

第3章 水資源調査

3.1 水資源調査の方法

水資源調査は、図 3-1-1 に示す流れで実施した。本章においては既存資料の収集・整理結果から水資源ポテンシャル評価までについて記し、地下水シミュレーション（予測解析）については「第8章 三次元地下水モデルによる予測」に記す。

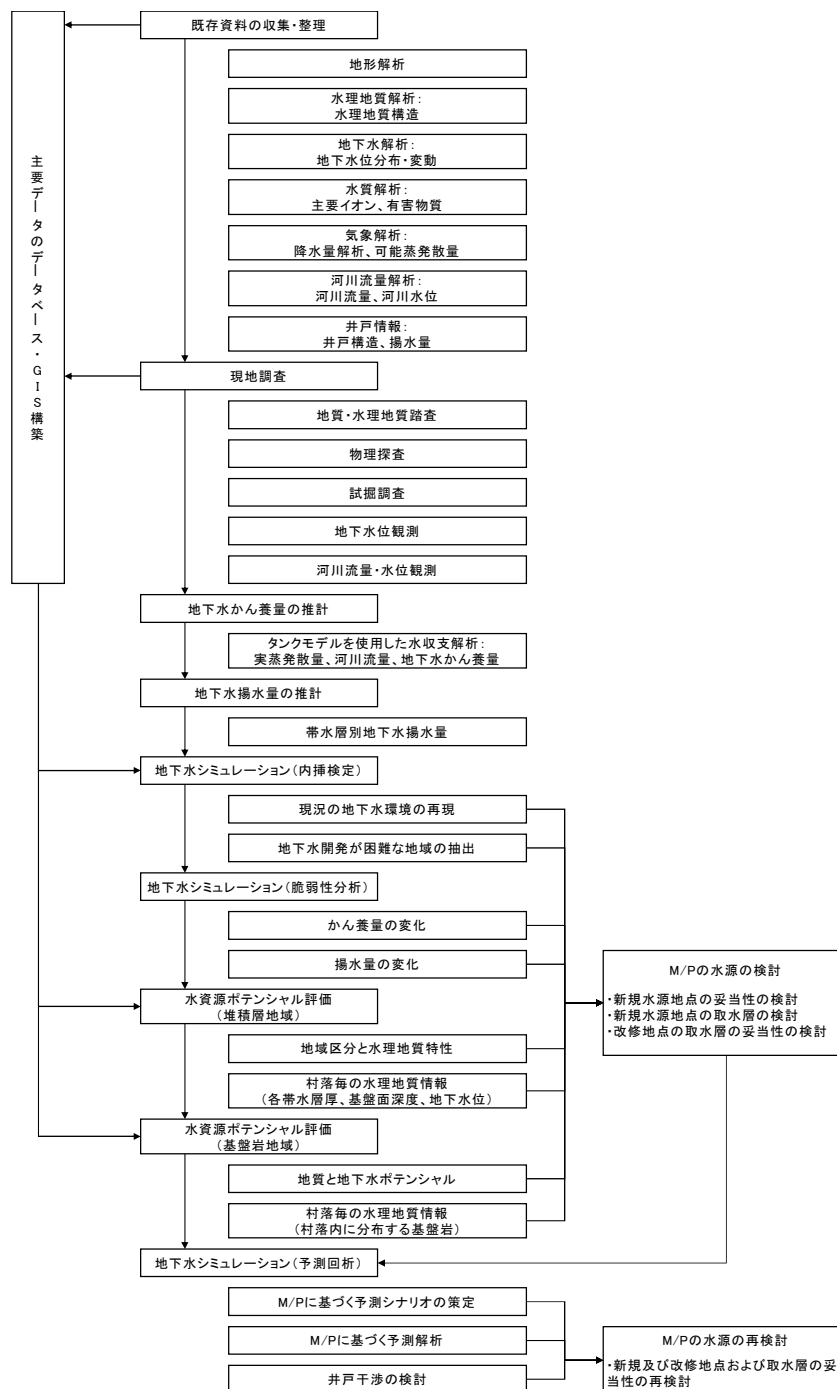


図 3-1-1 水資源調査の流れ

3.2 既存資料の収集・整理・解析

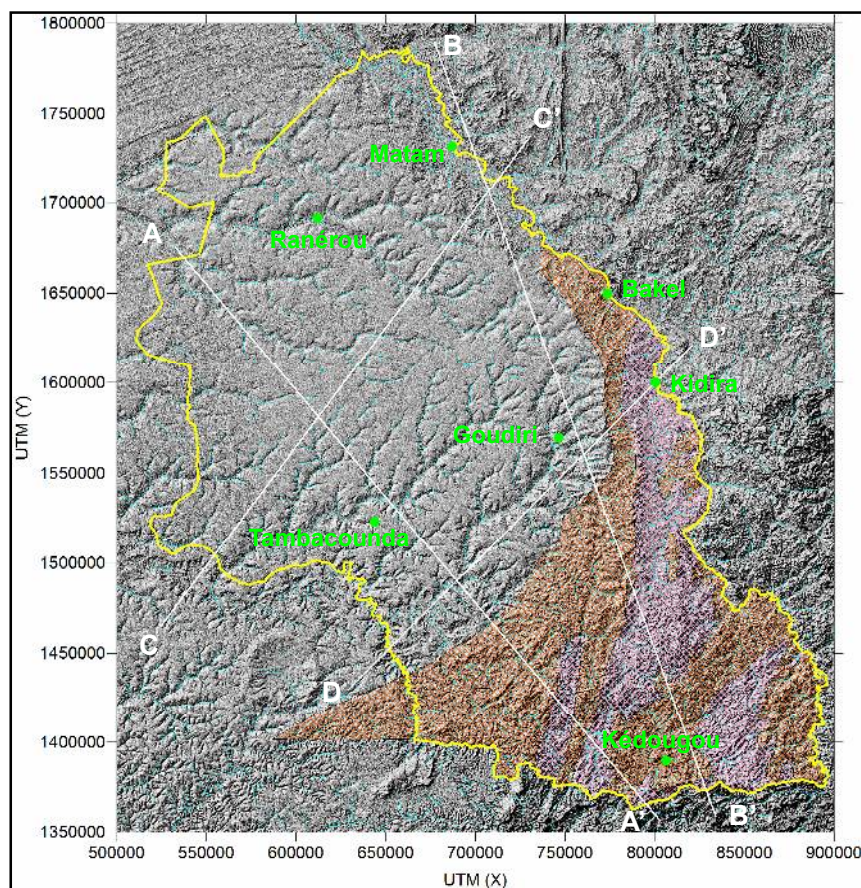
3.2.1 収集既存資料

本プロジェクトにおいて収集・整理・解析した主要なデータ・既存報告書等の項目は、以下に示すとおりである。具体的な資料名は、サポーターブック（第 5.1 節）に掲載する。

- ・ 地形、測量（標高データを含む）
- ・ 地質図、地質構造図、水理地質図、鉱山地質図
- ・ 地質、水理地質、地下水に関連する報告書（井戸掘削、モデリング、水質を含む）
- ・ 物理探査
- ・ GIS/データベース
- ・ 気象（日降水量、月平均気温）
- ・ 河川流量

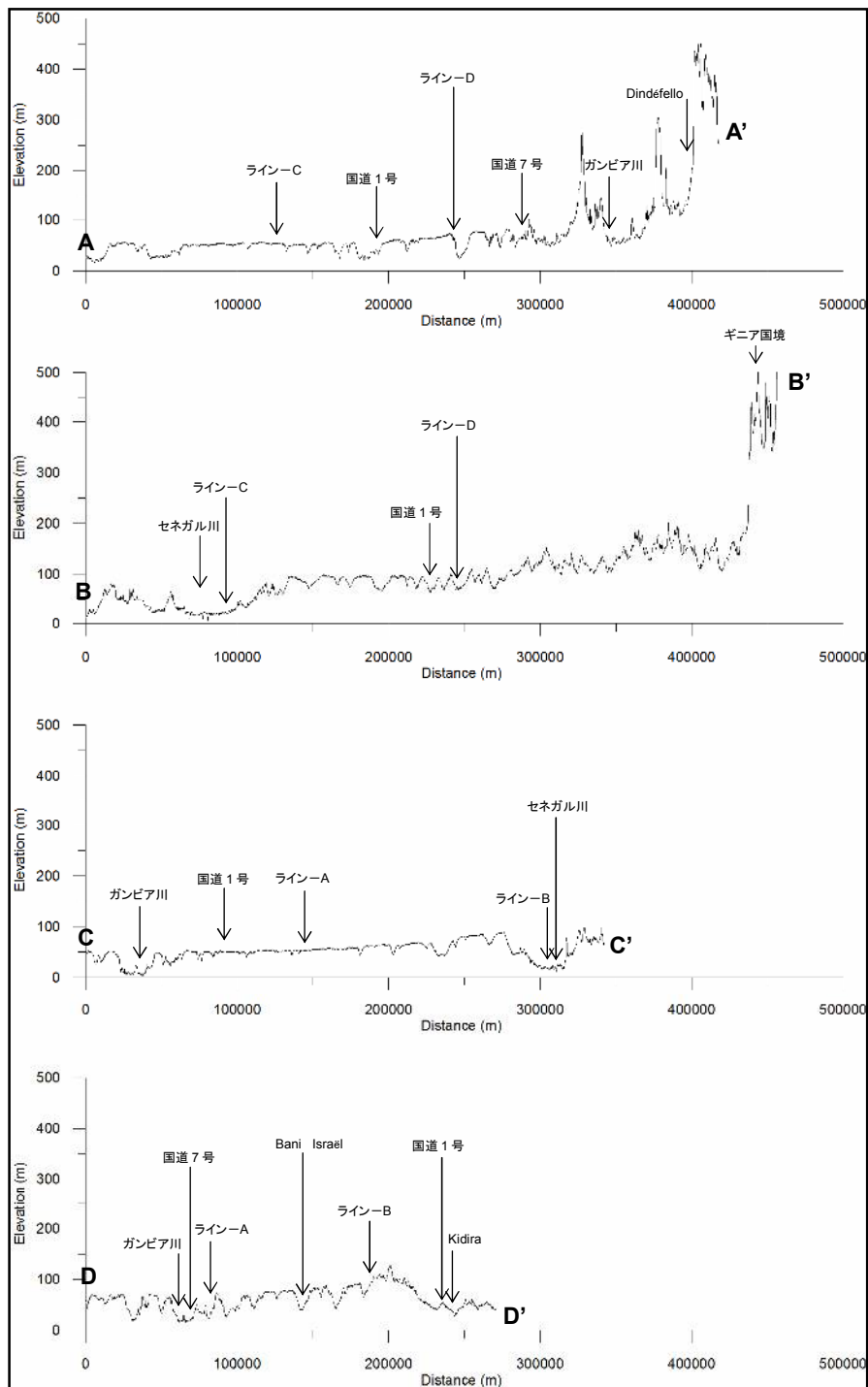
3.2.2 地形解析

SRTM-90 の数値標高データを基にして、調査対象地域の陰陽図（図 3-2-1、ピンク：花崗岩分布域、朱：カンブリア紀堆積岩・変成岩分布域）および地形断面図（図 3-2-2）を作成することにより、対象地域の広域的な地形特性を把握した。



（標高データ：SRTM-90）

図 3-2-1 調査地域の陰陽図



(断面線位置は図 3-2-1 に示す)

図 3-2-2 地形断面図

これらの図面より本プロジェクト地域の地形特性として、以下のことがあげられる。

- ・ ギニア国境付近の急峻な崖の存在
- ・ 玄武岩類分布域等の丘陵の存在
- ・ 南東方向から北西方向に向かう緩やかな傾斜
- ・ 上記の傾斜中に存在する低地の北西側が急で南東側が緩やかな傾向
- ・ セネガル河西岸の高まりと南西方向に向かう緩やかな傾斜

3.2.3 地質・水理地質解析

(1) 地質・水理地質概要

現在、「セ」国の地下水資源を説明する上で基本となっている調査は、DGPRE（実施コンサルタント：COWI）が2001年にまとめた調査報告書であり、以下の内容を含んでいる。

- ・ マーストリヒチアン層を中心とした「セ」国全体の水理地質状況のとりまとめと水理地質層序の確立
- ・ GPS 測量による井戸位置の把握と地下水位観測
- ・ 上記結果をもとにしたモデリングと地下水ポテンシャル解析

表 3-2-1 に、上記の調査で確立された水理地質層序を示す。また、本プロジェクトで編集した地質図を図 3-2-3 に示す。帯水層としては、下位より①Maastrichtien 帯水層（マーストリヒチアン帯水層、以下 Ma 層）、②Paléocène 帯水層（暁新統帯水層、以下 Pa 層）、③Eocene 帯水層（始新統帯水層、以下 Eo 層）、④Continental terminal / Oligo-Miocène 帯水層（コンチネンタルターミナル／漸中新統帯水層、以下 Co 層）、⑤Quaternaire 帯水層（第四系帯水層、以下 Q 層）、と 5 層の区分が可能である。以下に、これらの帯水層と基盤岩類の概要を記す。

1) 基盤岩類

本プロジェクト地域南部の基盤岩地域に分布する主要な岩石は、玄武岩類（玄武岩、ドレライト（粗粒玄武岩）、スピライトなど）、炭酸塩岩類（石灰岩、泥灰岩など）、花崗岩類（花崗岩、アブライトなど）、片岩類（緑色片岩、雲母片岩、角閃岩など）、珪岩類、砂質岩（砂岩、珪質片岩、グレイワッケなど）、等である。また、岩脈類として、ペグマタイトや石英脈等が、上記の岩石中に貫入している。

基盤岩地域の既存井戸は、①玄武岩類分布域、②断層周辺、③岩脈類分布域、④地層境界、等の破碎部にスクリーンを有するものが多い。

2) Maastrichtien 帯水層（Ma 層）

上部白亜系である Ma 層は、本プロジェクト地域に広く分布して、西側に向かい基底面深度が深くなる。本層は、砂岩、砂層、泥質砂層などの海成堆積物からなり、最下位に黒色粘土層が分布すると考えられている。また、上位の Pa 層との境界部にも黒色粘土層が分布することが多い。

概略の特徴として、マタム州では本層が主要な帯水層となり、タンバクンダ州では本層の分布深度が深いため上位の Co 層からの取水が不十分な地域・地点で本層までの開発が行われている。

3) Paléocène 帯水層（Pa 層）

暁新統である Pa 層は、白亜紀後の海進期の堆積物であり、炭酸塩岩類を主体とする。泥灰質な部分も広く分布して、泥質な層の透水性は低い。

良好な帯水層とは言えないため、本プロジェクト地域においては、本層にスクリーンを設置している井戸は数井しかない。

表 3-2-1 「セ」国の水理地質層序

| ERE | PERIODE GEOLOGIAUE | | | Regroupement Strati | Zond Nord | | Système Aquifère | Zond Sud | | |
|--------------------|--------------------|------------|------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
| | Syst. | Série | Etage | | Lithologie dominante | Aqui.. | | Lithologie dominante | Aqui.. | |
| TERTIAIRE | QUATERNAIRE | | | | Ensemble supérieur | Sables éoliens alluvions | Aauifère | "Complexe Terminal" | Sables marins et éoliens | Aauifère |
| | NEOGENE | PLIOCENE | "CONTINENTAL TERMINAM" | | | tufs volcaniques | Aquitard | | Sables ou grès argileux et argiles | Aauiard |
| | | MIOCENE | | | | Marno calcaire | Aquitard | | Sables avec bancs d'argile et calcaires | Aauifère |
| | | OLIGOCENE | | | | Marnes et agiles | Aquitard | | | |
| | PALEOGENE | EOCENE | moy | LUTETIEN SUP. | Calcaires marno-calcaires | Aquiclude | "Système Aquifère du Paléogène" | Calcaires karstifiés | Aauifère | |
| | | | | LUTETIEN INF. | Sables | Aauifère | | Marno calcaires passés sable | Aauiard | |
| | | | inf | YPRESIEN | Marnes et agiles | Aquiclude | | Sables calcaires coailliers ou karstifiés | Aauifère | |
| | | PALEOCENE | PALEOCENE sup. à moyen | | Marno-calcaires calcaires karstifiés marnes | Aauifère | | Sables calcaires argiles | Aauiard | |
| | | | DANIEN | | Marno calcaires | Aquitard | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | SECONDAIRE | CRETACE | CRETACES Supérieur | SENONIEN | MAASTRICHIEN | Sables grès, sables gréseux sables argileux | Aauifère | "Système Maastrichtien" | Sableux avec passées d'argile | Aauifère |
| | | | | | CAMPANIEN | Grès Sables argileux | Aauifère | | Sables argileux | Aauifère |
| SENONIEN INF | | | | | Sables argileux et argiles sableuses | Aquitard | Argile sableuse | | Aauiard | |
| TURONIEN | | | Argiles noires | Aquiclude | Argiles noires | Aquiclude | | | | |
| CRETACES moyen | | | CENOMANIEN | | Calcaires argiles sableuses | Aquiclude | Marno calcaire | | Aquiclude | |
| | | | ALBIEN | | Calcaire, marno calcaire sables argileux | | Marno-calcaires, argiles sableuses | | | |
| | | APTIEN | | Calcaire, marno calcaire argiles sableuses | Marno-calcaires, argiles sableuses | | | | | |
| CRETACES inférieur | | NEOCOMIEN | | Calcaire dolomitique | | | | | | |
| | | JURASSIQUE | | Calcaires, calcaires dolomitiques | Aquiclude | Calcaires et bancs de dolomie | Aquiclude | | | |
| TRIAS | | | | Couche salifère | Aquiclude | Couche salifère | Aquiclude | | | |
| PRIMAIRE | | | | -Socle- | Argiles siliceuses grès quarizites conglomérats | Aquiclude | Argiles siliceuses grès quarizites conglomérats | Aquiclude | | |
| SOCLE CRISTALLIN | | | | | Granites, diorites, roches métamorphiques | | Aquifère dans les zones superficielles fracturées et arénisées | | | |

(出典：COWI (September 2001)、帯水層・半透水層・難透水層の色区分は本件調査)

Legend

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|  | Main Cities (town) | | |
|  | Main Roads | | |
|  | Quaternary recent alluvia | | |
|  | Quaternary clayey sediments | | |
|  | Quaternary red dunes | | |
|  | Quaternary flood banks | | |
|  | Quaternary very fine sand | | |
|  | Quaternary limestone | | |
|  | Quaternary recent laterites or iron pan | | |
|  | Quaternary lower part, very clayey soil | | |
|  | Quaternary sand | | |
|  | Quaternary sandy clay | | |
|  | Continental Terminal |  | Cambrian quartzites |
|  | Quaternary – Eocene, marl limestone |  | Cambrian quartz rock |
|  | Eocene clay and fine sand |  | Cambrian quartzous and sandstone |
|  | Eocene conglomerate or sandstone |  | Cambrian rhyolite and delienites |
|  | Limestone, dolomite, shale |  | Cambrian sandstone |
|  | Quartz vein |  | Cambrian tuff |
|  | Cambrian Andesite |  | Cambrian tuff and agglomerates |
|  | Cambrian cipolins |  | Cambrian talus |
|  | Cambrian diabase |  | Precambrian amphibolites |
|  | Cambrian granite |  | Precambrian metamorphosed volcanic rock |
|  | Cambrian schist with epidote |  | Precambrian metamorphosed volcanic rock with basalt |
|  | Cambrian microgranite, aplite |  | Precambrian pelites |
|  | Cambrian microgranite, aplite, rhyolite |  | Precambrian schists |
|  | Cambrian metamorphous schistes |  | Precambrian tuff and radiolarites |

4) Eocene 帯水層 (Eo 層)

Eo 層は、Pa 層に続く始新世の海進期の堆積物と考えられており、本プロジェクト地域の北東部に露岩する。泥灰岩（土）や泥質層が卓越して、一部、石灰岩や石灰岩質砂層を挟在する。

この石灰岩や石灰岩質砂層が本層の帯水層となり、タンバクンダ州の中心部やマタム州の本層露出域に本層にスクリーンが設置された井戸が分布するが、宙水的な性格も持つため地下水開発のための主要な帯水層とはなり難い。

5) Continental terminal / Oligo-Miocène 帯水層 (Co 層)

本層は、一般に Continental terminal 層と呼称されるが、Oligo-Miocène 層と称されることもある。本層は泥質砂層から細粒砂層を主体として、石灰質な部分も挟在する。

本層は、タンバクンダ州南部に厚く分布しており、そこでは Ma 層の分布深度が深いこともあり、主要な帯水層として開発されている。一方、マタム州（特に東部地域）では本層が薄く、地下水開発のための帯水層としては適さない。

6) Quaternaire 帯水層 (Q 層)

本層は、貝殻を含む海成炭酸塩層や沖積堆積物、湖成堆積物、風性堆積物などから成る。本プロジェクト地域においては、セネガル川沿いの沖積層での地下水開発が一つの課題となっている。

(2) 水理地質構造

1) 地質断面図の作成

個々の井戸の掘削記録は、地質柱状図として整理するとともに（データブック参照）、以下のようにならにそれらな並べた断面図（図 3-2-4～図 3-2-8）を作成して水理地質構造の検討の基礎資料とした。

2) 帯水層の層厚分布および基底面深度分布

堆積層地域・基盤岩地域の両地域で約 400 本の井戸柱状図を整理した。特に堆積層地域の柱状図は層相に基づいて 1 本毎に帯水層境界を検討した後に、次頁以降のような層厚分布図（図 3-2-9）と基底面深度分布図（図 3-2-10）を作成して、シミュレーションモデルの入力データとするとともに、M/P の新規井戸の取水層検討の際の基礎資料とした。なお、全ての帯水層の層厚分布図と基底面深度分布図は、サポーティングブック（第 6.3.1 節）に掲載する。

3) 水理地質構造特性

本プロジェクト地域の水理地質構造の特徴として、以下の事が挙げられる。

- ① 基底面深度分布：基盤岩との境界付近で急激に深くなり、西方に向かって分布深度が深くなる。また、タンバクンダから西方地域では、緩やかな谷状の形態を有している。
- ② Ma 層分布深度：タンバクンダ東方から州南西部にかけて本層の分布深度が深くなる。特に東側は南北方向の境界で分布深度が急激に変化している。この境界の延長線上では、ガンビア川の流向が北から南になっており、下流側と直角に流向が変化している。断層や撓曲等の何らかの地質構造分布を示唆するものと考えられるが、本調査では詳細は明らかになっておらず、今後の調査が期待されている。
- ③ マタム州東部からグドイリ北方の地域：この地域は②で記した境界の東側に位置して、Co 層、Eo 層、Pa 層のいずれも層厚が薄い。これらの帯水層を対象とした地下水開発は難しく、Ma 層のみが帯水層となる地域である。

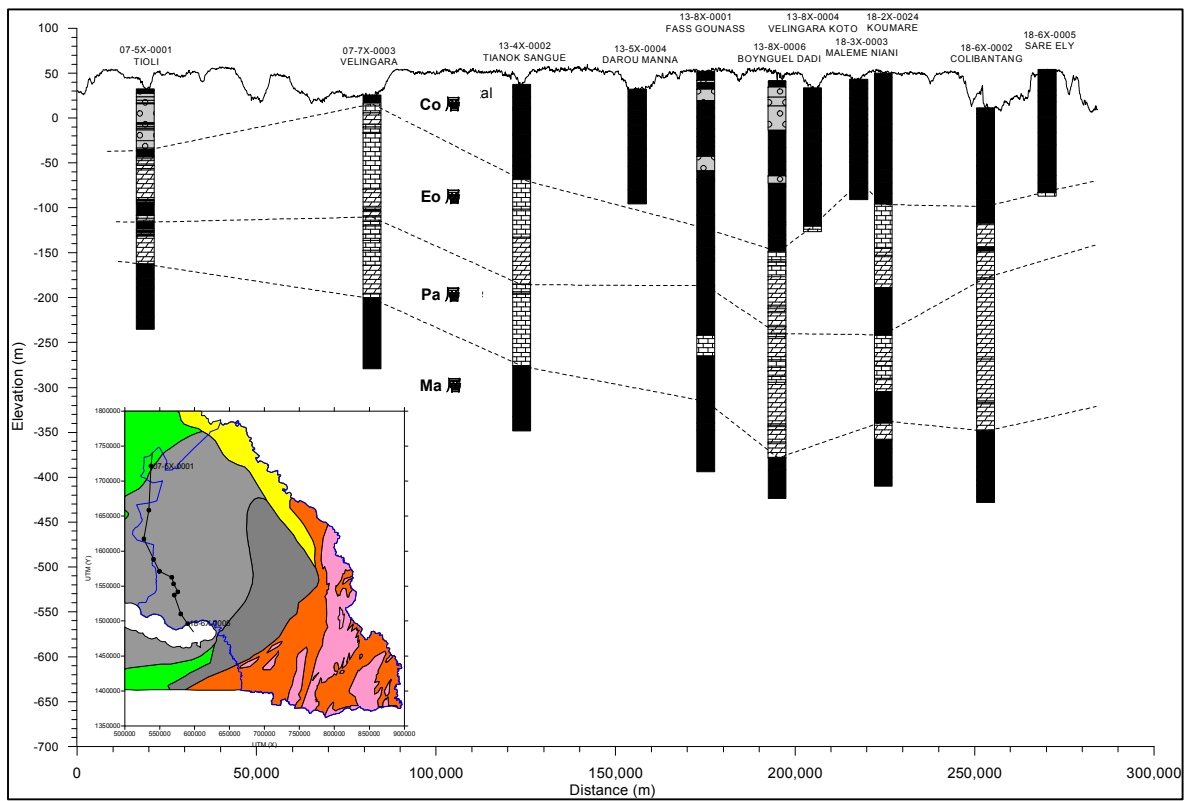


図 3-2-4 地質断面図(1)

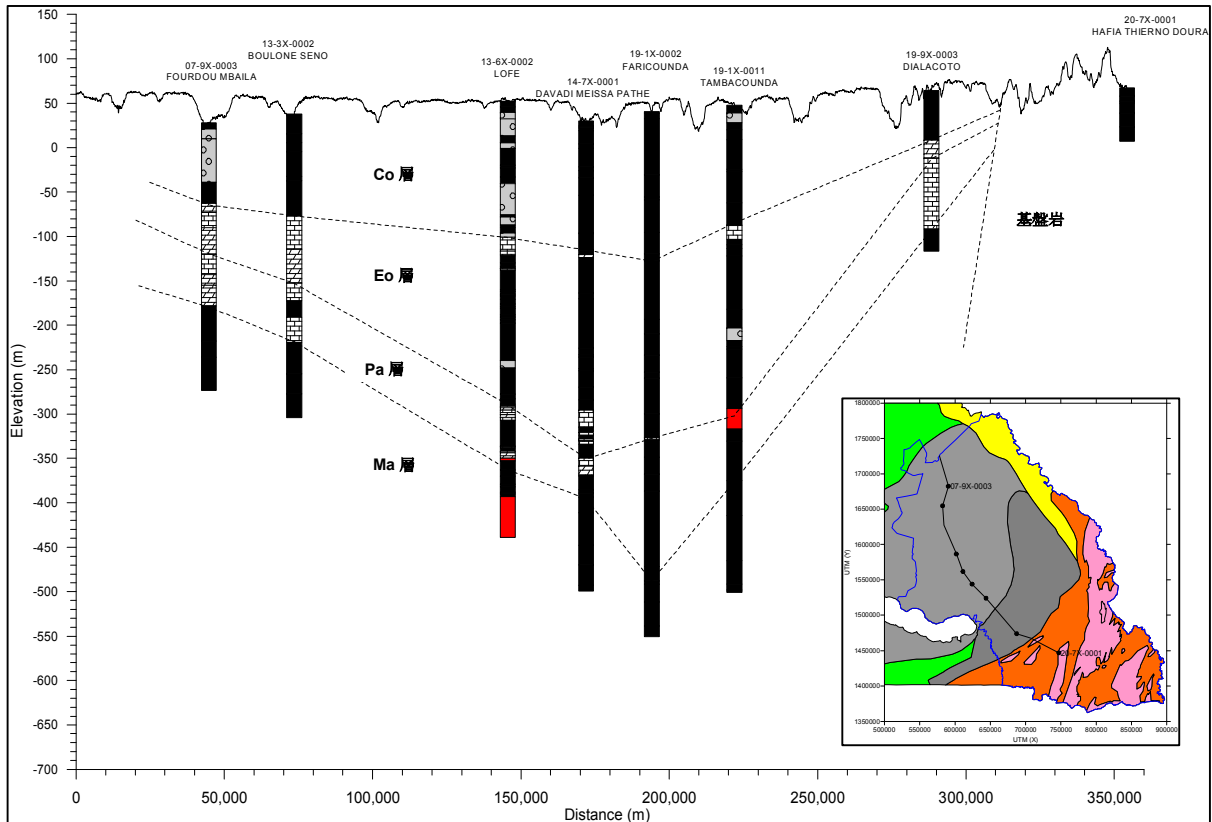


図 3-2-5 地質断面図(2)

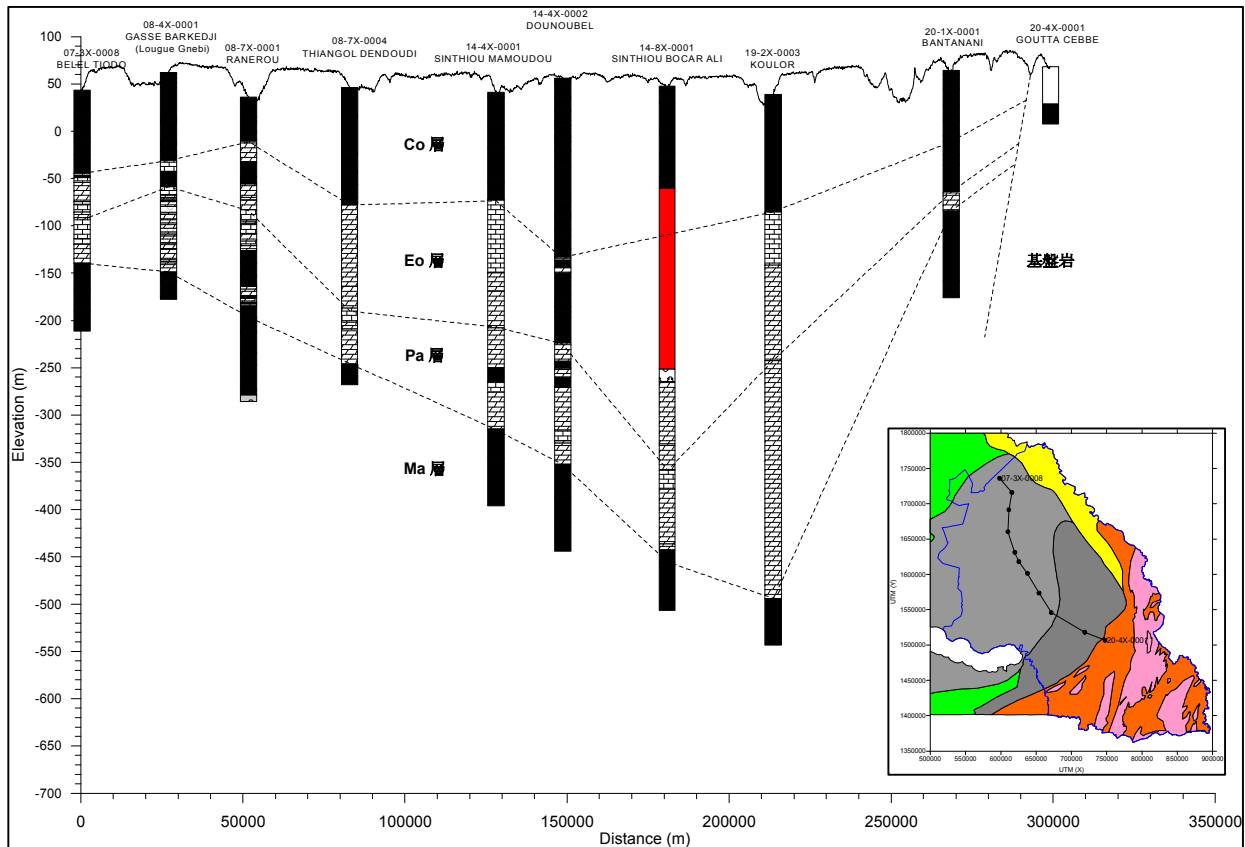


図 3-2-6 地質断面図(3)

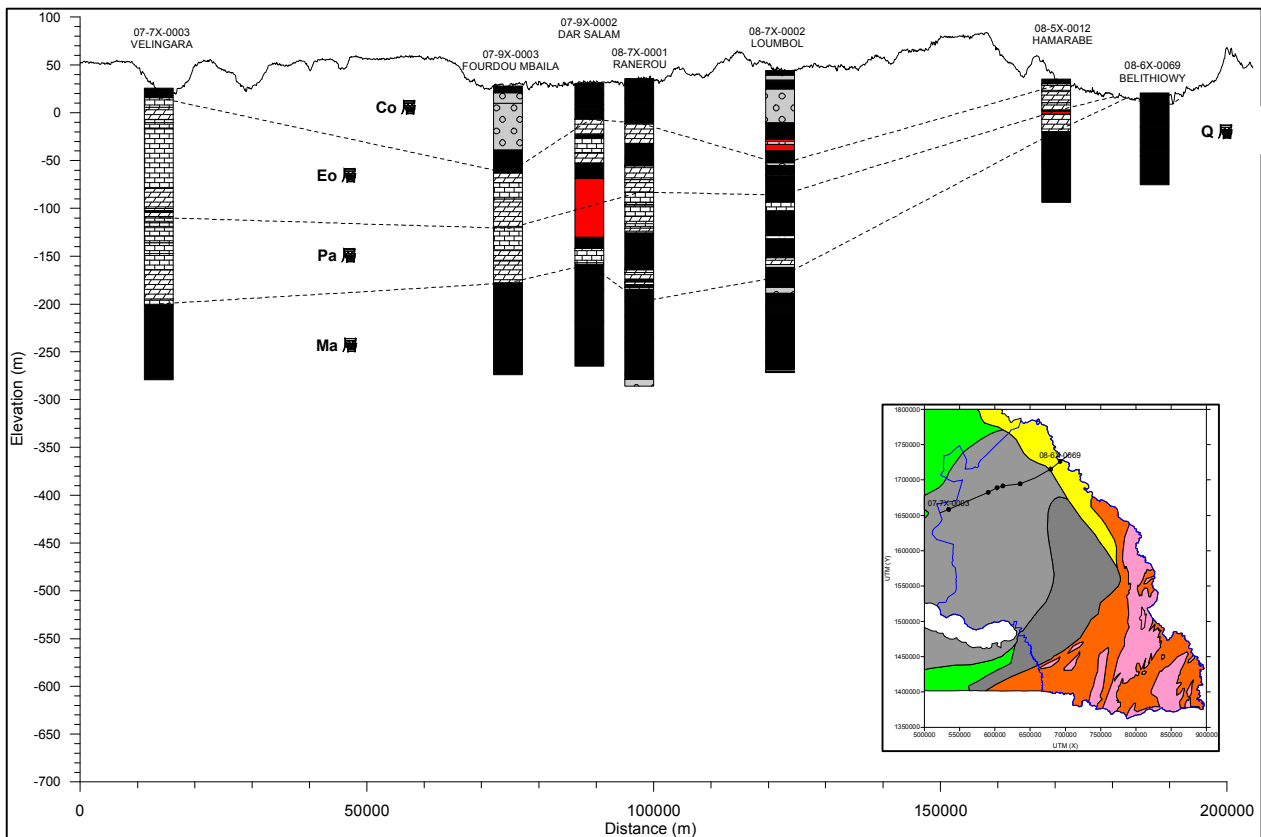


図 3-2-7 地質断面図(4)

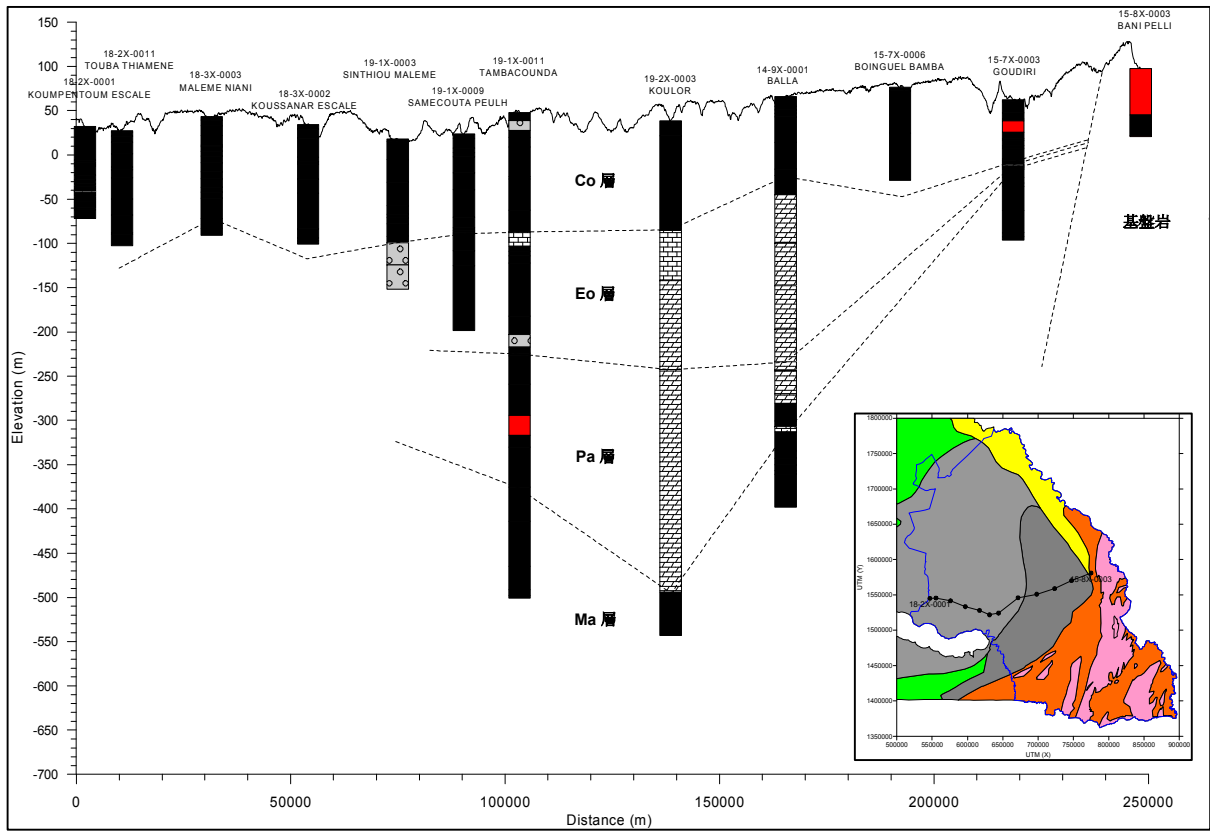
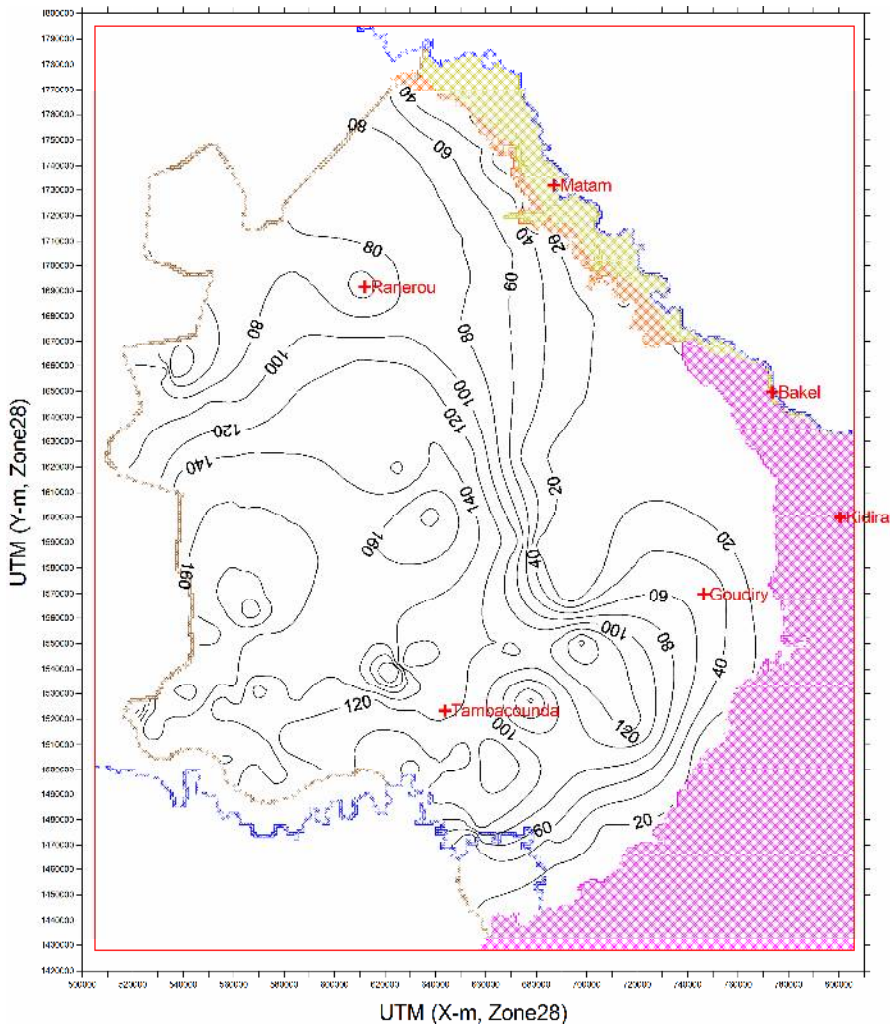
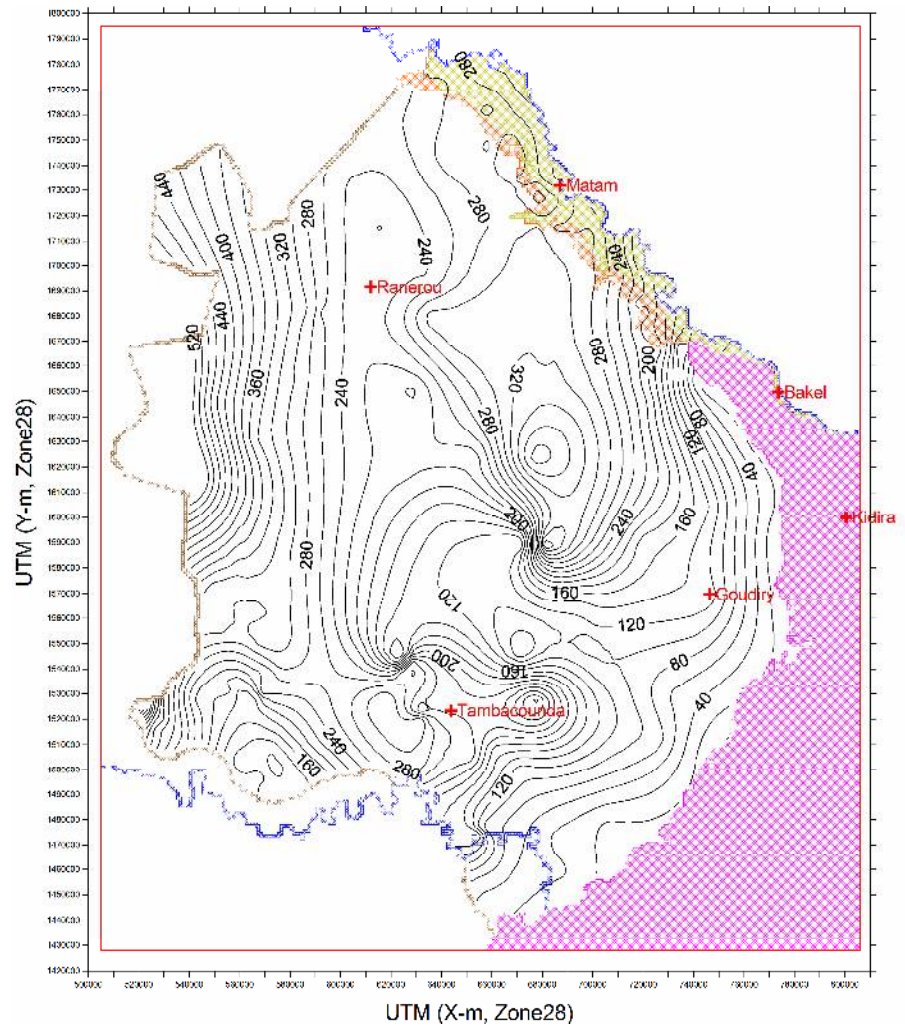


図 3-2-8 地質断面図(5)

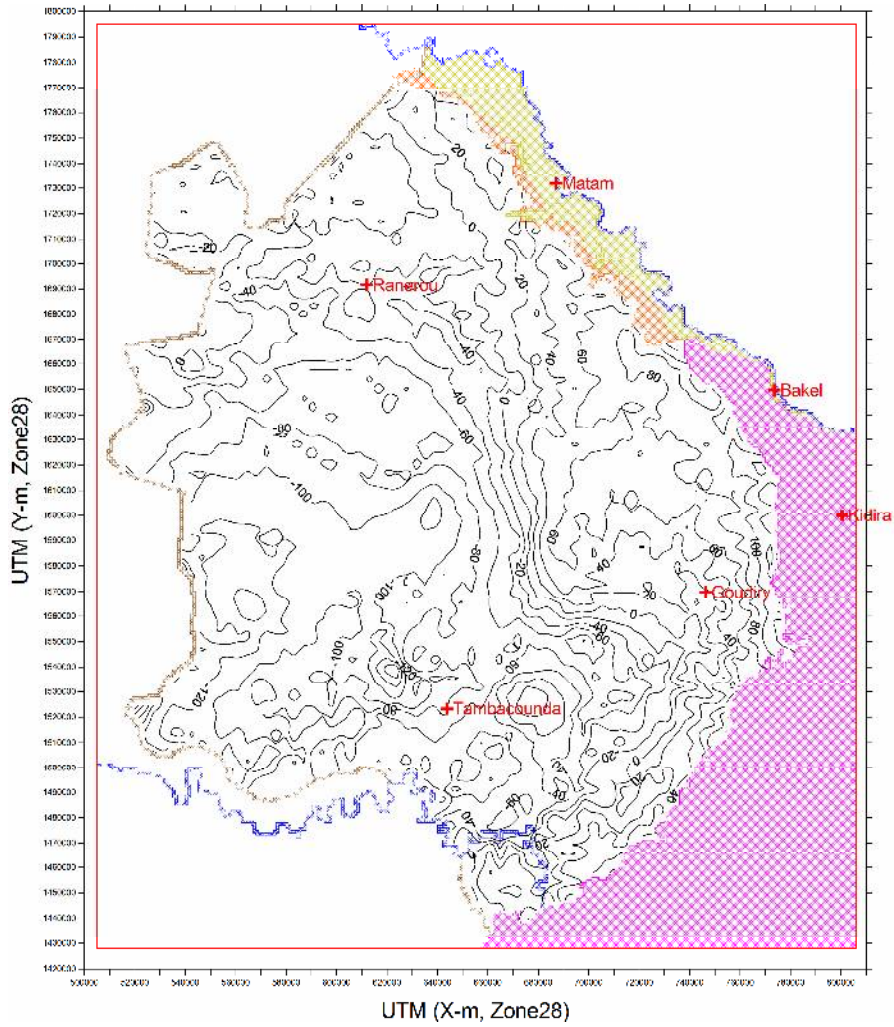


(Co層の層厚分布)

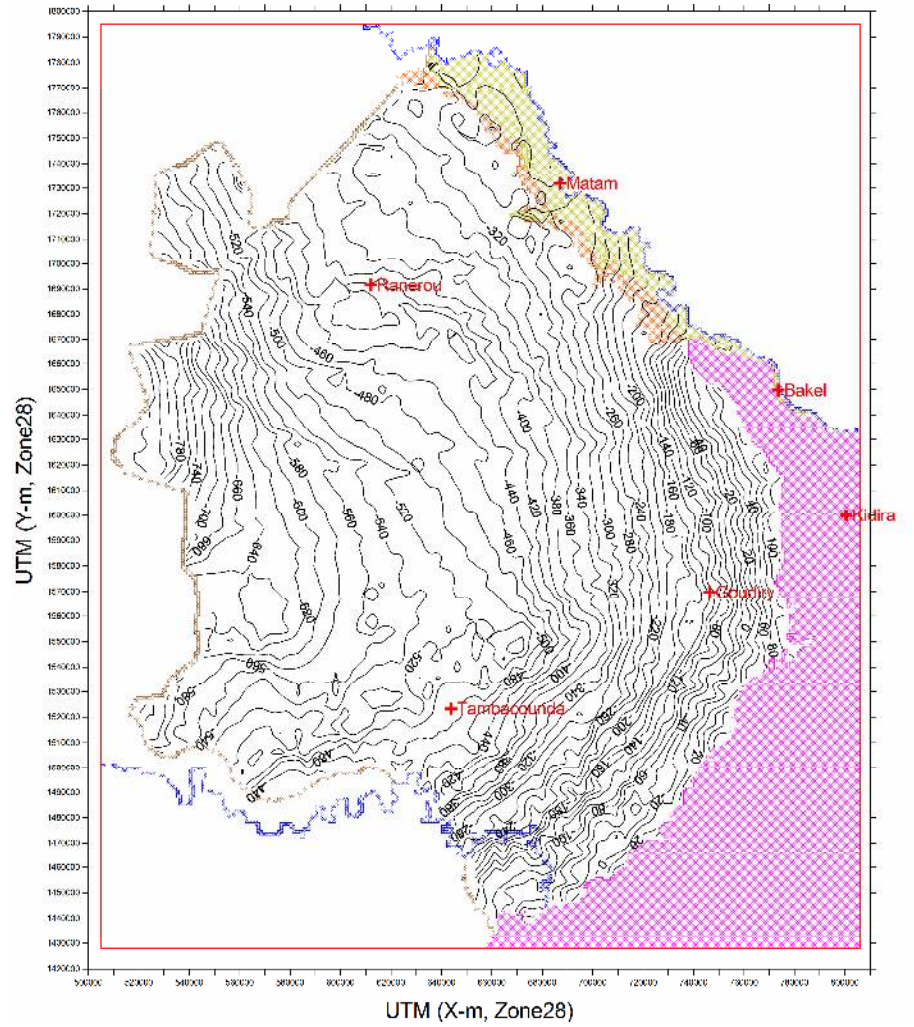


(Ma層の層厚分布)

図 3-2-9 層厚分布の例 (単位 : m)



(Co 層の基底面深度分布)



(Ma 層の基底面深度分布)

図 3-2-10 基底面深度分布の例 (単位: 標高 m)

3.2.4 地下水位および地下水流動

(1) 地下水位変動（DGPRE モニタリングデータの収集と整理）

1) 調査目的および調査方法

DGPRE は、1986 年から 1994 年にかけて、また、2004 年・2006 年・2007 年に雨期の前後を対象にして地下水位の観測を実施している。その対象地点（17 地点、表 3-2-2 参照）・観測頻度（年 2 回程度（乾季から雨季への移行期と雨季から乾季への移行期）、また、1986 年－1994 年、1998 年－1999 年、2001 年－2007 年に観測が実施されているが、全ての観測地点で観測されているわけではない、図 3-2-11 参照）は多いものではないが、本件調査地域内の地下水位観測記録は、掘削時の地下水位観測記録と「Etude hydrogéologique de la nappe profonde du Maastirichtien, Sénégal Rapport No.8, Rapport final (COWI, 2002)」中に収められている 1999 年の観測記録しかないため、同一地点の地下水位の変化を把握する上で、上記のデータは貴重である。

本項調査では、調査地点および地下水位の変動の取りまとめを行った。

2) 調査結果

DGPRE のモニタリング井の位置を図 3-2-11 に、井戸の諸元を表 3-2-2 にとりまとめる。また、各モニタリング井の地下水位の変動の状況を図 3-2-12 にまとめる。取りまとめ結果は、地下水流動シミュレーションを実施する際の検証データとして活用した。

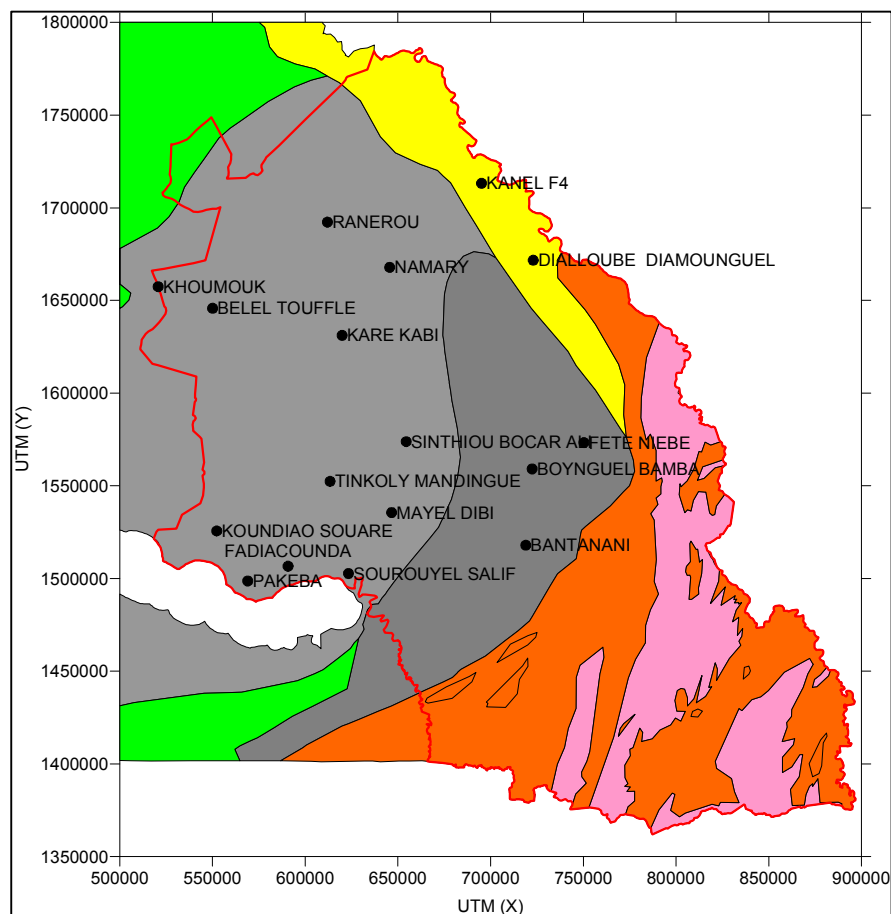


図 3-2-11 DGPRE モニタリング井位置図

表 3-2-2 DGPRES モニタリング井諸元

| No_IRH | 村落 | 経度 (°) | 緯度 (°) | UTM (X) | UTM (Y) | 帯水層 | 井戸のタイプ* | 基準点標高 (m) ** |
|------------|--------------------------|----------|---------|---------|-----------|------|---------|--------------|
| 20-1X-0001 | BANTANANI | -12,9750 | 13,7222 | 718 982 | 1 517 922 | Ma 層 | ボアホール | 56,88 |
| 13-2X-0002 | BELEL TOUFFLE | -14,5347 | 14,8856 | 550 050 | 1 645 725 | Ma 層 | ボアホール | 23,19 |
| 15-7X-0001 | BOYNGUEL BAMBA | -12,9400 | 14,0942 | 722 413 | 1 559 118 | Ma 層 | 観測井 | 52,07 |
| 09-7X-0016 | DIALLOUBE DIAMOUNGUEL | -12,9250 | 15,1111 | 723 005 | 1 671 667 | Ma 層 | ボアホール | 54,42 |
| 18-6X-0007 | FADIACOUNDA | -14,1611 | 13,6269 | 590 741 | 1 506 620 | Co 層 | ボアホール | 10,30 |
| 08-6X-0011 | KANEL F4 | -13,1811 | 15,4883 | 695 123 | 1 713 163 | Ma 層 | 観測井 | (25,62) |
| 14-1X-0002 | KARE KABI | -13,8861 | 14,7514 | 619 896 | 1 631 127 | Ma 層 | ボアホール | 53,46 |
| 13-1X-0005 | KHOUMOUK | -14,8075 | 14,9917 | 520 696 | 1 657 417 | Ma 層 | 複合井戸 | (49,48) |
| 18-2X-0009 | KOUNDIAO SQUARE | -14,5167 | 13,8000 | 552 237 | 1 525 660 | Ma 層 | 複合井戸 | 31,79 |
| 19-2X-0002 | MAYEL DIBI | -13,6431 | 13,8861 | 646 617 | 1 535 546 | Co 層 | ボアホール | 21,37 |
| 08-8X-0001 | NAMARY | -13,6456 | 15,0822 | 645 564 | 1 667 865 | Ma 層 | 複合井戸 | 39,62 |
| 18-5X-0004 | PAKEBA | -14,3625 | 13,5556 | 568 976 | 1 498 669 | Co 層 | ボアホール | 15,74 |
| 08-7X-0001 | RANEROU | -13,9569 | 15,3042 | 611 986 | 1 692 241 | Ma 層 | ボアホール | (40,74) |
| 14-8X-0001 | SINTHIOU BOCAR ALI | -13,5681 | 14,2319 | 654 490 | 1 573 848 | Ma 層 | ボアホール | 42,01 |
| 15-7X-0002 | FETE NIEBE | -12,6800 | 14,2200 | 750 359 | 1 573 303 | — | — | (71,59) |
| 19-4X-0006 | SOUROUYEL SALIF | -13,8600 | 13,5900 | 623 332 | 1 502 671 | Co 層 | 観測井 | (32,03) |
| 14-7X-0002 | TINKOLY MANDINGUE | -13,9500 | 14,0400 | 613 376 | 1 552 402 | Co 層 | — | (26,91) |

* : 複合井戸は上部が手掘り井戸で下部がボアホールになっている構造の井戸を示す。

** : 基準点標高の () は、SRTM-3 から推計した標高を記す。

(2) 地下水位分布

本プロジェクト地域には一斉測水に類する観測記録がない。また、現在、稼働中の井戸には縦軸ポンプが設置されている井戸も多く、新たに一斉測水を実施するのも難しい状況である。

このため、掘削時の静水位データを基に後述するシミュレーション解析の開始時（内挿検定の前）に長期非定常計算（準定常計算）を行い、地下水位分布を把握した（図 3-2-13）。この結果は、地下水シミュレーションの初期水位として入力した。なお、全ての帯水層の計算地下水位分布図は、サポーティングブック（第 6.3.1 節）に掲載する。

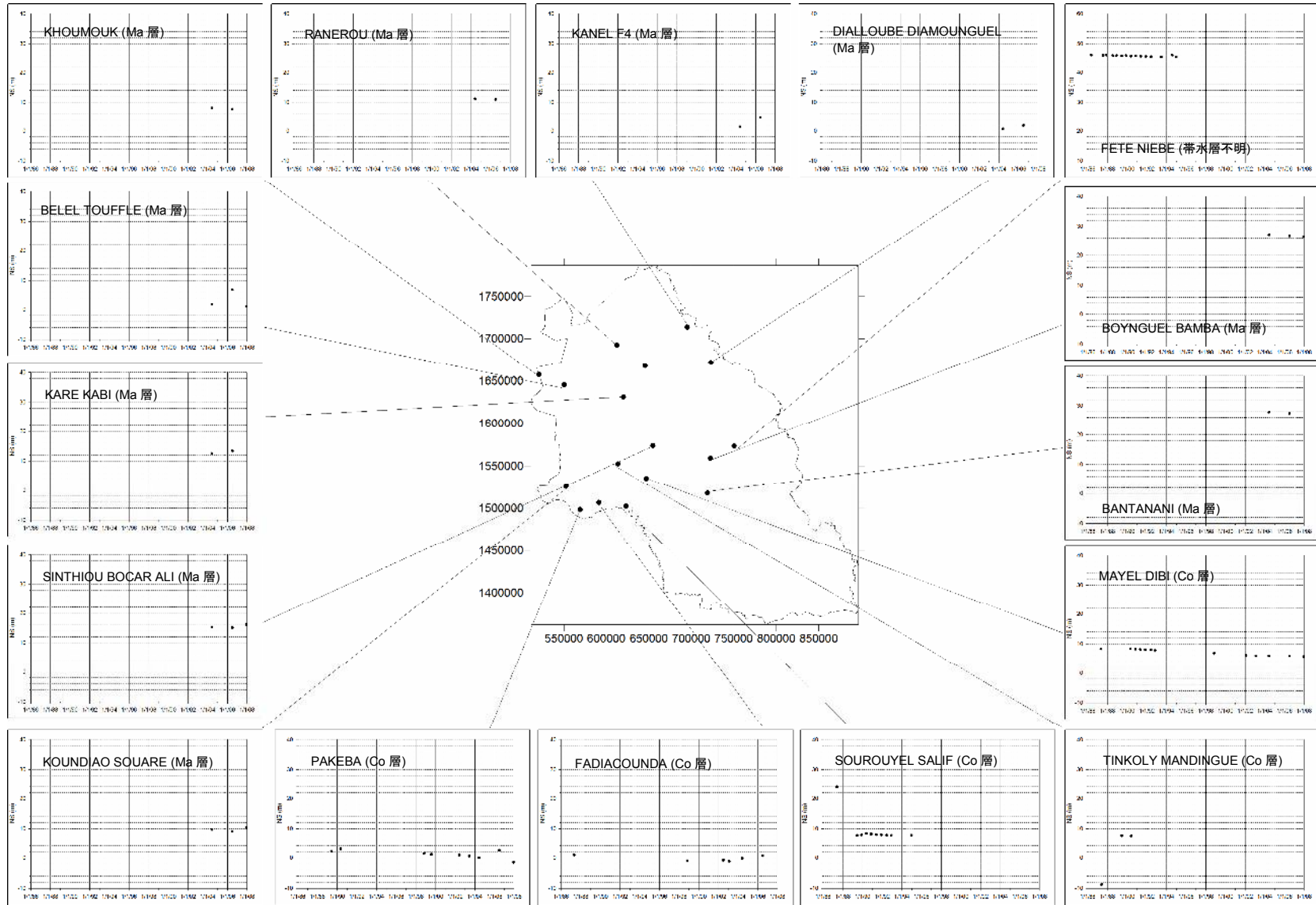
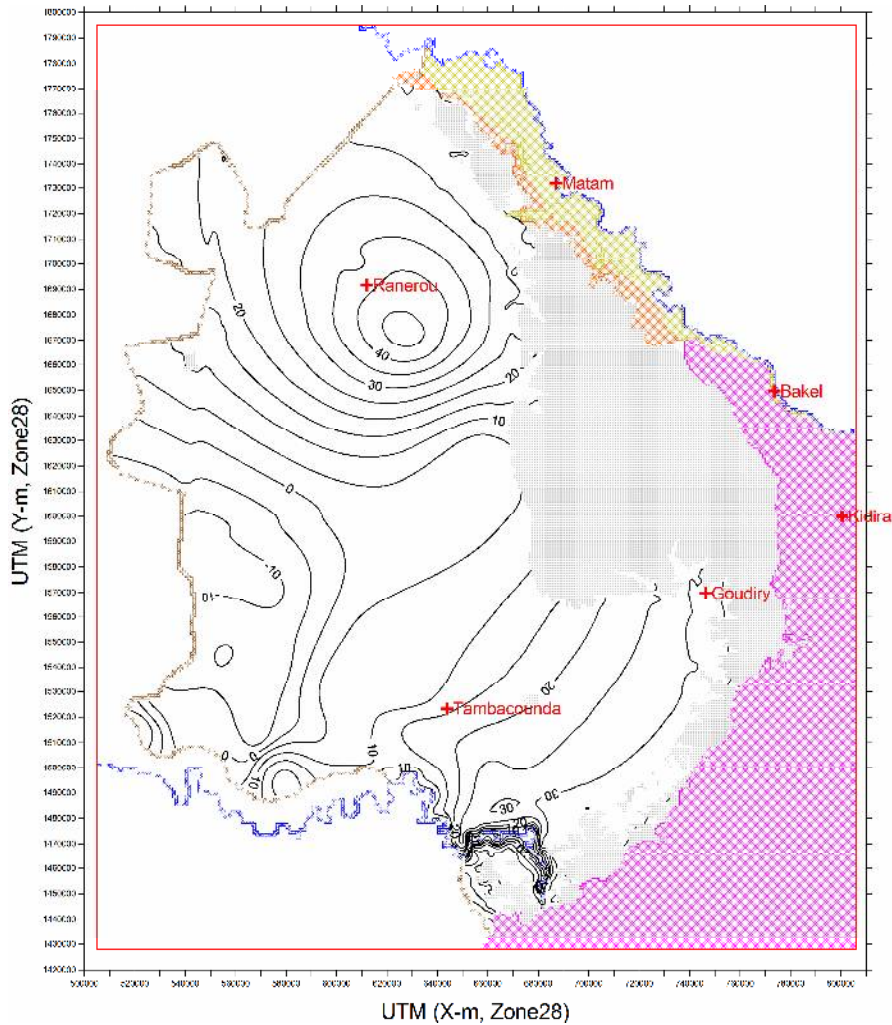
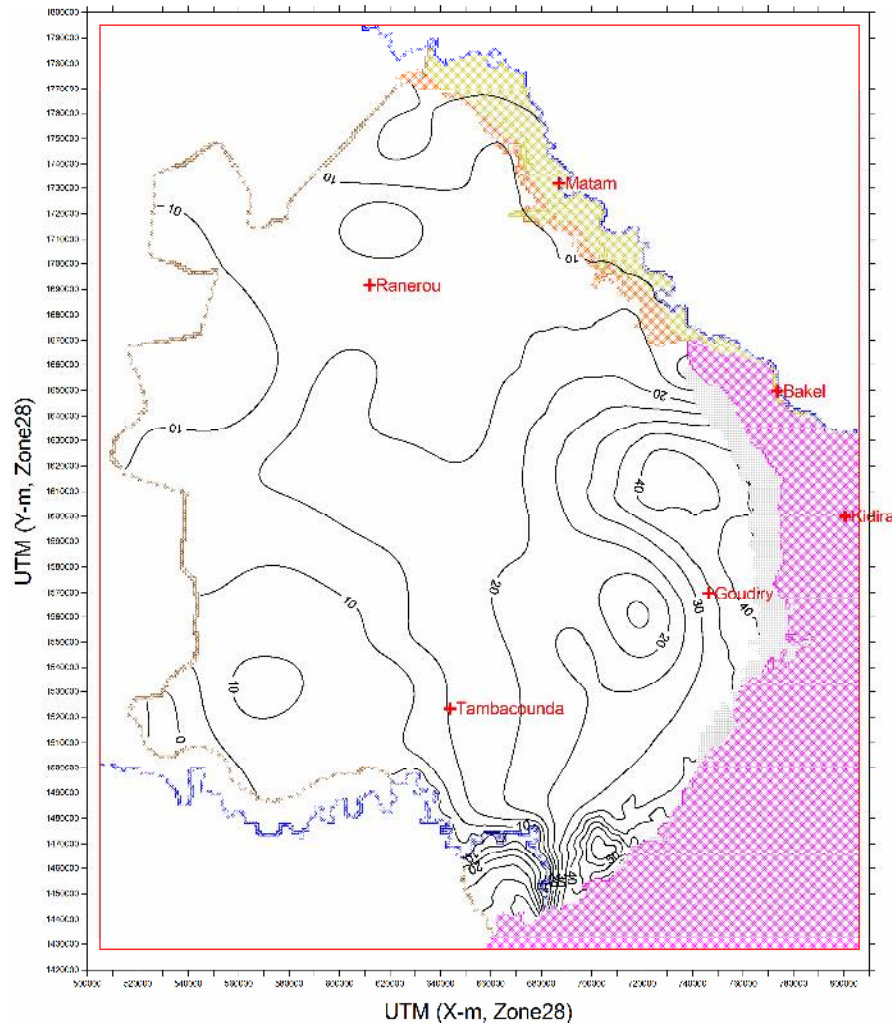


図 3-2-12 DGPRE モニタリング井の地下水位変動



(Co 層の計算初期水頭)



(Ma 層の計算初期水頭)

図 3-2-13 計算初期水頭分布の例 (単位: 標高 m)

(3) 地下水流動

「セ」国では、DGPRE、SONES、ダカール大学等により地下水ポテンシャルに関連する調査が実施されてきているが、前記したように、現在、「セ」国の地下水資源を説明する上で基本となっている調査は、DGPRE（実施コンサルタント：COWI）が1994年から2000年にかけて調査を行ない2001年にまとめたMa層を主体とした全国的な地下水ポテンシャル調査である。また、その成果は、GISソフトウェア（WinGeo）を用いて図化され、Ma層の層厚分布図、地下水位分布図、透水量係数分布図、水質濃度分布図等の貴重なデータを提供した。なお、Ma層の透水量係数分布図には、「Synthèse des propriétés de réservoir, des électro-faciès et des faciès sédimentologique de l'aquifère maastrichtien: Etablissement d'un outil d'équivalence (DOUMOUYA, 1988)」、「Contribution à l'étude de la nappe maastrichtien du bassin sédimentaire sénégalais: géométrie de l'aquifère, synthèse des paramètres hydrodynamique et hydrochimique (DIOUF, 1994)」なども公表されている。また、DGPRE（2001）では、Ma層だけでなく他の帯水層の解析も実施しており、Pa層やCo層の透水量係数分布図も作成されている。

その他、DGPRE（2001）の貴重な成果は、Ma層の地下水流動方向を明らかにして、河川からの地下水かん養の可能性や内陸部での地下水の湧出を提言したことであり（図3-2-14）、過去の単純な山地（基盤岩分布域）から海への地下水の流れという概念（例えば、「d'après piézométrie établie par Audibert en 1971」）を覆すものであった。

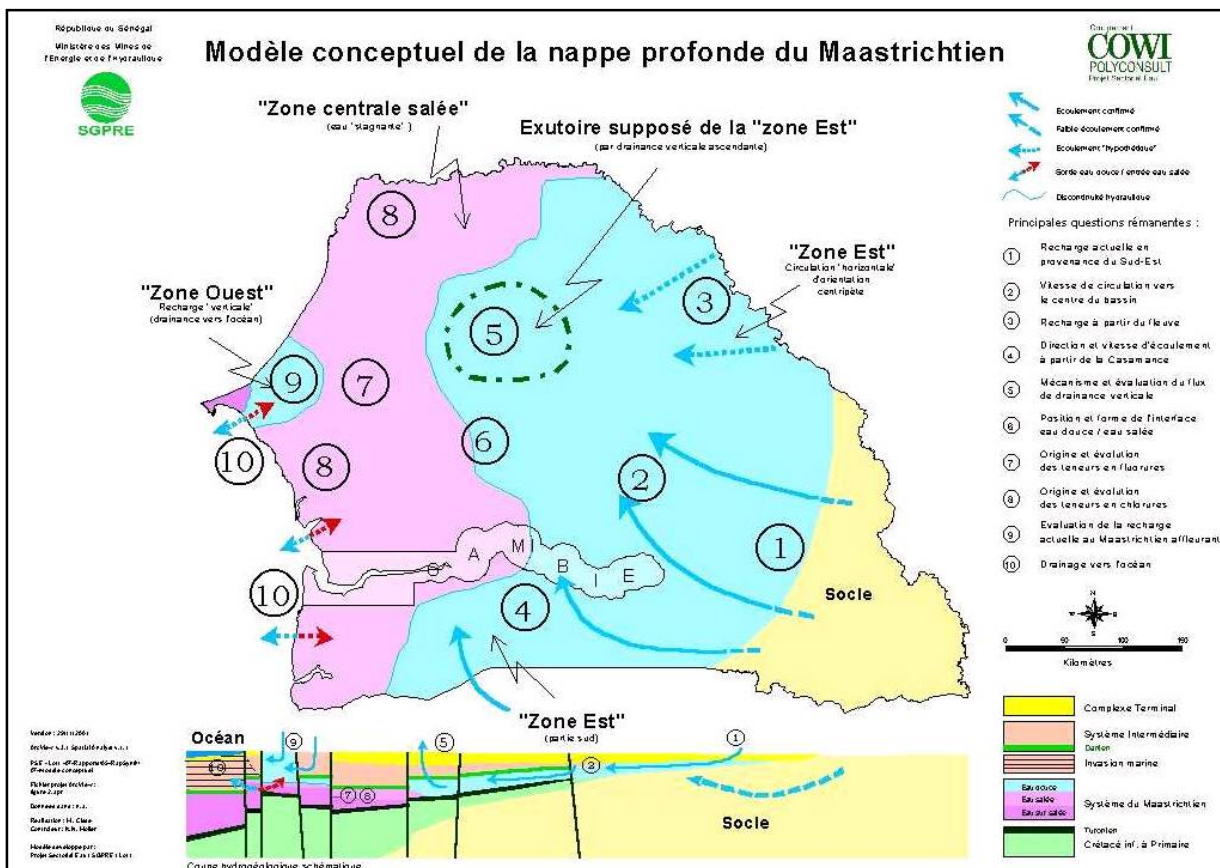


図 3-2-14 Ma 層の地下水流動

3.2.5 水質

(1) 主要イオン

DGPRES が保有する水質分析結果を用いて、主要イオンを成分系としてあらわすトリリニアダイアグラムを作成した（図 3-2-15）。

本プロジェクト地域の地下水質の特徴として、以下のことがあげられる。

- ・ Co 層：アルカリ土類炭酸塩に分類される水質に属するものが多い。これは、河川水・浅層地下水に多い種類である。
- ・ Ma 層：アルカリ土類非炭酸塩とアルカリ土類炭酸塩に分類されるものが多い。前者は温泉水に多く、後者は上記したように河川水・浅層地下水に多い種類である。
- ・ 基盤岩類：アルカリ土類炭酸塩とアルカリ炭酸塩に分類されるものが多い。前者は上記したように河川水・浅層地下水に多く、後者は深層地下水に多い種類である。

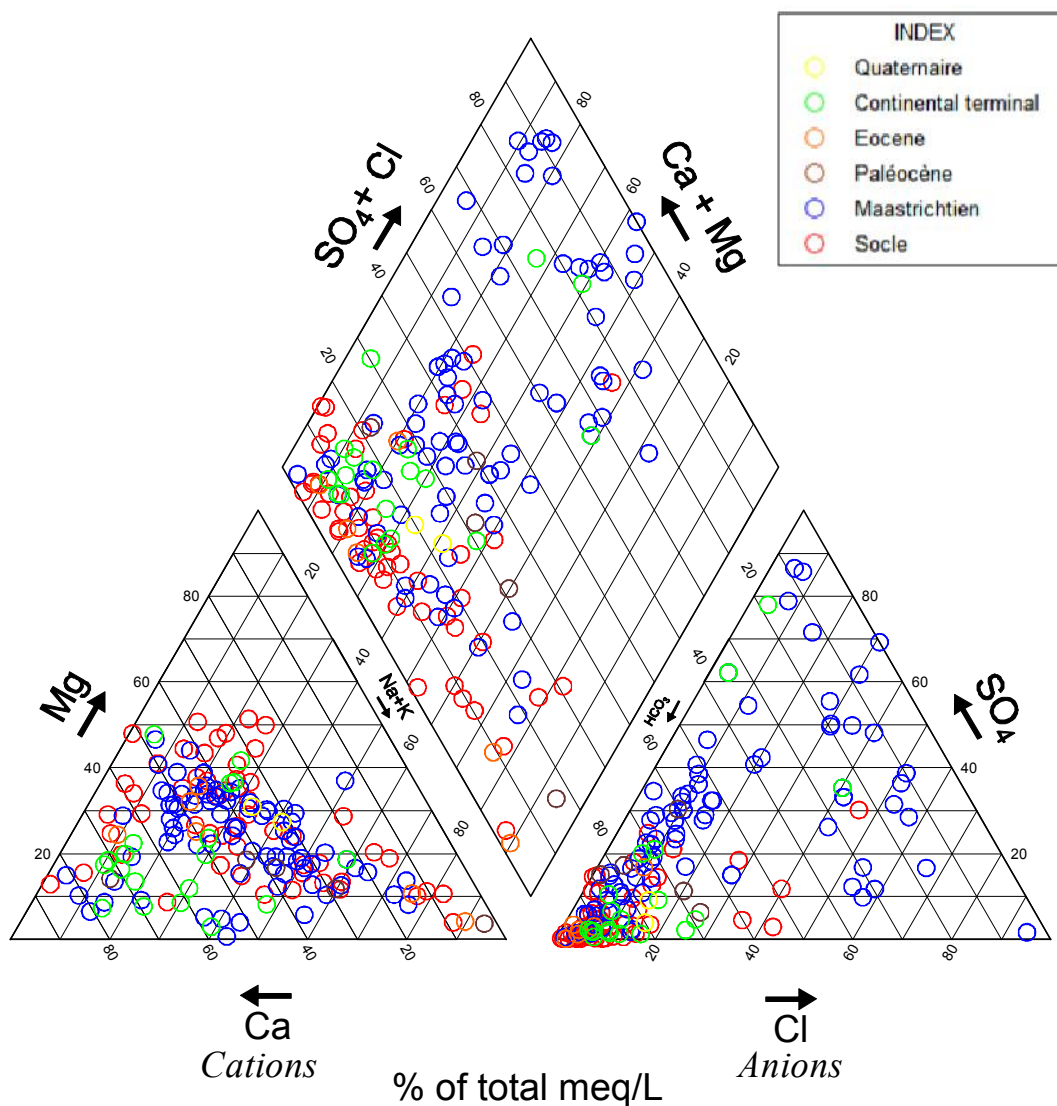


図 3-2-15 地下水のトリリニアダイアグラム

(2) 水銀

水銀を利用する伝統的な手法で金の精錬を行っている村落の浅井戸・深井戸を対象に汚染調査を行った。8村落の22サンプルで、いずれも飲用の対象になっている。水銀濃度の測定については、ダカールの検査機関（ITA : Institut de Technologie Alimentaire）に依頼した。

結果は表 3-2-3 で、最大でも $0.2 \mu\text{g/L}$ で WHO の基準値 $6\mu\text{g/L}$ （無機水銀）以下となっていて、緊急な対策をとるレベルにはない。

表 3-2-3 水銀測定結果

| | No | Village | CR | サンプル採取水源 | 水源 | Hg ($\mu\text{g/L}$) |
|----|------|--------------|--------------|----------------------|-------|------------------------|
| 1 | KH-1 | Khossanto | Khossanto | Bobosori Shisoho | 浅井戸 | 0,1 |
| 2 | KH-2 | Khossanto | Khossanto | Karamba Jabi | 浅井戸 | 0,1 |
| 3 | KH-3 | Khossanto | Khossanto | Tamanate | 浅井戸 | 0,2 |
| 4 | KH-4 | Khossanto | Khossanto | Niamakonjira | 浅井戸 | 0,1 |
| 5 | SA-1 | Sabodala | Khossanto | Puits-village-marigo | 浅井戸 | 0 |
| 6 | SA-2 | Sabodala | Khossanto | tap-forage | 深井戸 | 0,1 |
| 7 | TB-1 | Tinkoto Ba | Tomboronkoto | Daba soulayman | 浅井戸 | 0,1 |
| 8 | TB-2 | Tinkoto Ba | Tomboronkoto | Unisef | 深井戸 | 0,1 |
| 9 | TB-3 | Tinkoto Ba | Tomboronkoto | CV Bambo Sisoho | 浅井戸 | 0,1 |
| 10 | TB-4 | Tinkoto Ba | Tomboronkoto | Marigo | 浅井戸 | 0,1 |
| 11 | TB-5 | Tinkoto Ba | Tomboronkoto | Marche | 浅井戸 | 0,1 |
| 12 | TB-6 | Tinkoto Ba | Tomboronkoto | Mamadou Dafa | 浅井戸 | 0,1 |
| 13 | NG-1 | Ngari | Tomboronkoto | pluie | 天水だめ | 0,1 |
| 14 | NG-2 | Ngari | Tomboronkoto | Puits-village | 浅井戸 | 0,1 |
| 15 | NG-3 | Ngari | Tomboronkoto | UEMOA | 深井戸 | 0,2 |
| 16 | TD-1 | Tinkoto Ding | Tomboronkoto | puits-village | 浅井戸 | 0,1 |
| 17 | TD-2 | Tinkoto Ding | Tomboronkoto | UEMOA | 深井戸 | 0,1 |
| 18 | BA-1 | Bantako | Tomboronkoto | UEMOA | 深井戸 | 0,1 |
| 19 | BA-2 | Bantako | Tomboronkoto | SAUDI | 深井戸 | 0,1 |
| 20 | TO-1 | Tomboronkoto | Tomboronkoto | Forage | 深井戸 | 0,1 |
| 21 | TO-2 | Tomboronkoto | Tomboronkoto | UNICEF | 深井戸 | 0,1 |
| 22 | MA-1 | Mako | Tomboronkoto | Fleuve | ガンビア川 | 0,1 |

3.2.6 気象データ解析

(1) 雨量データ

1) 気象観測所

下表（表 3-2-4）に示す気象観測所の日雨量データを用いて、第 3.4 節に記す水収支計算および地下水かん養量の推計のためのタンクモデル計算の基礎資料を作成した。

表 3-2-4 ティーセン分割に使用した気象観測所の諸元

| 観測所名 | 国 | 緯度 (°) | 経度 (°) | UTM (X) | UTM (Y) | 標高 (m) |
|------------|------|--------|---------|---------|-----------|--------|
| Matam | セネガル | 15,650 | -13,250 | 687 583 | 1 730 994 | 17 |
| Semme | セネガル | 15,200 | -12,950 | 720 225 | 1 681 480 | 40 |
| Ranérou | セネガル | 15,300 | -13,966 | 611 011 | 1 691 772 | 33 |
| Bakel | セネガル | 14,900 | -12,400 | 779 733 | 1 648 898 | 25 |
| Kidira | セネガル | 14,300 | -12,100 | 812 881 | 1 582 862 | 35 |
| Goudiri | セネガル | 14,183 | -12,716 | 746 512 | 1 569 203 | 59 |
| Tambacunda | セネガル | 13,767 | -13,683 | 642 377 | 1 522 347 | 50 |
| Kédougou | セネガル | 12,567 | -12,217 | 802 415 | 1 390 852 | 167 |
| Linguere | セネガル | 15,383 | -15,177 | 487 444 | 1 700 692 | 21 |
| Dialakoto | セネガル | 13,317 | -13,300 | 684 138 | 1 472 821 | 50 |
| Kenieba | マリ | 12,850 | -11,233 | 909 010 | 1 423 541 | 132 |

雨量の地域分布は、下図（図 3-2-16）に示すティーセン分割により区分した。

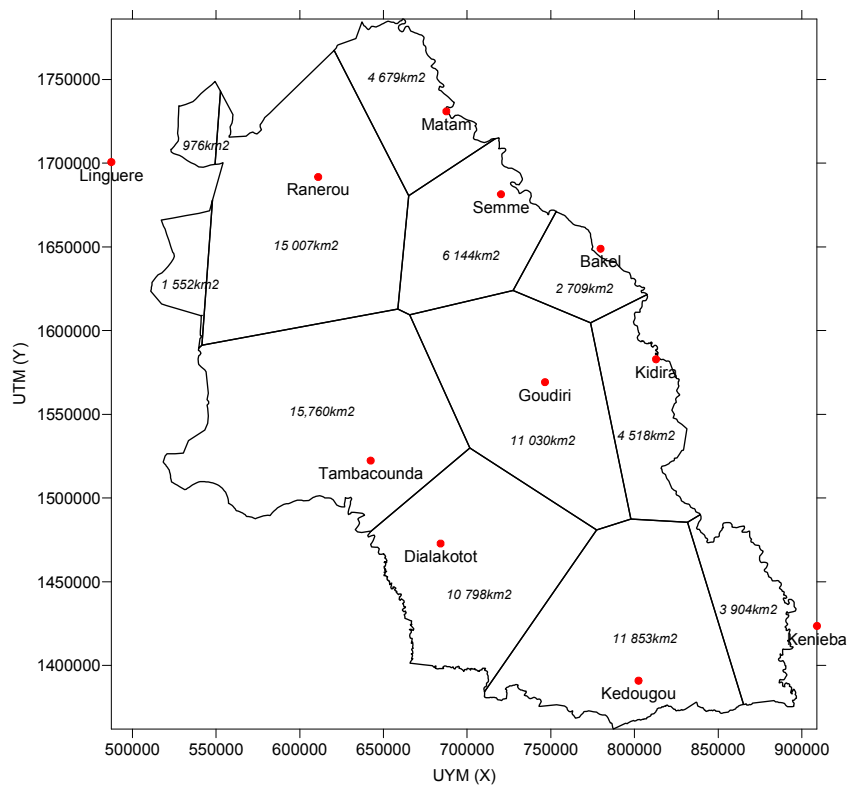


図 3-2-16 ティーセン分割結果

2) 確率雨量

第 3.4 節に記すシミュレーションによる予測計算を実施する際に、渇水年や豊水年の発生を含んだシナリオを作成するための基礎資料を得ることを目的に、確率雨量計算を行い、解析地域の特性を把握した。

計算方法の詳細はサポーターティングブック（第 5.6 節）に記すが、表 3-2-5 に示す観測所の年雨量データを用いて、岩井法、石原・高瀬法、ガンベル法、トーマス法、ヘイゼン法で確率雨量の計算を行った。個々の観測所の計算結果はサポーターティングブック（第 5.6 節）に示すが、トーマス法を用いた渇水年と豊水年の 10 年確率、30 年確率、50 年確率、100 年確率の年間雨量分布を図 3-2-17 および図 3-2-18 に示す。

豊水年の確率では、以下の降雨が推定される。

- ・ 10 年確率では、マタム州で 600～750mm/年、タンバクンダ・ケドゥグ州で 750～1 550mm/年
 - ・ 30 年確率では、マタム州で 750～850mm/年、タンバクンダ・ケドゥグ州で 850～1 700mm/年
 - ・ 50 年確率では、マタム州で 800～950mm/年、タンバクンダ・ケドゥグ州で 950～1 800mm/年
 - ・ 100 年確率では、マタム州で 850～950mm/年、タンバクンダ・ケドゥグ州で 950～1 900mm/年
- 一方、渇水年の確率では、以下の降雨が推定される。
- ・ 10 年確率では、マタム州で 250～400mm/年、タンバクンダ・ケドゥグ州で 400～950mm/年
 - ・ 30 年確率では、マタム州で 200～350mm/年、タンバクンダ・ケドゥグ州で 350～850mm/年
 - ・ 50 年確率では、マタム州で 200～300mm/年、タンバクンダ・ケドゥグ州で 300～800mm/年
 - ・ 100 年確率では、マタム州で 200～300mm/年、タンバクンダ・ケドゥグ州で 300～800mm/年

表 3-2-5 確率雨量計算を実施した気象観測所の諸元

| 観測所名 | 国 | 緯度 (°) | 経度 (°) | UTM (X) | UTM (Y) | 標高 (m) |
|------------------------|------|--------|---------|---------|-----------|--------|
| Linguere | セネガル | 15,383 | -15,177 | 487 444 | 1 700 692 | 21 |
| Dahra | セネガル | 15,200 | -15,300 | 467 778 | 1 680 469 | 39 |
| Matam | セネガル | 15,650 | -13,250 | 687 583 | 1 730 994 | 17 |
| Bakel | セネガル | 14,900 | -12,400 | 779 733 | 1 648 898 | 25 |
| Kaffrine | セネガル | 14,200 | -15,200 | 478 421 | 1 569 855 | 11 |
| Tambacounda | セネガル | 13,767 | -13,683 | 642 377 | 1 522 347 | 50 |
| Dialakoto | セネガル | 13,317 | -13,300 | 684 138 | 1 472 821 | 50 |
| Kidira | セネガル | 14,300 | -12,100 | 812 881 | 1 582 862 | 35 |
| Koungheul | セネガル | 13,600 | -14,5 | 554 088 | 1 503 545 | 11 |
| Vwlingara Casamance | セネガル | 13,000 | -13,500 | 662 679 | 1 437 615 | 38 |
| Kédougou | セネガル | 12,567 | -12,217 | 802 415 | 1 390 852 | 167 |
| Goudiri | セネガル | 14,183 | -12,716 | 746 512 | 1 569 203 | 59 |
| Ranérou | セネガル | 15,300 | -13,966 | 611 011 | 1 691 772 | 33 |
| Semme | セネガル | 15,200 | -12,950 | 720 225 | 1 681 480 | 40 |

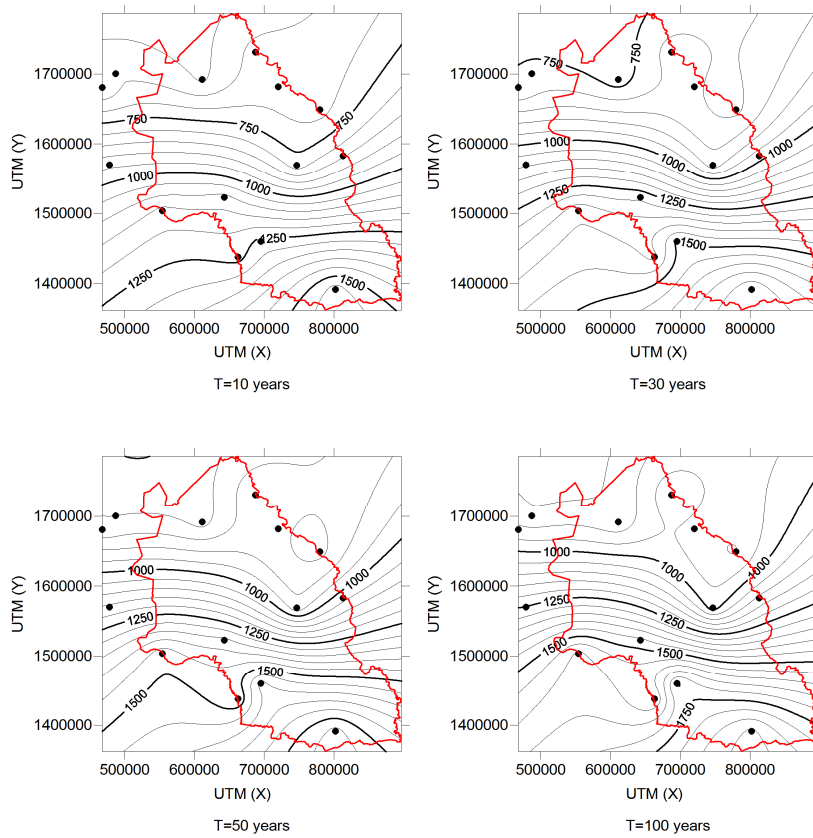


図 3-2-17 確率年間雨量分布 (超過確率=豊水年、等値線の単位: mm/年)

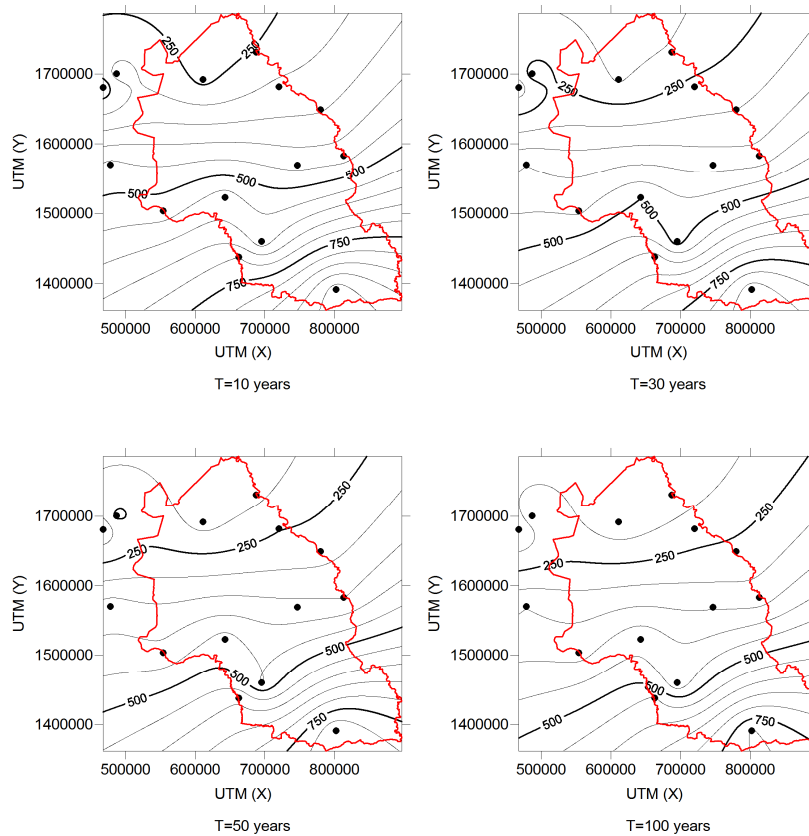


図 3-2-18 確率年間雨量分布 (非超過確率=渇水年、等値線の単位: mm/年)

(2) 可能蒸発散量の推計

本プロジェクトでは、ソーンスウェイト法 (Thornthwaite method) を用いて、可能蒸発散量の推計を行なった。推計方法は、サポーティングブック (第 6.2 節) に示す。また、推計は、前掲 (表 3-2-4) のティーセン分割を実施した気象観測所 (気温の測定が行われていない Semme、Kidira、Linguere、Dialakoto、Kenieba の 5 観測所を除く) で行った。

個々の観測地点の可能蒸発散の計算結果はサポーティングブック (第 6.2 節) に示すが、以下にタンクモデル計算に用いたマタム観測所の計算結果の例を示す (表 3-2-6)。計算結果は、乾燥地としての特徴をよく表している。

また、第 3.4 節に記すタンクモデル計算によって、この可能蒸発散量の値を用いて実蒸発散量の計算を行っている。

表 3-2-6 可能蒸発散量の推計事例 (Matam 観測所、単位: cm/月)

| | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1988 | 5,84 | 13,08 | 17,58 | 18,62 | 20,50 | 19,63 | 19,39 | 17,16 | 16,21 | 17,48 | 14,76 | 7,65 |
| 1989 | 7,32 | 13,55 | 16,70 | 18,43 | 20,46 | 19,33 | 19,12 | 17,51 | 17,14 | 17,24 | 15,69 | 13,94 |
| 1990 | 6,04 | 14,14 | 18,06 | 18,77 | 20,50 | 19,75 | 19,39 | 18,14 | 17,14 | 17,90 | 15,10 | 9,20 |
| 1991 | 9,33 | 12,69 | 16,37 | 18,43 | 20,30 | 19,75 | 19,39 | 18,14 | 17,14 | 17,24 | 15,10 | 10,60 |
| 1992 | 8,83 | 13,55 | 16,01 | 18,23 | 20,18 | 19,75 | 19,39 | 18,14 | 17,66 | 18,08 | 14,41 | 13,10 |
| 1993 | 8,15 | 13,55 | 17,58 | 18,91 | 20,50 | 19,75 | 19,63 | 18,14 | 16,53 | 17,71 | 15,10 | 8,72 |
| 1994 | 4,87 | 13,08 | 17,30 | 17,18 | 20,39 | 19,63 | 19,12 | 16,78 | 16,53 | 17,24 | 15,40 | 9,65 |
| 1995 | 5,63 | 13,08 | 17,02 | 18,43 | 20,39 | 19,90 | 19,85 | 17,51 | 16,85 | 17,48 | 15,40 | 8,49 |
| 1996 | 13,94 | 14,46 | 17,02 | 18,43 | 20,50 | 19,75 | 19,39 | 17,51 | 17,41 | 17,71 | 15,10 | 8,83 |
| 1997 | 13,53 | 14,46 | 15,63 | 18,00 | 20,30 | 19,33 | 19,12 | 18,69 | 16,53 | 17,48 | 15,40 | 7,99 |
| 1998 | 7,70 | 14,75 | 17,30 | 19,10 | 20,46 | 19,90 | 19,39 | 17,51 | 16,53 | 17,48 | 14,76 | 9,04 |
| 1999 | 6,45 | 8,12 | 17,02 | 18,62 | 20,39 | 19,63 | 18,16 | 17,16 | 16,21 | 16,97 | 14,76 | 9,39 |
| 2000 | 10,64 | 12,69 | 17,83 | 19,02 | 20,39 | 19,14 | 18,16 | 16,38 | 16,53 | 16,05 | 14,04 | 9,23 |
| 2001 | 7,70 | 12,69 | 17,30 | 18,23 | 20,30 | 19,49 | 18,50 | 18,14 | 16,53 | 17,24 | 14,76 | 13,94 |
| 2002 | 7,41 | 13,08 | 16,70 | 17,75 | 20,39 | 19,49 | 19,39 | 18,14 | 17,14 | 17,48 | 14,76 | 13,10 |
| 2003 | 7,26 | 13,55 | 17,58 | 18,77 | 20,46 | 19,49 | 19,39 | 17,16 | 15,47 | 17,24 | 15,40 | 8,84 |
| 2004 | 7,36 | 13,55 | 16,70 | 18,77 | 20,39 | 19,63 | 18,82 | 17,51 | 16,53 | 17,48 | 15,40 | 13,10 |
| 2005 | 7,36 | 12,29 | 17,83 | 18,91 | 20,46 | 19,49 | 18,50 | 17,82 | 16,53 | 17,24 | 15,10 | 14,34 |
| 2006 | 6,82 | 12,69 | 17,30 | 18,91 | 20,30 | 19,75 | 19,85 | 17,51 | 16,85 | 18,08 | 15,10 | 7,65 |
| 2007 | 9,39 | 13,55 | 17,30 | 18,62 | 20,46 | 19,75 | 19,39 | 17,16 | 16,53 | 17,48 | 14,76 | 13,10 |

3.2.7 既存河川流量観測データの収集・整理

(1) 調査目的

DGPRE が実施している河川流量観測結果をとりまとめることにより、本件調査地域内を流下する河川の特徴を把握するとともに、後記するタンクモデルの検証データとして河川流量の変化を活用する。

(2) 調査結果

DGPRE の河川流量観測所の位置を図 3-2-19 に、観測所の諸元を表 3-2-7 にとりまとめる。また、各観測所の河川流量の変動の状況を図 3-2-20～図 3-2-23 に示す。

本件調査地域内の河川流量の中で特に特徴的なことは、セネガル川の上流から下流に向かっての河川流量の減少である。上流側の Bakel 観測所より下流側の Matam 観測所の方が河川流量が少

なくなり、さらに下流の Salde 観測所の方が河川流量が少なくなる。

なお、河川水位観測データは、第 3.4 節に記す地下水シミュレーションの境界条件（一般水頭境界）設定の資料として使用した。

表 3-2-7 DGPRES 河川流量観測所の諸元

| No | 名称 | | 位置 | | | 観測 開始年 |
|----------------------------|--------------|--------------------------|---------|-----------|--------|-----------|
| | ID | 観測所名 | UTM (X) | UTM (Y) | 標高 (m) | |
| <i>Bassin Gambie</i> | | | | | | |
| <i>Rivière GAMBIE</i> | | | | | | |
| 1 | Fass | FASS | 646 240 | 1 468 861 | 1 | 1972 |
| 2 | Gouloumbou | GOULOUMBOU | 638 767 | 1 489 341 | 1 | 1953 |
| 3 | Guénoto | GUENOTO | 628 114 | 1 498 270 | — | 1960 |
| 4 | Kédougou | KEDOUGOU | 806 461 | 1 388 858 | 102 | 1970 |
| 5 | Mako | MAKO | 786 878 | 1 421 677 | 75 | 1970 |
| 6 | Simenti | SIMENTI | 684 350 | 1 441 435 | 10 | 1970 |
| 7 | WassAmont | WASSADOU-AMONT | 676639 | 1 476 322 | 5 | 1970 |
| 8 | WassAval | WASSADOU-AVAL | 675 558 | 1 475 983 | 4 | 1973 |
| <i>Rivière KOULOUNTOU</i> | | | | | | |
| 9 | Koulountou | KOULOUNTOU AU GUE DU | 664 665 | 1 413 654 | 13 | 1972 |
| 10 | MissiraGoun | MISSIRA GOUNAS | 649 975 | 1 459 667 | 2 | 1970 |
| <i>Rivière DIARHA</i> | | | | | | |
| 11 | Diarha | DIARHA AU PONT-ROUTIER | 742 140 | 1 395 435 | 47 | 1972 |
| <i>Rivière TIOKOYE</i> | | | | | | |
| 12 | Tiokoye | TIOKOYE AU PONT | 767 514 | 1 390 426 | 56 | 1971 |
| <i>Rivière SILING</i> | | | | | | |
| 13 | Sili | SILI AU PONT ROUTIER | 797 116 | 1 387 984 | 112 | 1974 |
| <i>Rivière DIAGUIRI</i> | | | | | | |
| 14 | Diaguir | DIAGUIRI AU PONT ROUTIER | 816 259 | 1 397 844 | 94 | 1974 |
| <i>Rivière NIOKOLO KOB</i> | | | | | | |
| 15 | NiokoloKoba | NIOKOLO KOB | 747 125 | 1 446 287 | 48 | 1970 |
| <i>Rivière NIERI KO</i> | | | | | | |
| 16 | Goumbeyell | GOUMBAYEL | 697 265 | 1 514 307 | — | 1977 |
| 17 | NiériKo | NIERI KO AU PONT | 678 148 | 1 477 406 | 6 | 1970 |
| <i>Rivière SANDOUGOU</i> | | | | | | |
| 18 | Maka | MAKA | 575 703 | 1 510 964 | 4 | 1970 |
| 19 | SintiouMalem | SINTIOU MALEM | 617 919 | 1 527 192 | 6 | 1973 |
| <i>Rivière NIAOULE</i> | | | | | | |
| 20 | NiaouleTanou | NIAOULE TANOU | 642 547 | 1 490 965 | 9 | 1972 |
| <i>Rivière KOUSSANAR</i> | | | | | | |
| 21 | Koussanar | KOUSSANAR | 598 980 | 1 533 107 | 9 | 1973 |
| <i>Rivière MAMACOUNDA</i> | | | | | | |
| 22 | Dialakoro | DIALAKORO | 633 040 | 1 744 439 | — | 1989 |
| <i>Bassin Sénégal</i> | | | | | | |
| <i>Rivière Sénégal</i> | | | | | | |
| 23 | Bakel | BAKEL | 774 350 | 1 648 836 | 11 | 1904 |
| 24 | Diorbivol | DIORBIVOL | 637 307 | 1 782 260 | 2 | 1938 |
| 25 | Kaedi | KAEDI | 660 396 | 1 784 264 | 3 | 1903 |
| 26 | Koungani | KOUNGANI | 779 819 | 1 641 515 | 12 | 1955 |
| 27 | Matam | MATAM | 687 583 | 1 730 994 | 6 | 1903 |
| 28 | Nguiguilone | N'GUIGUILONE | 676 615 | 1 762 256 | 4 | 1951 |

| 名称 | | | 位置 | | | 観測 開始年 |
|-------------------------|-------------|-------------------------------|---------|-----------|--------|-----------|
| No | ID | 観測所名 | UTM (X) | UTM (Y) | 標高 (m) | |
| 29 | Ouaounde | OUAOUNDE | 729 198 | 1 687 100 | 8 | 1951 |
| <i>Rivière Falémé</i> | | | | | | |
| 30 | Kidira | KIDIRA | 800 156 | 1 599 316 | 19 | 1930 |
| 31 | Gourbassi | GOURBASSI | 864 717 | 1 483 856 | — | 1954 |
| <i>Rivière Diamel</i> | | | | | | |
| 32 | Cuv_Mbakhn | Cuvette de Mbakhna | 668 643 | 1 754 559 | — | 1997 |
| 33 | Cuv_Nabadji | Cuvette de Nabdji (Référence) | 675 495 | 1 741 244 | — | 1997 |
| <i>Rivière Tourimé</i> | | | | | | |
| 34 | Cuv_Tuabou | Cuvette de Tuabou (Lothiandé) | 771 800 | 1 655 328 | — | 2000 |
| 35 | Cuv_Yelinga | Cuvette de Yelingara (Mani) | 766 256 | 1 660 203 | — | 2000 |
| <i>Rivière Inconnue</i> | | | | | | |
| 36 | Cuv_SinFiss | Retenue collinaire de Sintiou | 782 208 | 1 593 137 | — | 2000 |

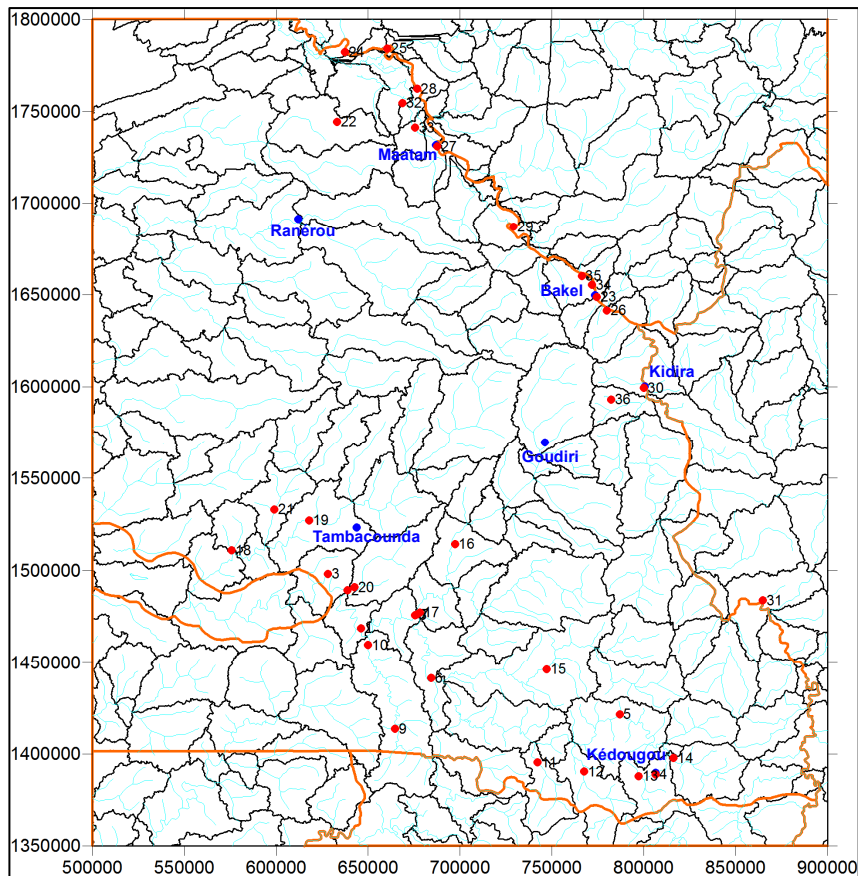


図 3-2-19 DGPRES 河川流量観測所位置図

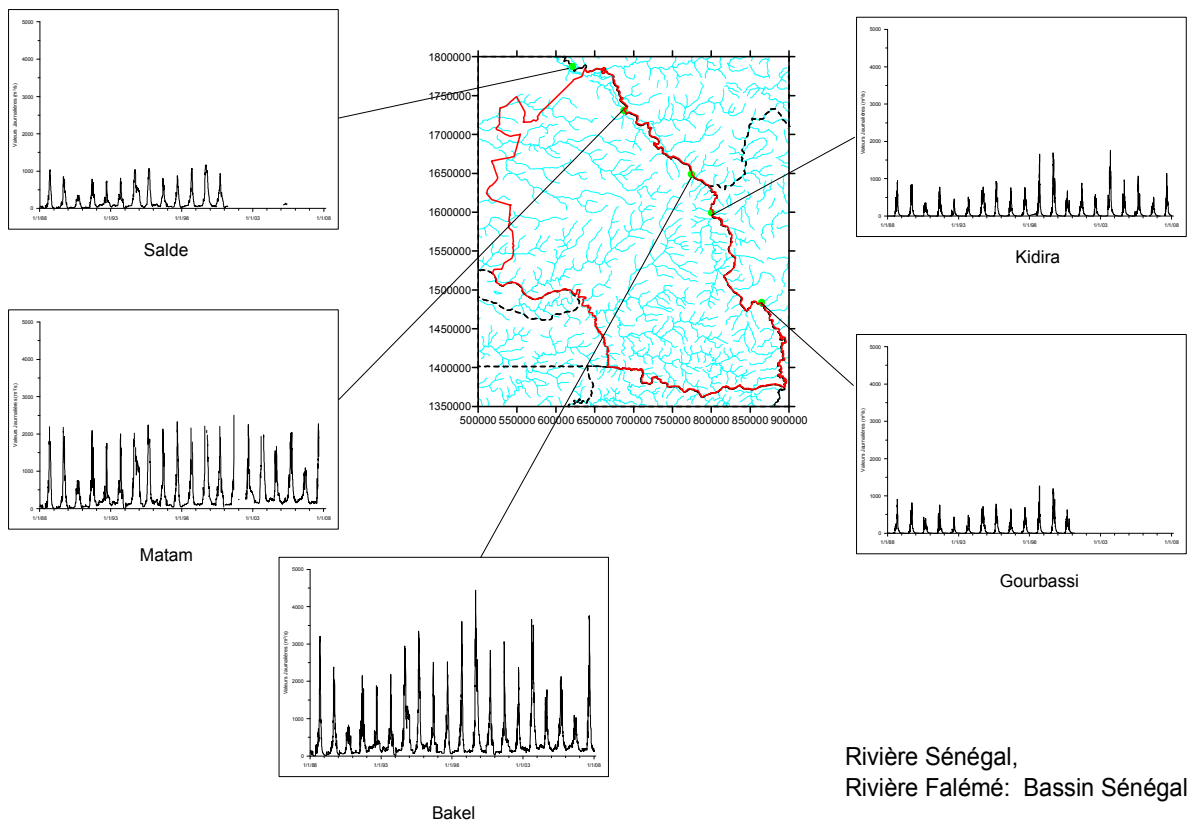


図 3-2-20 河川流量変動図 (セネガル川)

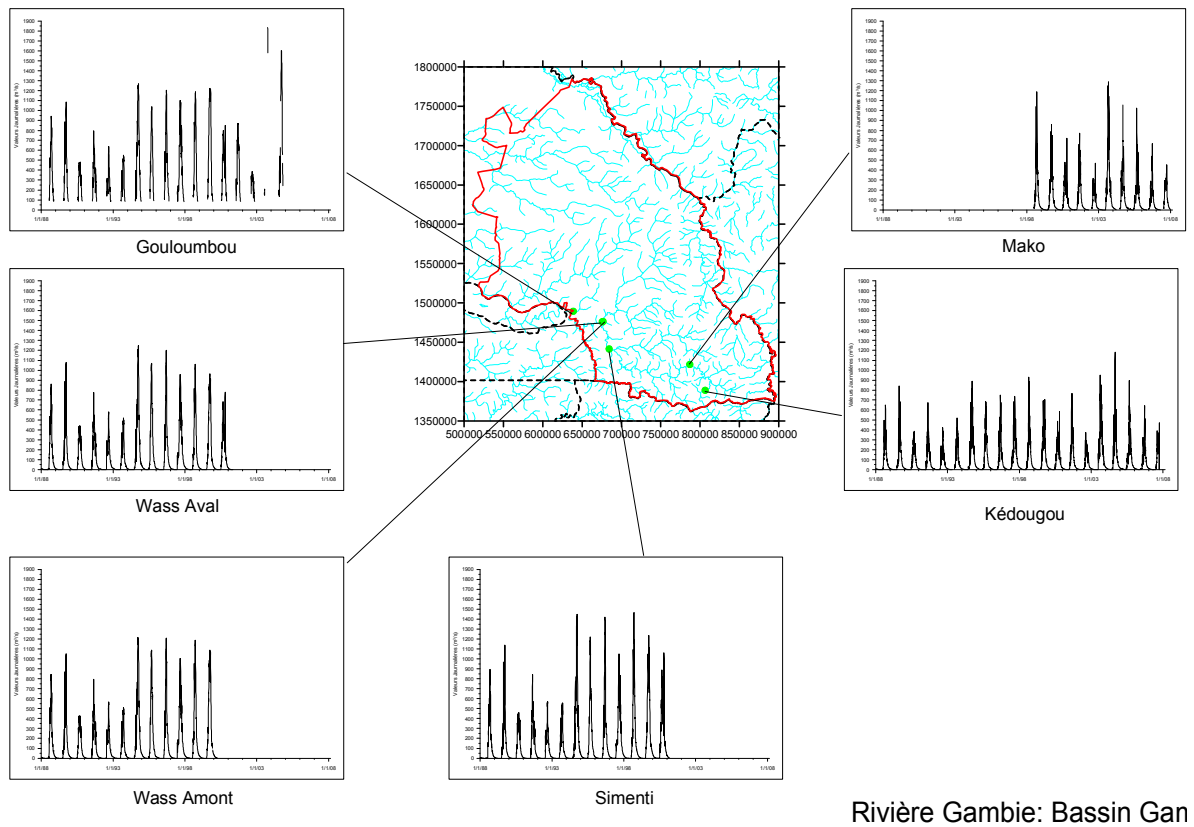


図 3-2-21 河川流量変動図 (ガンビア川)

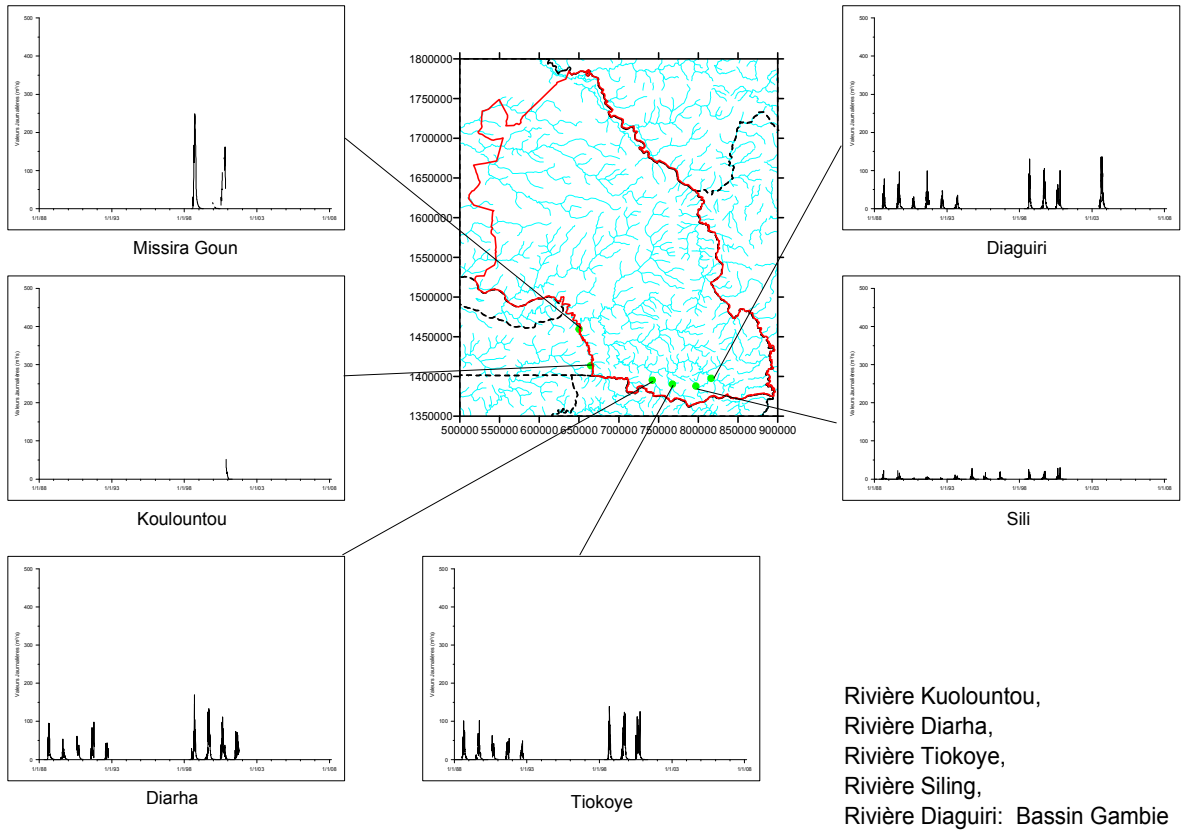


図 3-2-22 河川流量変動図 (ガンビア川支流-1)

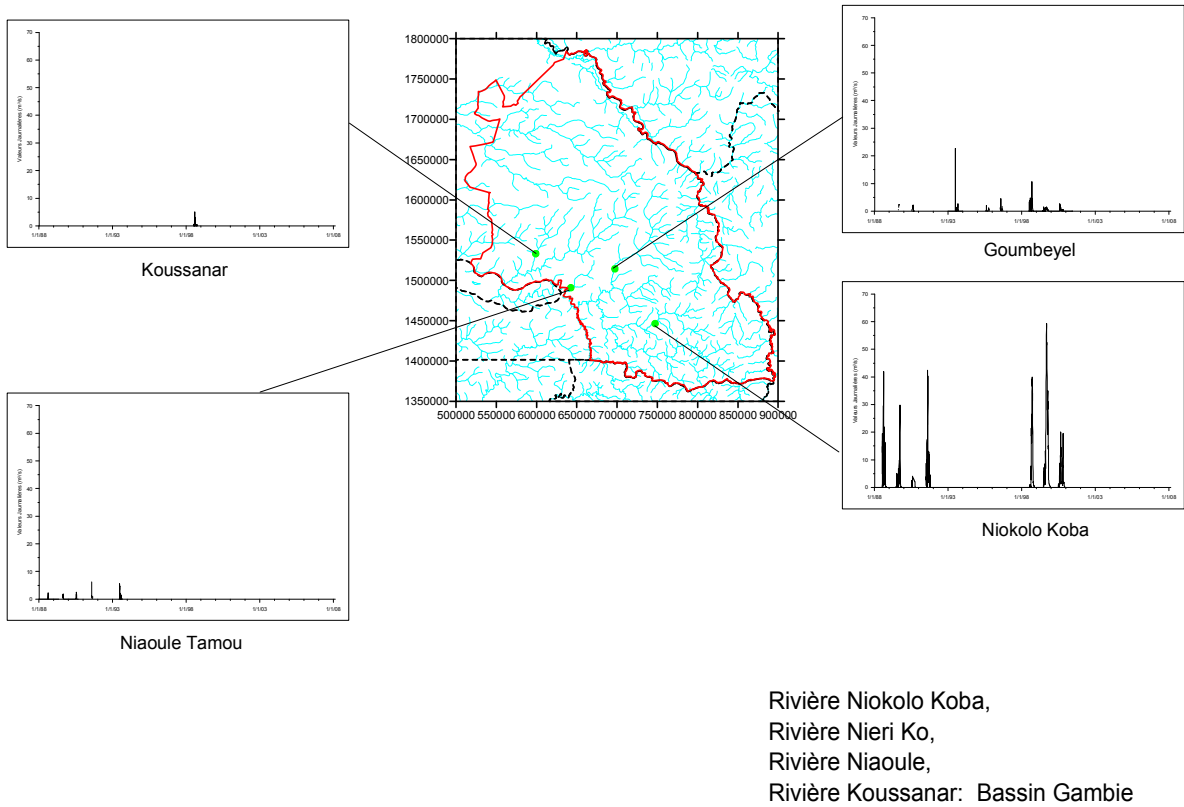


図 3-2-23 河川流量変動図 (ガンビア川支流-2)

(3) 使用コード

地下水流動シミュレーション解析には、MODFLOW コードを使用した。MODFLOW コードは世界的に広く利用されている解析コードであり、入出力用ソフトも多数開発されている。本プロジェクトでは、統合ソフト「Processing Modflow Pro」を用いて解析を行った。

MODFLOW は、米国地質調査所で開発された三次元地下水流動解析コードであり、偏微分方程式で表される三次元地下水流動を差分法で解く。

(4) 使用データ

地下水モデル構築に必要な項目と、本プロジェクトで使用データを表 3-4-7 に示す。

表 3-4-7 地下水モデルに使用したデータ

| 項目 | 使用データ |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 水理地質構造 | DHR や DGPPE 等が保有する井戸掘削記録をもとに井戸柱状図を整理するとともに既存地質・物理探査報告を用いて、水理地質構造解析を行った。さらに、このモデルを、物理探査結果・試掘結果に基づいて修正した。 |
| 水理地質定数 | DHR や DGPPE 等が保有する井戸掘削記録をもとに、透水量係数(透水係数)分布を推定した。貯留係数、有効空隙率、比浸出量の初期値は、帯水層の層相から推定される一般値を用いた。 |
| 地下水かん養量 | 乾燥地型(非湿潤地型)タンクモデルを作成して、1988年から2007年までの20年間の地下水かん養量を推定した。タンクモデルに使用したデータは下記のとおりである(第3.4.2節参照)。 |
| | 気象(降水量・気温) Météorologie Nationale 等の1988年から2007年までの観測データを使用した。 |
| | 検証データ DGPPE の河川流量観測データを検証データとした。 |
| 地下水揚水量 | 既存給水施設の稼働状況と2002年の人口統計データを基に揚水量を推定した(第3.4.3節参照)。 |
| 初期水頭 | 検証期間(1988年1月-2007年12月)の前に長期非定常計算(準定常計算)を行い、検証非定常計算開始時の初期水頭とした。 |
| 境界条件 | 河川流量観測結果、河川近傍の地下水位観測結果を基に、境界条件を設定した。 |
| モデルの検証データ | DGPPE の地下水位観測データを検証データとした。 |

(5) モデルの構造

広域三次元モデルのモデル平面グリッドは、図 3-4-10 に示すように調査地域の堆積層地域全体をカバーするように設定した。モデルグリッドは世界測地系 WGS84 の UTM 座標系第 28 帯を基準として、各グリッドの平面サイズは 1km×1km とした(X 方向: 301 グリッド、Y 方向: 367 グリッド)。

広域三次元モデルの断面構造は、深度方向においてもタンバクンダ・マタム両州内の地下水盆地全体を立体的にカバーできるような構造とし、地下水盆地基底部(Ma 層下面)までの水文地質条件を反映できるモデルを作成した。帯水層としては以下に記す 5 層の区分が可能であり、この 5 層と基盤岩を含めた 6 層構造のモデル構造とした。

- Quaternaire 帯水層 (Q 層)
- Continental terminal / Oligo-Miocène 帯水層 (Co 層)
- Eocene 帯水層 (Eo 層)
- Paléocène 帯水層 (Pa 層)

- Maastrichtien 帯水層 (Ma 層)
- 基盤岩

また、シミュレーションモデルでは、水文地質条件を考慮した境界条件の設定が必要である。本プロジェクトでは閉鎖境界と一般水頭境界を設定しており、詳細はサポーターブック（第 6.3.1 節）に記す。

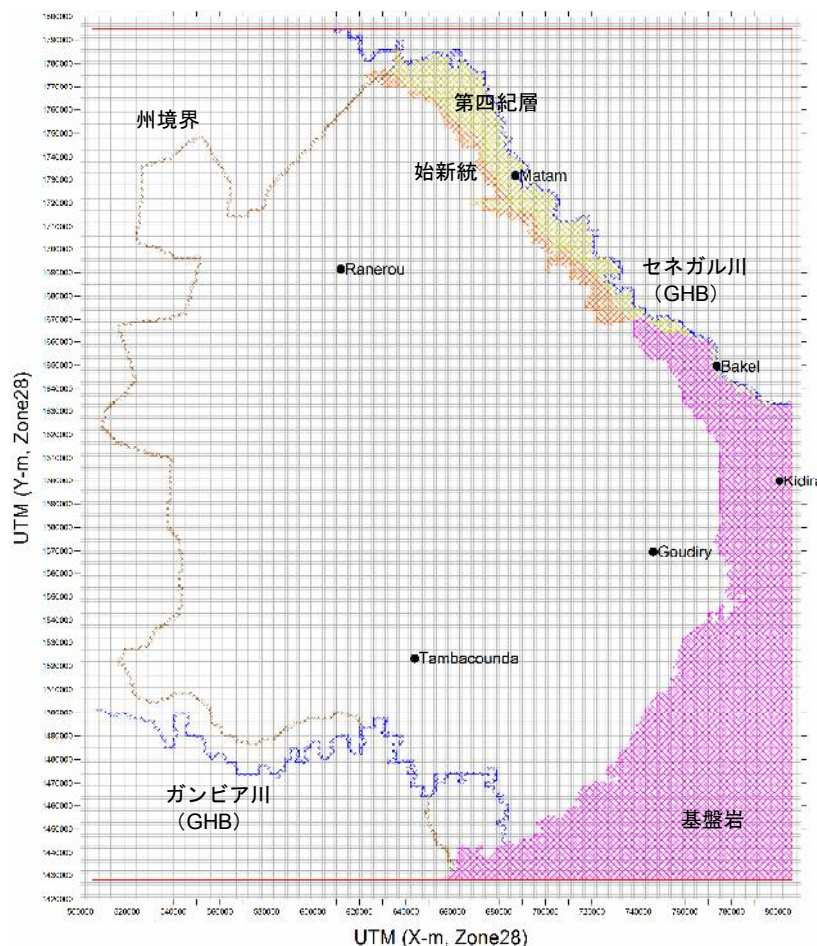


図 3-4-10 シミュレーション解析範囲

(6) 内挿検定結果

1) 初期水頭

広域三次元モデルの検証は、1988年1月から2007年12月までの月別時系列データを入力して非定常計算により実施したが、検証期間の非定常計算の前に長期非定常計算（準定常計算）を行い、検証非定常計算開始時の初期水頭とした。

本プロジェクトで実施した長期非定常計算（準定常計算）の方法は、以下のとおりである。

- ① 帯水層ごとに掘削時の静水位をもとに地下水位分布を設定
- ② 1989年から1992年の5年間の条件で10サイクル（50年間）の計算を実施
- ③ ②の最終ステップの計算水頭を検証非定常計算の初期水頭として入力

2) 計算水頭変動と実測水頭変動との比較

表 3-4-11 基盤岩類の分類と地下水ポテンシャル

| 表層地質 | 地下水ポテンシャル | |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 高 | 可能 |
| カンブリア系堆積岩 | <ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯を伴う粗粒玄武岩の分布 泥質岩分布域の破砕帯密集域 (石英脈分布域) | <ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 石英脈分布域 Kidira-Bakel 周辺では、本層下位の変成岩類が主要な帯水層となる |
| カンブリア紀火山岩 (安山岩) | | <ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 |
| カンブリア紀変成岩 (片岩、珪岩) | <ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯を伴う粗粒玄武岩の分布 (石英脈分布域) | <ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 石英脈分布域 |
| 粗粒玄武岩 | <ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 | <ul style="list-style-type: none"> 小規模破砕帯分布域 |
| Birimien 系 (片岩、珪岩、グレイワッケ、礫岩) | <ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯を伴う粗粒玄武岩の分布 (石英脈分布域) | <ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 石英脈分布域 |
| Cipolins (結晶質石灰岩) | | <ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 |
| 玄武岩類 | <ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 | <ul style="list-style-type: none"> 小規模破砕帯分布域 |
| 安山岩類 | | <ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 |
| 角閃岩 | | <ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 |
| 花崗岩類 (下記以外) | | <ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 石英脈分布域 ペグマタイト脈分布域 |
| 花崗岩類(造山時火成活動) | <ul style="list-style-type: none"> 粗粒質花崗岩分布域の深層風化 粗粒質花崗岩分布域の貫入岩分布 塩基性岩類の貫入域 | <ul style="list-style-type: none"> 断層・破砕帯分布域 石英脈分布域 ペグマタイト脈分布域 |