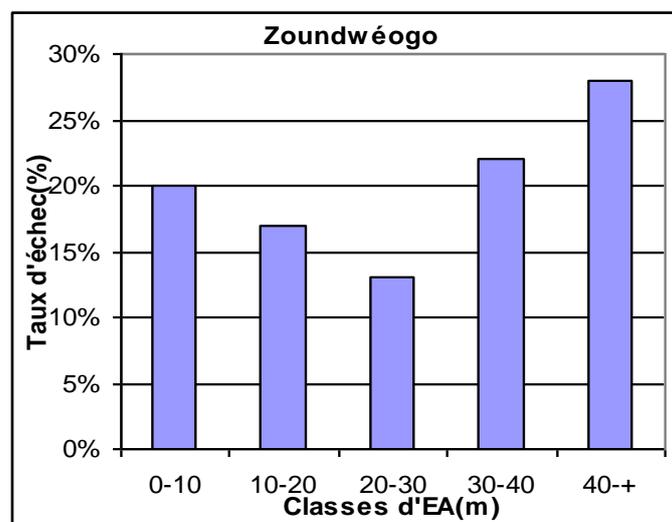


Figure 6: Graphique taux d'échec (Zoundwéogo -Rv et Schistes)

Le classement des forages suivant le débit lui a donné toujours suivant des tranches d'altération le tableau ci-dessous :

	0-10	10-20	20-30	30-40	40- +
Q<1	20%	30%	13%	10%	27%
1<Q<5	19%	33%	15%	19%	14%
5<Q<10	13%	29%	38%	8%	13%
Q>10	0%	25%	58%	17%	0%
Total	13%	29%	31%	14%	13%

Tableau 7: Répartition des débits pour les forages du Zoundwéogo dans les formations schisteuses et volcano-sédimentaires

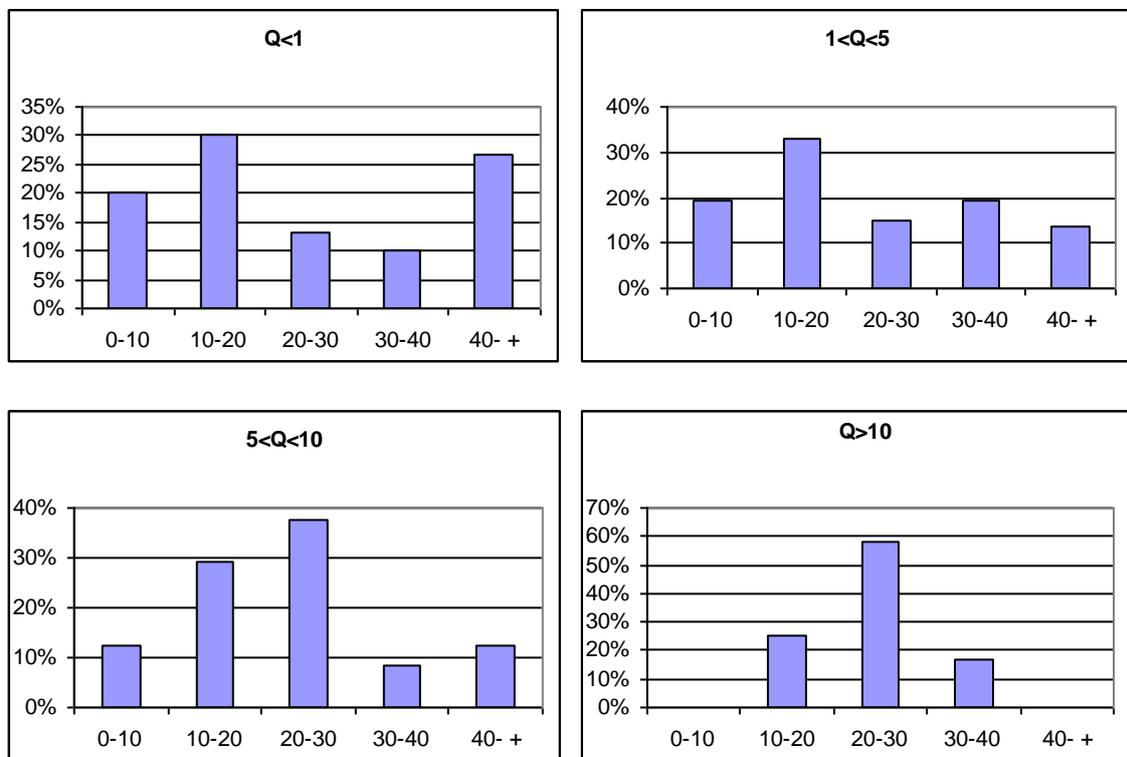


Figure 7: Graphes d'évolution du pourcentage des forages par tranche de débit en fonction de l'épaisseur d'altération dans le Zoundwéogo

Les statistiques sont assez disparates dans l'ensemble, montrant une bimodalité dans leur distribution surtout pour les tranches de débits inférieurs à 1m³/h et compris entre 1 et 10m³/h. Cette tendance s'aplanit vers la fin avec l'augmentation du débit jusqu'à disparaître totalement pour la tranche de débits supérieurs à 10m³/h.

C'est dire que, pour des réalisations de forages d'eau qui vont intéresser les unités volcano-sédimentaires et schisteuses du Zoundwéogo, même si les taux d'échec sont relativement importants (28%) pour les terrains à hautes couvertures d'altérites, il demeure que les chances d'obtenir des résultats positifs en foration demeurent néanmoins importants quoique les débits

pourraient être plutôt faibles (inférieurs à 1m³/h). Ces chances s'amenuisent progressivement jusqu'à devenir quasi nulles lorsque l'on s'intéresse à des débits supérieurs.

Il faut ajouter enfin que dans l'ensemble deux classes d'épaisseur d'altération se détachent comme étant les classes de productivité maximale. Il s'agit de la tranche des 10-20m et 20-30m qui comptent toutes deux 60% de forages positifs avec respectivement les taux d'échec les plus bas de 17 et 13%.

Le débit moyen en fonction de l'épaisseur d'altération situe lui la classe de bonne productivité entre 15 et 20m d'altération avec néanmoins une évolution croissante du débit avant les 20m puis une décroissance.

Epaisseur d'altération (m)	≤ 10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45 - +
Débit (m ³ /h)	2.62	4.01	4.93	3.87	3.70	3.63	3.58	3.16	2.37

Tableau 8: Débit moyen par classes d'altération de 5m

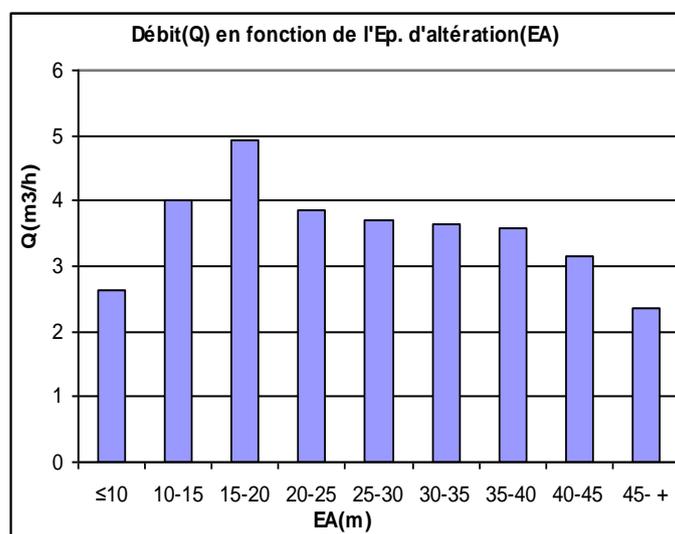


Figure 8: Graphique associé

b- Cas du Sanmatenga

C'est dans le Sanmatenga que l'on rencontre les plus grandes couvertures d'altérites sur roches vertes et schistes dans tout le Burkina. En effet, très peu de forages montrant des épaisseurs d'altération inférieures à 10m ont pu être enregistrés et les maximales enregistrés ont souvent dépassés les 75m sans toutefois donner de valeurs intéressantes de débit. Les taux d'échec par tranche d'altération sont relativement serrés (tableau), preuve que les variations de ces dernières n'ont pas une grande influence sur le résultat du forage.

EA(m)	0-10	10-20	20-30	30-40	40 - +
% d'échec	13%	11%	11%	12%	13%

Tableau 9: Pourcentage d'échec par classes d'altération dans les Roches vertes et les Schistes du Sanmatenga

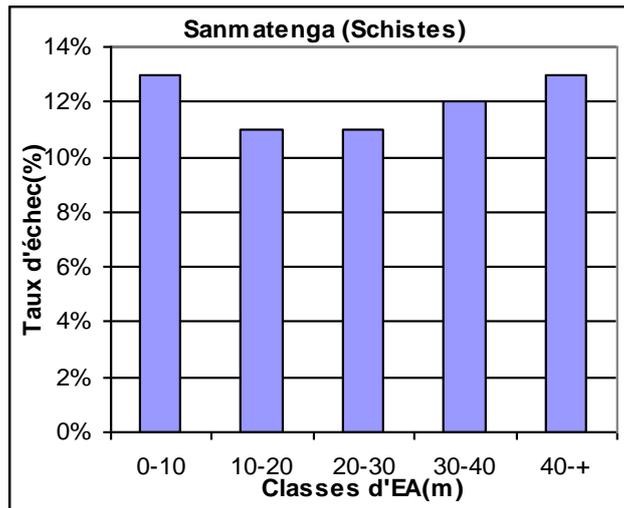


Figure 9: Graphique associé (Sanmatenga schistes et rv)

La répartition des débits par tranches de productivité et par classes d'épaisseurs d'altération sur l'ensemble des forages (telle que présentée par le tableau et la figure 10), ne laisse pas paraître un lien évident entre la productivité et une tranche d'épaisseur d'altération particulière.

Débit \ EA	0-10	10-20	20-30	30-40	40- +
Q<1	5%	35%	25%	15%	20%
1<Q<5	10%	17%	32%	24%	18%
5<Q<10	22%	30%	17%	17%	13%
Q>10	15%	23%	38%	23%	0%

Pourcentage	13%	26%	28%	20%	13%
-------------	-----	-----	-----	-----	-----

Tableau 10 : Répartition des débits pour les forages du Sanmatenga dans les formations schisteuses et volcano-sédimentaires

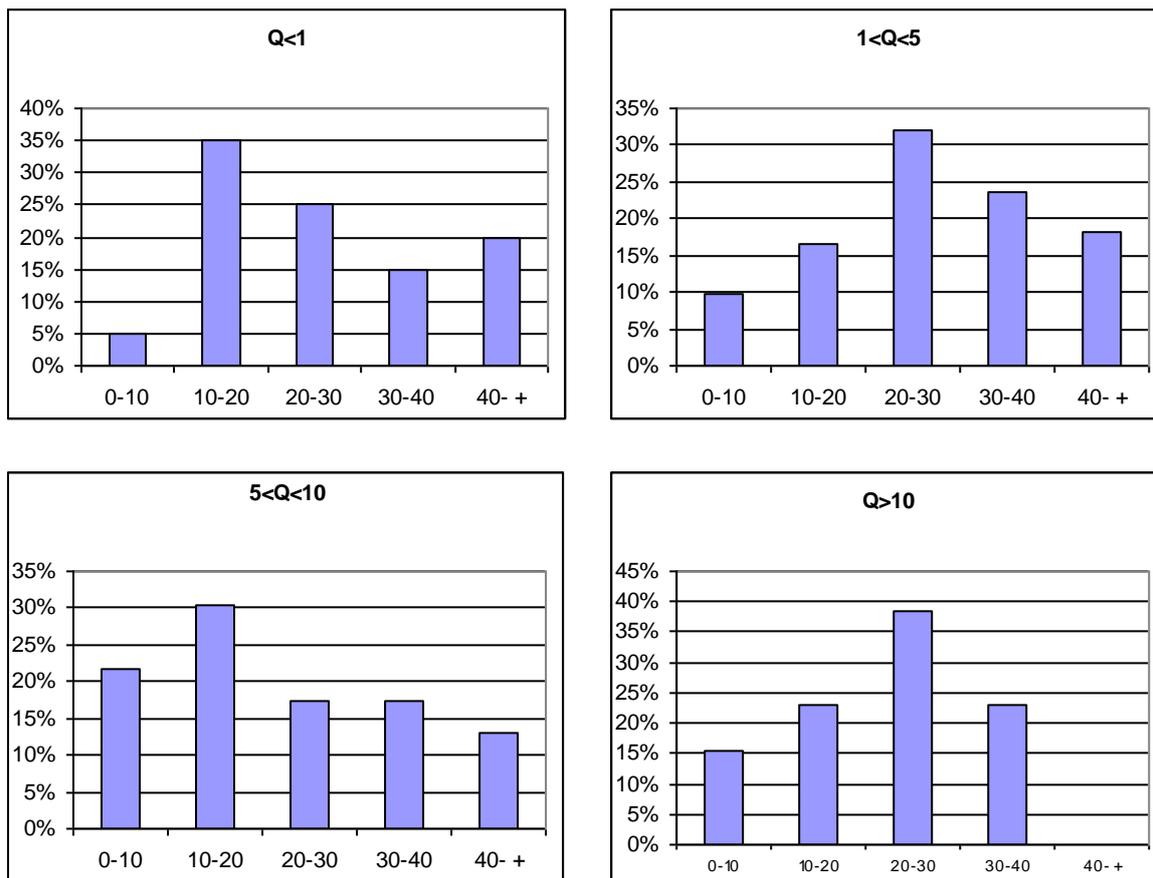


Figure 10: Graphes d'évolution du pourcentage des forages par tranche de débit en fonction de l'épaisseur d'altération dans le Sanmatenga

Mais encore, on peut remarquer que les épaisseurs d'altération inférieures à 10m et supérieures à 40m demeurent les moins favorables en termes de répartition des débits. Les tranches les plus productives étant celle des épaisseurs d'altération comprises entre 10 et 40m avec 74% du débit total; chaque classe comprise dans cette tranche se partageant presque le même ordre d'individus (26% pour 10<EA<20 ; 28% pour 20<EA<30 et 20% pour 30<EA<40m).

Néanmoins, la tendance en terme de débit moyen par rapport à des tranches d'épaisseur d'altération de 5m laisse voir que le débit dans ces formations baisse de façon assez régulière avec l'altération. Il existerait par conséquent un lien entre le débit et l'épaisseur du recouvrement d'altérites dans ces formations perceptible grâce au débit moyen.

Epaisseur d'altération	≤10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45- +
Débit (m3/h)	5.34	4.95	4.54	4.30	3.39	3.20	2.45	2.69	2.21

Tableau 11: Débit moyen par classes d'altération de 5m

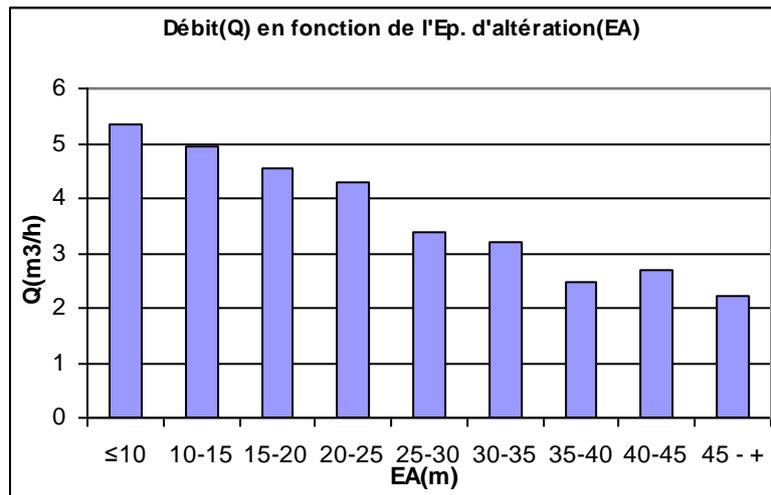


Figure 11: Graphique associé

c- Conclusion partielle

Au niveau des épaisseurs d'altération des formations schisteuses et volcano-sédimentaires du Zoundwéogo et du Sanmatenga, la répartition du débit sur l'ensemble des forages nous permet de constater que les taux d'échec en foration dans ces formations sont beaucoup plus faibles que ceux des terrains granitoïdiques (20% contre 30%). En effet, c'est dans le Zoundwéogo que l'on rencontre par classe d'épaisseur d'altération, les taux d'échec les plus élevés tandis que dans le Sanmatenga, l'épaisseur d'altération n'a pas une influence très significative sur le résultat du forage, les taux d'échec par tranche d'altération variant peu.

Enfin, les classes d'altération induisant une productivité maximale se situent entre 10 et 30m pour le Zoundwéogo (avec 90% des débits supérieurs à 1m³/h intéressant la tranche 20-30m et repartit comme suit : 12% pour $1 < Q \leq 5$ m³/h, 31% pour $5 < Q \leq 10$ m³/h et 47% des $Q > 10$ m³/h); 10 à 40m pour le Sanmatenga avec 74% des débits supérieurs à 1m³/h, la répartition des pourcentages par classe étant quasi uniforme.

II- Influence de la profondeur des forages sur le débit

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés à la question du lien éventuel entre la profondeur des forages et leur productivité. Aussi, sommes nous demandés s'il existait par conséquent une profondeur optimale de forage.

Il est généralement admis que la productivité des ouvrages est à la fois liée à la qualité de la fissuration (ouverture ou degré de colmatage) et à l'épaisseur de la tranche fissurée. Ainsi de nombreux auteurs pensent qu'au-delà d'une certaine profondeur limite les fissures se referment ou deviennent rares ; et qu'il n'est plus économiquement rentable de poursuivre la foration. La profondeur optimale de forage a ainsi plusieurs composantes :

- **économique** : à partir de quelle profondeur n'est-il plus rentable de continuer de forer ;
- **géologique** : n'y a-t-il vraiment aucune chance de recouper des fractures plus en profondeur, etc.

Nous n'avons pas jugé utile d'étudier l'évolution du taux de réussite ou d'échec en fonction de la profondeur, vu que dans l'ensemble, les forages les plus profonds sont généralement les moins productifs. De plus, vu les profondeurs de désespoir généralement imposées (90m pour le PDL/Z et 110m pour les 145 forages PLAN/BURKINA), 80 à 90% des forages atteignant ces profondeurs ont des chances d'être négatifs.

1- Dans les formations granitoïdiques

a- Pour le Zoundwéogo

Débit \ Pt	≤40	40-50	50-60	60-70	>70
Q≤1	15%	42%	15%	15%	12%
1<Q≤5	18%	56%	18%	6%	2%
5<Q≤10	25%	52%	19%	4%	0%
Q>10	10%	67%	18%	5%	0%
Pourcentage	17%	54%	18%	8%	3%

Tableau 12: répartition des débits par classes de profondeur

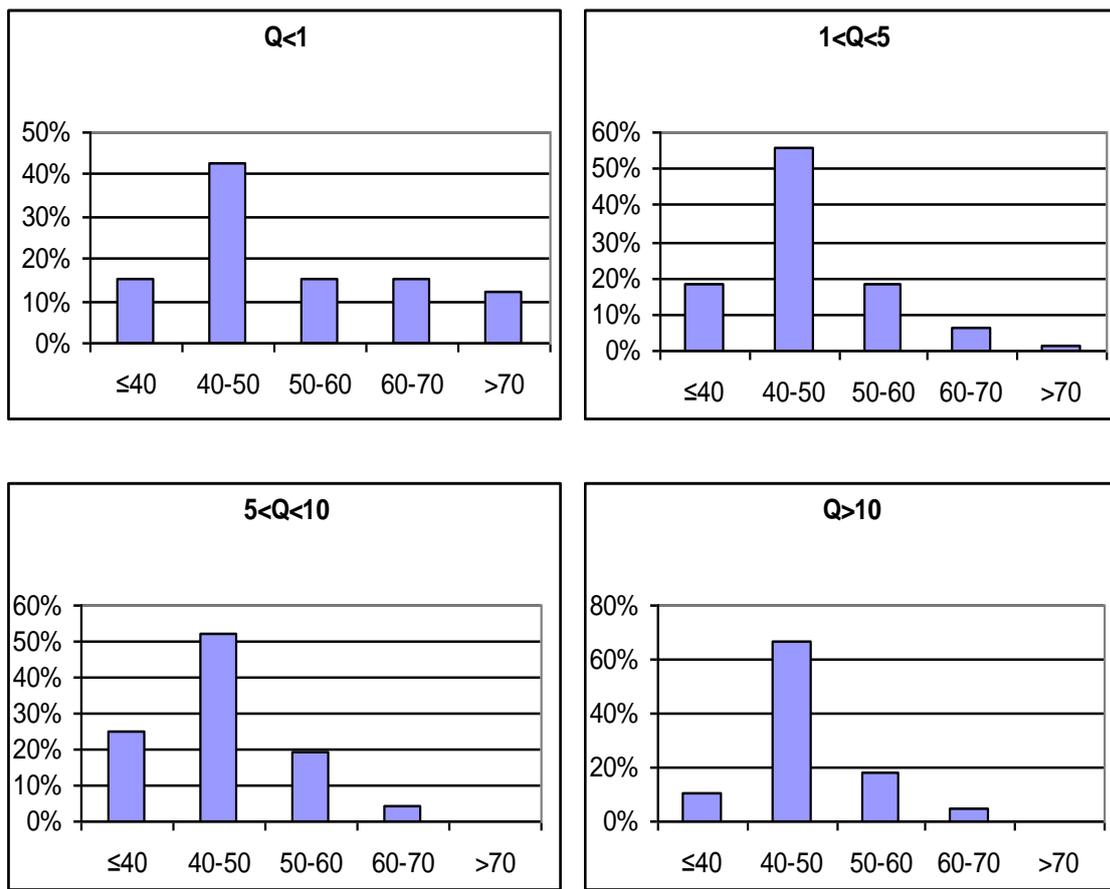


Figure 12: Graphe de répartition du débit par classes de profondeur

Au niveau du Zoundwéogo, les valeurs de profondeur des forages réalisés dans les granitoïdes vont de 35 à 93m. La moyenne de profondeurs est de 49m pour un écart-type de 9m.

Le tableau 12 après regroupement des forages suivant l'importance de leur débit et de leur profondeur permet de constater, des faibles débits aux débits très élevés, que la gamme 40-50m de profondeur est la plus productive. On y dénombre en effet 42% des forages à débits faibles ($Q < 1 \text{ m}^3/\text{h}$), 56% des débits moyens ($1 < Q < 5 \text{ m}^3/\text{h}$), 52% des débits élevés ($5 < Q < 10 \text{ m}^3/\text{h}$) et 67% des débits très élevés. Elle constitue aussi la classe qui mobilise à elle seule plus de la moitié des forages positifs recensés au Zoundwéogo dans les granitoïdes.

A l'inverse, la classe des profondeurs supérieures à 70m, elle représente la gamme la moins productive, enregistrant les plus faibles pourcentages de débits (12% des faibles débits et 2% des débits moyens). Les valeurs des tranches de débits supérieures à $5 \text{ m}^3/\text{h}$ étant nulles.

Pour l'ensemble des résultats, on observe une baisse progressive de la productivité avec la profondeur, baisse constatée après les 50m de foration. Toute chose que traduit mieux l'évolution du débit moyen en fonction de la profondeur.

On peut en effet remarquer une relation positive entre l'augmentation du débit avec la profondeur avant les 50m; relation qui s'inverse ensuite au-delà de ce seuil des 50m de profondeur.

Profondeur Totale (m)	≤40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70- +
Débit (m^3/h)	3.95	4.44	6.11	4.89	4.12	3.85	2.16	1.41

Tableau 13: Débit moyen en fonction de la profondeur

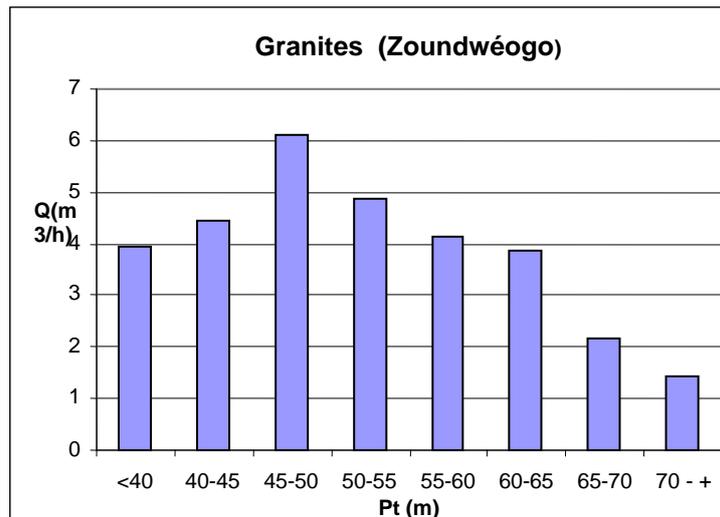


Figure 13: Graphique associé

b- Pour le Sanmatenga

Au niveau du Sanmatenga, les forages creusés dans le socle granitique ont des profondeurs beaucoup plus importantes que celles recensées dans le Zoundwéogo. En effet, ces profondeurs oscillent entre 40 et 125m avec des moyennes de 58m et des écarts type de 11m.

Ici, c'est la gamme de profondeur comprise entre 50 et 60m qui s'affirme comme la plus productive quel que soit la tranche de débit concernée avec 36% des statistiques. Elle est suivit de la classe de profondeurs comprises entre 60-70m qui totalisent 26% du pourcentage des forages positifs. Il demeure néanmoins que les gammes de profondeurs inférieures à 40m et supérieures à 80m soit toujours les moins productives avec seulement 3 et 2% des forages positifs.

Débit \ Pt	≤40	40-50	50-60	60-70	70-80	>80
Q<1	4%	10%	37%	29%	17%	4%
1<Q<5	5%	21%	41%	26%	5%	2%
5<Q<10	0%	23%	31%	23%	23%	0%
Pourcentage	3%	18%	36%	26%	15%	2%

Tableau 14: Répartition des débits par classes de profondeur de forage (Sanmatenga)

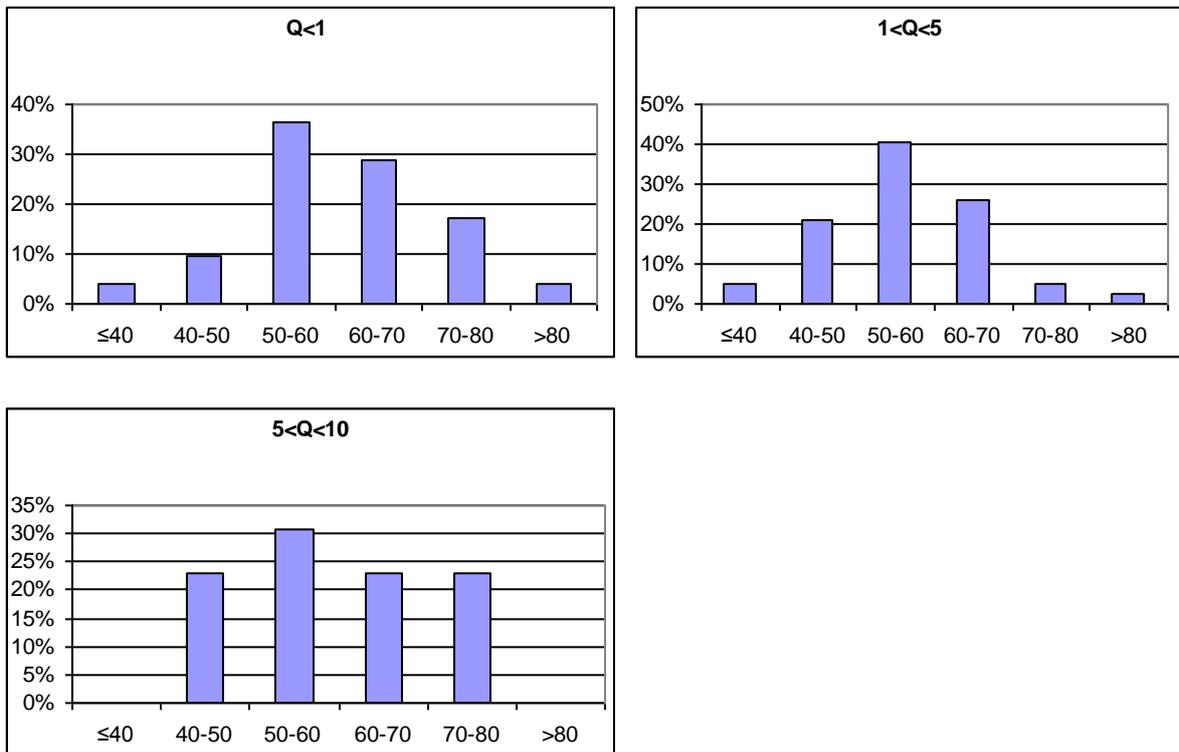


Figure 14: Graphe de répartition du débit par classes de profondeur de forage (Sanmatenga)

En terme d'évolution du débit, l'étude du moyen rencontré dans ces formations en fonction la profondeur totale des forages a donnée le tableau et la figure ci-dessous :

Profondeur totale (m)	≤ 40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70 - +
Débit (m ³ /h)	1.75	2.16	2.73	2.75	2.14	1.88	1.85	2.25

Tableau 15: Débit moyen en fonction de la profondeur

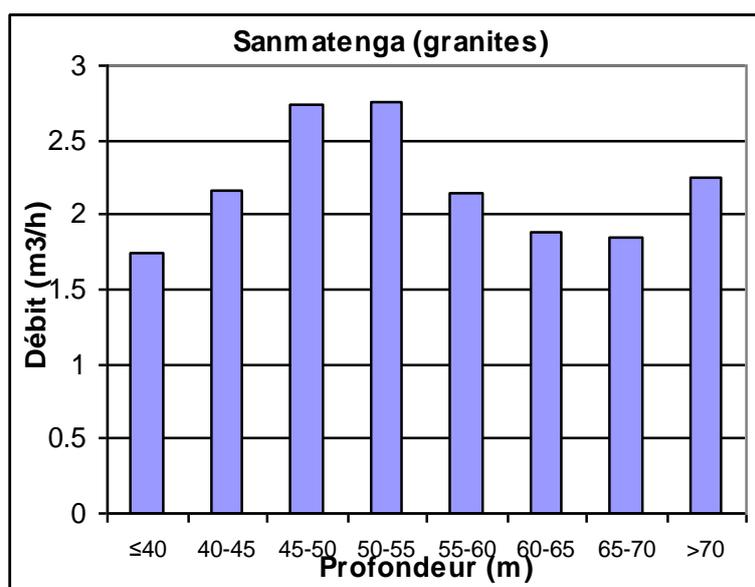


Figure 15: Graphique associé

Le constat qui ressort est que le débit moyen est croissant pour les profondeurs inférieures ou égales à 55m et décroissant au-delà; confirmant les résultats du tableau 14. Toutefois, pour les profondeurs de foration supérieures à 70m, on remarque une remontée de ce débit moyen indiquant l'existence possible de zones fracturées beaucoup plus profondes.

c- Conclusion partielle

L'analyse statistique des débits suivant la profondeur des forages dans les formations granitoïdiques du Zoundwéogo et du Sanmatenga a montré que le débit augmentait en général avec la profondeur durant les cinquante (50) premiers mètres de foration (pour le Zoundwéogo), cinquante-cinq (55) mètres pour le Sanmatenga. Il décroissait ensuite au-delà de ces valeurs de profondeurs indiquant sans doute la fermeture des fractures. Les classes de productivité maximales sont celles qui sont les plus proches, voire celles qui encadrent ces tranches de bonne productivité. Il s'agit :

- Pour le Zoundwéogo, de la classe de profondeurs comprises entre 40-50m qui enregistre 54% des débits recensés contre 18% pour la classe de pourcentage la plus proche.
- Pour le Sanmatenga, de la gamme 50-70m de profondeur qui retient 62% des statistiques, la tranche de profondeur comprise entre 40-50m et 70-80m présentant des néanmoins des pourcentages assez intéressants surtout pour des débits importants ($1 < Q < 5 \text{ m}^3/\text{h}$).

2- Dans les formations schisteuses et volcano-sédimentaires

a- Du Zoundwéogo

Au niveau du Zoundwéogo, les forages creusés dans les granitoïdes ont des profondeurs allant de 35 à 93m. La moyenne des profondeurs est de 49m pour un écart-type de 9m.

Le classement des débits par gammes de profondeur (tableau 16), situe la zone de productivité maximale dans la tranche de profondeurs de 40 à 50m. Cette tranche compte 100% des débits supérieurs à $1 \text{ m}^3/\text{h}$ avec : 67% des $Q > 10 \text{ m}^3/\text{h}$, 25% des Q compris entre 5 et $10 \text{ m}^3/\text{h}$ et 43% des Q compris entre 1 et $5 \text{ m}^3/\text{h}$. Les autres classes se partagent les mêmes effectifs (19%) sauf la classe des profondeurs supérieures à 70m qui retient moins de 10% des débits recensés. C'est par ailleurs la classe la moins productive en terme de débit.

Q \ Pt	≤ 40	40-50	50-60	60-70	>70
$Q \leq 1$	27%	0%	27%	46%	0%
$1 < Q \leq 5$	19%	43%	21%	11%	6%
$5 < Q \leq 10$	31%	25%	13%	18%	13%
$Q > 10$	0%	67%	17%	0%	16%

Pourcentage	19%	34%	19%	19%	9%
-------------	-----	-----	-----	-----	----

Tableau 16: Répartition des débits par classes de profondeur de forage (Zoundwéogo)

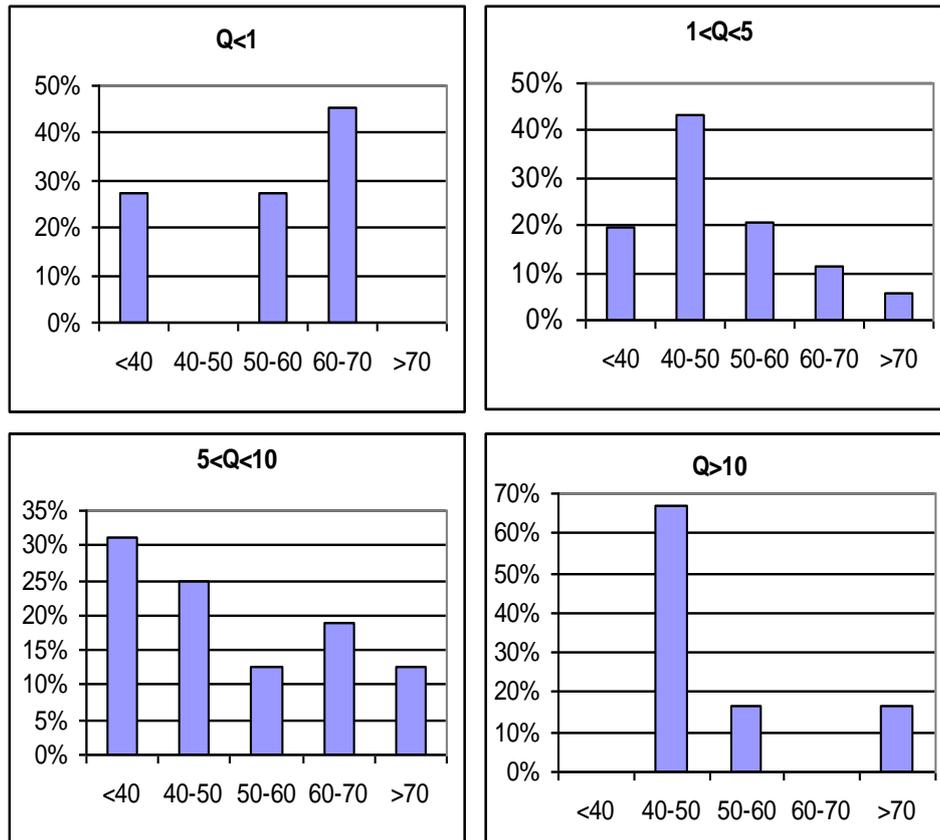


Figure 16: Graphe de répartition du débit par classes de profondeur de forage (Zoundwéogo)

Il faut aussi noter qu'aucune autre observation régulière et générale, épousant l'ensemble des classes n'a pu être dégagée ; les débits évoluant en dents de scie surtout pour le graphe d'évolution du débit moyen en fonction de la profondeur.

Pour ce dernier en effet, il apparaît que des gammes de profondeur jugées d'assez faible productivité se révèlent néanmoins assez intéressantes pour la recherche d'un débit moyen supérieur ou égal à 3m³/h. Il s'agit des gammes de profondeurs comprises entre 55-60m et celles supérieures à 70m qui respectivement, enregistrent des pics à 3.7 et 3.9m³/h.

Profondeur (m)	≤40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	>70
Débit moyen(m ³ /h)	3.1	5.2	3.3	2.4	3.7	1.8	3.0	3.9

Tableau 17: Débit moyen en fonction de la profondeur

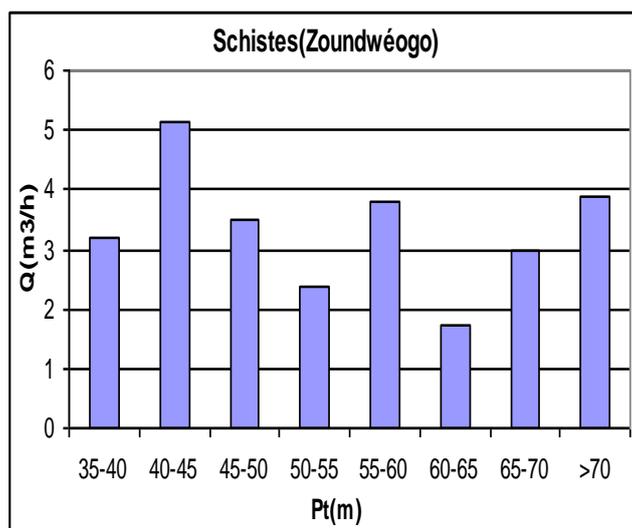


Figure 17: Graphique associé

b- Du Sanmatenga

C'est dans ces unités volcano-sédimentaires et schisteuses du Sanmatenga, que l'on rencontre les plus grandes profondeurs de forages induites par de fortes épaisseurs d'altération. La moyenne des profondeurs dans ces formations est de 60m pour un écart type de 14m.

La répartition des débits sur l'ensemble des forages (tableau et figure 18) montre que la zone de productivité maximale se situe dans la tranche de profondeurs inférieures à 70m avec un pourcentage élevé de forages positifs (79%). Il reste encore 21% du pourcentage total au-delà de ces 70m constitué en majorité de forages à faible débit ($Q \leq 1$) soit respectivement 40 et 25% pour les gammes de profondeur de 70-80m et supérieures à 80m).

Q \ Pt	≤50	50-60	60-70	70-80	>80
Q<1	0%	30%	5%	40%	25%
1<Q<5	22%	26%	36%	9%	7%
5<Q<10	48%	30%	9%	13%	0%
Q>10	31%	46%	23%	0%	0%

Pourcentage	24%	30%	25%	14%	7%
-------------	-----	-----	-----	-----	----

Tableau 18: Répartition des débits par classes de profondeur de forage (Sanmatenga)

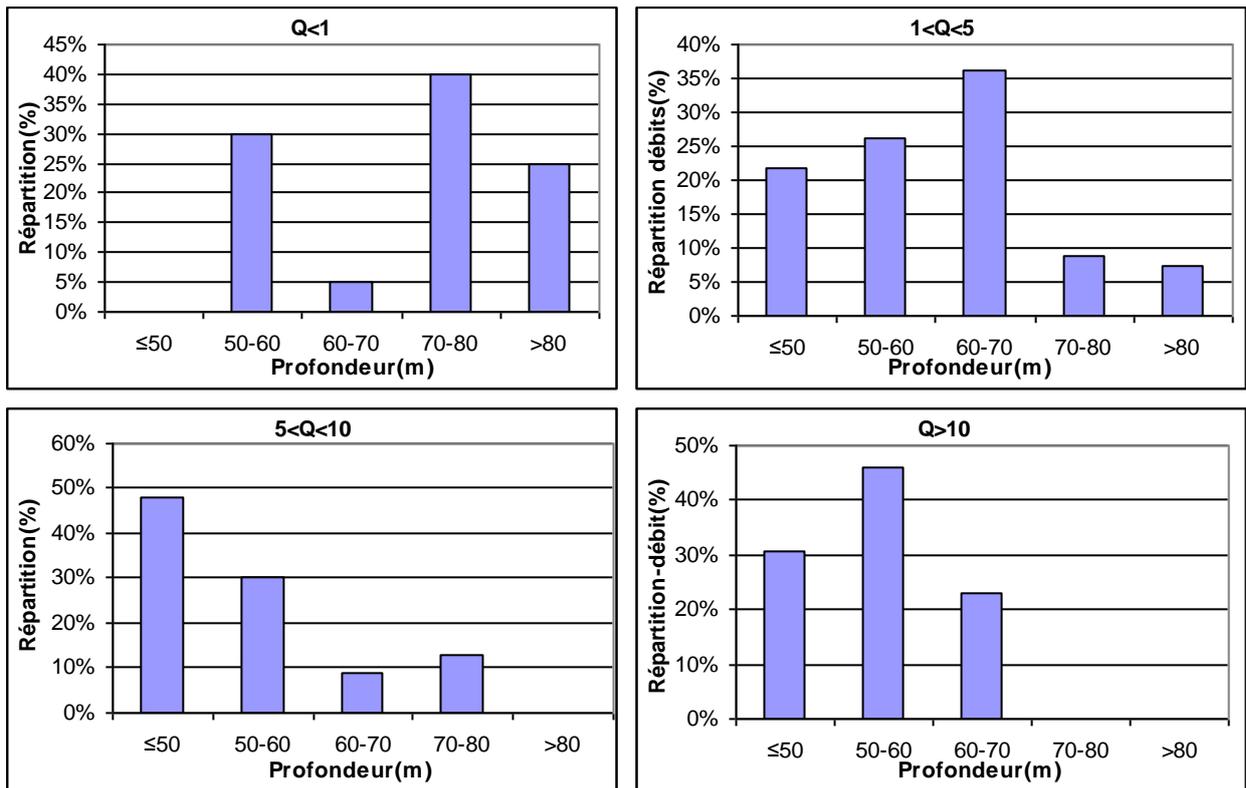


Figure 18: Graphe de répartition du débit par classes de profondeur de forage (Sanmatenga)

Le débit moyen en fonction de la profondeur indique quant à lui une relation positive entre le débit et la profondeur entre 35-50m ; et une relation négative au-delà avec toute fois des débits moyens intéressants supérieurs à 3.5m³/h jusqu'à 75m.

Profondeur Totale (m)	≤40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70- 75	>75
Débit (m ³ /h)	3.9	5.3	5.8	4.6	4.8	3.8	3.7	3.6	1.28

Tableau 19: Débit moyen en fonction de la profondeur

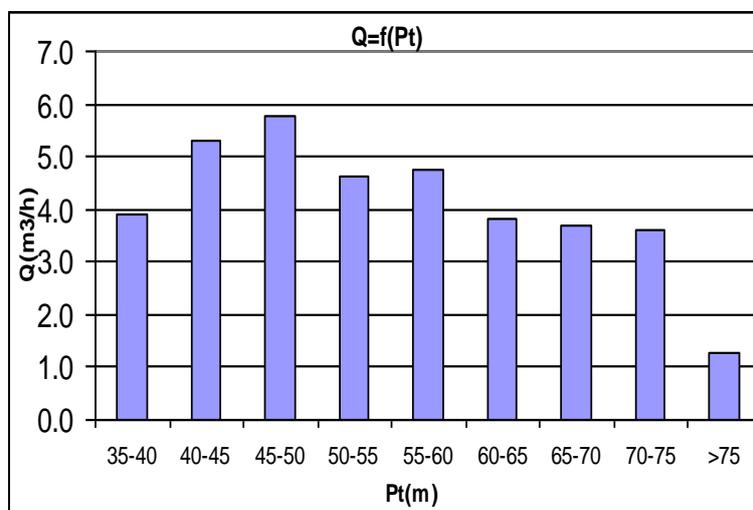


Figure 19: Graphique associé

c- Conclusion partielle

Pour le volcano-sédimentaire et schisteux du Zoundwéogo, l'analyse statistique du débit en fonction de la profondeur met en évidence la même zone de productivité maximale dans la tranche des 40 à 50 m de profondeur comme dans les granitoïdes. C'est une classe de profondeur qui n'enregistre pas ou très peu de débits inférieurs à $1\text{m}^3/\text{h}$ et qui compte 67% de débits exceptionnels ($Q > 10\text{m}^3/\text{h}$) contre 43% et 25% de débits moyens ($1 < Q < 5\text{m}^3/\text{h}$) et importants ($5 < Q < 10\text{m}^3/\text{h}$).

Par contre Sanmatenga, les statistiques situent la zone de productivité maximale de façon large entre les tranches de profondeurs inférieures à 70m avec des pourcentages de débits variant dans un même ordre de grandeur de 24, 30 et 25%.

Conclusion générale

La présente étude a permis de montrer qu'un paramètre tel que l'altération peut avoir une influence sur la productivité des ouvrages en milieu de socle. Sa prise en compte peut aider à guider le choix des implantations des sites lors des campagnes géophysiques autant dans le Sanmatenga que le Zoundwéogo.

L'analyse des différents graphes a permis de montrer que dans les formations cristallines et cristallophylliennes du Zoundwéogo et du Sanmatenga, les profondeurs de forages les plus productives se situent respectivement entre 40-50m pour l'un et entre 40-70m pour l'autre.

Mais il faut noter qu'une étude de la productivité des ouvrages de captage ne devrait pas se limiter au débit et prendre en compte la population, le niveau statique, la vitesse de remontée de l'eau dans l'ouvrage en pompage.

Annexes

Annexe 1 : Quelques forages du PDL /Z

Annexe 2 : Forages PLAN/Burkina

Annexe 1 : Quelques forages du PDL /Z

Localisation									Géologie
Département	Village	Coordonnées géographiques		Statut forage		Profondeur totale (m)	Epaisseur d'altération (m)	Débit(m3/h)	1
		Longitude	Latitude	positif	négatif				
BERE	Boulghin	N11° 47' 03.7"	W01° 08' 40.8"	1	0	49	12.61	36	G
	Boulghin	N11° 45' 17.2"	W01° 08' 38"	1	0	42	23.78	3.6	G
	Bounoumtoré	N11° 52' 55.1"	W01° 09' 52"	1	0	41	9.41	1.8	G
	Konweemlounga	N11°51' 5.1"	W01° 08' 20"	1	0	45	31	5.4	SCHISTES
	Luilil Nobéré	N11° 54' 09.6"	W01° 09' 18"	0	1	66	3	0.1	G
	Luilil Nobéré	?	?	0	1	48	17	0	G
	Luilil Nobéré	?	?	0	1	74	33	0.4	G
	Luilil Nobéré	?	?	1	0	48	4	0.5	G
	Koulwoko	N11°58' 48.6"	W00° 57' 26.4"	1	0	53	8	1.3	G
	Mazoara	N11° 57' 41"	W01° 04' 18"	1	0	49	6	4.5	SCHISTES
BERE	Mazoara	N11°57'41,5"	W01° 03' 18.2"	1	0	47	12	4.5	G
	Mazoara	N11° 59' 53"	W01° 03' 22.1"	0	1	64	3	0	G
	Mazoara	?	?	1	0	43	3	0.5	G
	Sondré	N11° 49' 35.4"	W01° 03' 54"	1	0	46	11	4	G
	Sondré	N11° 51' 26.4"	W01° 02' 56.4"	1	0	59	10	4.5	G
BERE	Yargo	N11° 48' 58.2"	W01° 08' 51"	1	0	42	8	3.6	G
BINDE	Dayasmnoré	N11° 42' 10.6"	W01° 02' 15.6"	1	0	55	15	2.4	G
	Dayasmnoré	N11° 41' 52.4"	W01° 02' 19.4"	1	0	49	11	0.545	G
	Dayasmnoré	?	?	0	1	69	13	0	G
	Dayasnééré	N11° 41' 28.3"	W01° 02' 25.6"	1	0	47	19	4.5	G
	Guénin	N11° 42' 24.2"	W01° 04' 39.4"	1	0	49	21	12	G
	Kaïbo	N11° 45' 06.3"	W00° 59' 44.5"	1	0	43	19	2.4	G
	Kaïbo	N11° 45' 40.4"	W01° 00' 24.3"	1	0	43	12	12	G
	Kaïbo	N11° 45' 13.4"	W01° 00' 07.9"	1	0	43	18	0.85	G
	Kaïbo	?	?	1	0	43	12	3	G
	Kaïbo sud	N11° 44' 01.9"	W00° 59' 04.4"	0	1	71	14	0	G

BINDE	Kaïbo sud	?	?	1	0	53	13	3.272	G
	Kaïbo sud	N11° 44' 10.2"	W00° 56' 12.6"	1	0	49	22	4	G
	Kaïbo sud	N11° 43' 44.1"	W00° 56' 09.2"	1	0	49	15	8	SCHISTES
	Kaïbo sud	N11° 42' 13.4"	W00° 55' 01.6"	1	0	49	21	6	G
	Kazanga	N11° 44' 33.1"	W01° 01' 41.6"	1	0	52	17	5.2	G
	Koankin	N11° 43' 28.3"	W01° 05' 25.1"	1	0	68	15	7.2	G
	Konékongo	N11° 47' 24.7"	W01° 05' 01.7"	1	0	49	25	1	G
	Ouda	?	?	1	0	49	7	2	G
	Sinikiéré	N11° 47' 18.0"	W00° 56' 49.6"	1	0	55	6	2.25	G
	Sondré Est	N11° 53' 14.5"	W00° 59' 12.9"	0	1	70	28	0	G
	Sondré Est	N11° 53' 14.5"	W00° 59' 12.9"	1	0	64	16	3.5	G
	Sondré Est	N11° 54' 129.6"	W00° 55' 34"	0	1	71	28	0	G
	Sondré Est	?	?	0	1	71	14	0	G
	Sondré Est	?	?	0	1	67	9	0	G
	Sondré Est	N11° 53' 13.3"	W00° 58' 49.2"	0	1	71	11	0	G
	Sondré Est	?	?	0	1	69	9	0	G
	Sondré Est	?	?	0	1	70	7	0	G
	Sondré Est	N11° 53' 13.3"	W00° 58' 49.2"	0	1	71	15	0	G
	Sondré Est	?	?	0	1	74	7	0	G
	Sondré Est	?	?	0	1	64	3	0	G
	Tambaogo	N11° 42' 08.7"	W00° 55' 12.2"	1	0	47	15	4.5	G
	Tigré	N11° 49' 22"	W00° 52' 01.8"	0	1	62	18	0	G
	Tigré	?	?	0	1	67	9	0	G
Tigré	?	?	1	0	58	8	0.72	G	
Tigré	N11° 50' 04.2"	W00° 53' 07.5"	0	1	76	1	0	G	
Tigré	N11° 50' 23.2"	W00° 53' 04.9"	0	1	61	16	0	G	
Tigré	N11° 51' 24.1"	W00° 53' 59.3"	1	0	49	6	1.2	SCHISTES	
BINDE	Toéryoko	N11° 46' 28.2"	W01° 00' 59.8"	1	0	49	13	3	SCHISTES
GOGO	Ganwoko	?	?	1	0	55	37	2.4	G
	Basbedo	?	?	1	0	43	22	12	G
	Gogo	?	?	0	1	71	12	0	G
	Gogo	?	?	1	0	49	9	0.7	G
	Kondré	?	?	1	0	55	15	0.8	G
	Manga Est	?	?	1	0	49	30	4	G

GOGO	MEV2	?	?	1	0	62	14	3.6	G
	MEV4	?	?	1	0	43	10	3	G
	Mouzi	?	?	1	0	43	5	2.5	G
	Mouzi	?	?	0	1	61	9	0	G
	Mouzi	?	?	1	0	55	11	10	G
	Nagrigré	N11° 36' 12.6"	W00° 49' 40.1"	1	0	47	18	0.9	G
	Norghin	N11° 36' 47.8"	W00° 52' 47.8"	1	0	67	24	2	G
	Pagomtoécé	?	?	1	0	49	7	1.44	G
	Thiougou	?	?	1	0	58	3	1.125	G
	Zaptenga	?	?	0	1	71	7	0	G
	Zaptenga	?	?	0	1	80	7	0.29	G
	Zaptenga	?	?	1	0	76	6	0.5	G
	Zirbaré	N11° 31' 16.7"	W00° 57' 49"	0	1	76	13	0.5	G
GOMBOUSSOUGOU	Boèbango	N11° 25' 38.4"	W00° 39' 25.9"	1	0	49	19	7	G
	Boèbango	N11° 27' 12.8"	W00° 38' 58.3"	1	0	47	6	12	G
	Gombobourfou	N11° 38' 59.3"	W01° 13' 37.3"	1	0	55	18	0.8	G
GOMBOUSSOUGOU	Gomboussougou	N11° 26' 11"	W00° 45' 17.1"	0	1	76	13	0	G
	Goyenga	?	?	0	1	80	9	0	G
	Dassanga	?	?	0	1	71	4	0	G
	Dassanga	?	?	0	1	80	3	0	G
	Dassanga	?	?	1	0	58	4	0.5	G
	Kipala de Dassanga	N11° 24' 52.4"	W00° 39' 54"	0	1	76	2	0	G
	Korguéréya	N11° 23' 31.6"	W00° 40' 06.3"	1	0	46	23	3	G
	Léoupo	?	?	1	0	49	28	2.5	G
	Mounibaongo	?	?	1	0	49	7	5	G
	GOMBOUSSOUGOU	Nombira	?	?	0	1	71	15	0
Nombira		?	?	1	0	61	12	0.65	G
Taya		N11° 26' 29.6"	W00° 47' 53.3"	0	1	71	10	0	G
Yalga		?	?	0	1	71	6	0	G
Yalga		?	?	1	0	49	20	9	G
Yalga		?	?	1	0	55	37	3.27	G
Yambassé		?	?	1	0	62	26	12	G
GOMBOUSSOUGOU	Zourma kita	N11° 23' 32.1"	W00° 47' 49.3"	0	1	81	13	0.3	G

GUIBA	Guéri-Goghin	N11° 47' 39.4"	W01° 12' 27.7"	1	0	59	39	4	G
	Imasgo	N11° 43' 52.1"	W01° 10' 59.0"	1	0	46	21	15.126	G
	Imasgo	N11° 43' 16.9"	W01° 10' 43.0"	1	0	52	30	2	G
MANGA	Basgana	?	?	1	0	43	20	2.5	G
	Basgana	?	?	1	0	43	26	1.6	G
	Basgana	?	?	1	0	49	19	7.2	G
	Gago	N11° 40' 10.5"	W01° 03' 14.8"	1	0	53	19	9	G
	Gastoèga	N11° 39' 21.1"	W01° 00' 36.1"	1	0	47	6	12	G
	Kassougou	N11° 38' 09.4"	W01° 04' 32.4"	0	1	61	2	0	G
	Kassougou	?	?	1	0	36	2	8.2	G
	Kassougou	?	?	1	0	43	4	1.2	?
	Kelsyéélé	N11° 39' 51.4"	W01° 05' 42.1"	1	0	47	6	4.5	G
	Koulpeuloghin	N11° 41' 26.1"	W01° 04' 19.0"	1	0	47	3	9	G
	Larga	N11° 39' 55.4"	W01° 07' 30.0"	1	0	50	24	1.5	G
	Larga	N11° 38' 56"	W01° 06' 40.1"	1	0	43	15	0.585	Schistes
	Louré	N11° 38' 16.5"	W01° 02' 47.4"	1	0	47	9	6	G
	Louré	N11° 38' 41.4"	W01° 03' 24.0"	1	0	46	19	1	G
	Mokin	?	?	1	0	46	17	6.5	G
	Mokin	N11° 36' 50.3"	W01° 01' 02.3"	0	1	73	8	0	G
	Mokin	N11° 36' 43.4"	W01° 01' 09.8"	1	0	68	19	0.5	
	Sakuilga	?	?	1	0	43	23	12	G
	Sena	N11° 38' 55.0"	W01° 05' 23.7"	1	0	50	10	9	G
	Tintenga	?	?	1	0	43	9	1.2	G
Zamsé	N11° 42' 24.0"	W01° 42' 24.0"	1	0	52	21	1.5	G	
Zigla	N 11° 39' 11.9"	W 01° 01' 57.4"	1	0	49	20	5	G	
NOBERE	Barsé	N11° 36' 57.3"	W01° 15' 49.1"	1	0	29	24	3	G
	Barsé	N11° 36' 57"	W01° 16' 07.1"	1	0				
	Barsé	N11° 35' 40"	W01° 17' 17.2"	0	1	60	2	0	G
	Bion	N11° 38' 57.7"	W01° 13' 39.7"	0	1	62	17	0	G
	Bion	?	?	1	0	38	11	8.4	G
	Bisboumbou	N11° 40' 24.2"	W01° 15' 53.4"	1	0	33	2	0.972	G
	Nioryida	N11° 45' 35"	W01° 14' 55"	1	0	55	25	2.7	G
	Pissy	N11° 36' 41"	W01° 12' 57"	0	1	67	1	0	G

Pissy	N11° 36' 40.4"	W01° 12' 54.1"	1	0	40	9	1.44	G
Pissy	N11° 36' 25.4"	W01° 12' 45.1"	0	1	62	14	0	G
Pissy	?	?	0	1	55	10	0	G
Zagablé	N11° 46' 16"	W01° 13' 11"	1	0	47	28	3.4	G
Sarogo	N11° 40' 58.5"	W01° 13' 57"	0	1	67	13	0	G
Sarogo	?	?	0	1	67	16	0.22	G
Sarogo	?	?	0	1	70	10	0	G

Annexe 2 : forages PLAN/Burkina

Département	Village	Quartier	Alt	Prof	Débit	Longitude	Latitude
Barsalogho	Yantenga	Ecole	14.57	79.05	0.705	13° 27' 30"	00° 54' 17"
Barsalogho	Somyalka		26.62	62.05	1.5	13° 19' 43"	01° 09' 55"
Barsalogho	Bangmiougou		17.76	55.06	3	13° 30' 45"	01° 14' 43"
Barsalogho	Soudougou		22.95	64.16	2.57	13° 20' 41"	01° 06' 54"
Barsalogho	Biguellé				0		
Barsalogho	Biguellé				0		
Boussouma	Kamdaogo- Nionongo				0	12° 56' 56"	00° 53' 53"
Boussouma	Gofila		22.05	49.49	1.8	12° 59' 16"	00° 08' 59"
Boussouma	Nasséré		7.75	57.03	0.7		
Boussouma	Sidogo				0		
Boussouma	Guilla		8.3	49.46	7.2	12° 55' 03"	01° 01' 54"
Boussouma	Nesemtenga		40.38	62.84	2.4	12° 59' 54"	01° 00' 17"
Boussouma	Sidogo		17.15	69	1.16	12° 52' 31"	01° 02' 31"
Dablo	Loada				0	13° 43' 30"	01° 17' 24"
Dablo	Loada		25.46	58.44	1.714		
Dablo	Guelkoto	Ecole	22.16	51.05	1.94	13° 42' 53"	01° 14' 12"
Dablo	Perko		16.31	53.37	7.2	13° 40' 23"	01° 14' 53"
Dablo	Kougpéla		33.13	55.02	5.14	13° 42' 04"	01° 12' 53"
Dablo	Zambila				0		
Dablo	Zambila		33.11	61.06	1.161	13° 36' 20.6"	01° 11' 19"
Dablo	Daké		32.12	58.18	1.44	13° 04' 43"	01° 43' 01"
Dablo	Doffi		42.33	64.07	1.028	13° 34' 49"	01° 10' 09"
Kaya	Dahisma		21.09	52.05	1.08	13° 02' 43"	01° 01' 06"
Kaya	Nongfairé mossi		31.68	62.99	0.75	13° 11' 27"	01° 03' 50"
Kaya	Koutoula		8.7	46.34	5.142	13° 09' 17"	01° 08' 20"
Kaya	Foulloré yarcé		36.23	49.44	7.659	13° 10' 06"	01° 06' 07"
Kaya	Tangasgo		22.68	49.49	4.5	13° 08' 49"	01° 03' 54"
Kaya	Nasséré		20	80	0.8	13° 03' 03"	01° 03' 35"
Kaya	Roumtenga				0		
Kaya	Roumtenga				0		

Kaya	Damane	Nab Wedg sake	36.8	85.19	0.972	13° 08' 46"	01° 05' 08"
Kaya	Sanrogo				0		
Kaya	Kalambaogo	CSPS	12.77	73.2	7.2	13° 11' 50"	01° 02' 25"
Korsimoro	Dollé		12.83	79.44	0.705	12° 57' 15"	01° 17' 36"
Korsimoro	Tansablogo		9.13	44.94	3.13		
Korsimoro	Kiribaka		36.1	61.28	2.4	12° 43' 08"	01° 00' 58"
Mané	Banguessom		18.13	53.94	1.44	13° 02' 21"	01° 22' 53"
Mané	Abra		41.5	71.94	2.769	13° 05' 36"	01° 20' 58"
Mané	Zincko		44.78	71.79	1.636	13° 04' 40"	01° 18' 48"
Namissiguima	Kogolbaraogo		54.51	78.93	1.058	13° 34' 11"	01° 19' 39"
Namissiguima	Tamisin				0		
Pensa	Nayi Peulh		27.46	52.06	2.4	13° 42' 15"	00° 52' 45"
Pensa	Raogo		39.83	64.1	1.894	13° 56' 31"	00° 40' 50"
Pensa	Bouli		25.91	61	4	13° 38' 03"	00° 48' 45"
Pensa	Pensa-Natenga		17.23	55.06	1.33	13° 38' 32"	00° 48' 28"
Pensa	Zinebéogo		21.17	55	14.4	13° 50' 54"	00° 44' 38"
Pensa	Pensa-Natenga	CEG	15.14	61.07	1	13° 38' 03"	00° 48' 45"
Pensa	Doro	Watinoma	24.07	52.05	13.84	13° 37' 50"	00° 51' 42"
Pensa	Yalgo				0		
Pibaoré	Nabdogo	Narotin	15.79	66.7	1.44	12° 46' 36"	00° 50' 14"
Pibaoré	Tanyoko				0		
Pibaoré	Tanyoko		32.32	73.35	9	12° 46' 30"	00° 42' 30"
Pibaoré	Pibaoré	CEG	25.68	85.29	0.93	12° 54' 26"	00° 48' 24"
Pibaoré	Pibaoré	Gandi			0		
Pibaoré	Baolin				0		
Pibaoré	Gandi				0		
Pibaoré	Boalin				0		
Pissila	Daoga	Boinga			0	13° 16' 33"	00° 40' 30"
Pissila	Diassa				0	13° 00' 46"	00° 51' 47"
Pissila	Secteur4	Future école	28.08	55.79	7.2	13° 10' 05"	00° 48' 50"
Pissila	Nongtenga	Future école	21.3	43.3	1.5	13° 10' 01"	00° 56' 14"
Pissila	Wapassi	Ecole			0		
Ziga	Koura		24.51	64.19	1.63	12° 44' 09"	00° 51' 25"

Bibliographie :

- **A. BERNARDI et J. MOUTON**

Les recherches d'eau dans le socle africain- Apport de la géophysique
Bulletin du BRGM-Section III, n° 4, 1980-81

- **M. DETAY**

Analyse statistique des paramètres hydrogéologiques de la première campagne de forage dans le Sud-Ouest gabonais
Bulletin de liaison du BRGM, n°60, Avril 1985

- **A. MABILLOT**

Le forage d'eau