



unitar

United Nations Institute for Training and Research



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Direction du développement
et de la coopération DDC



Projet ResEau

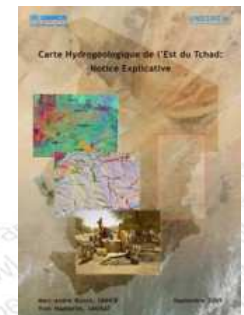
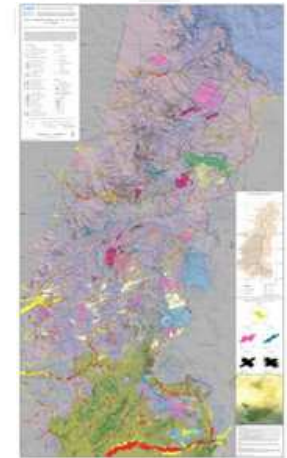
Cartographie des Ressources en Eau du Tchad

Marc-André Bünzli

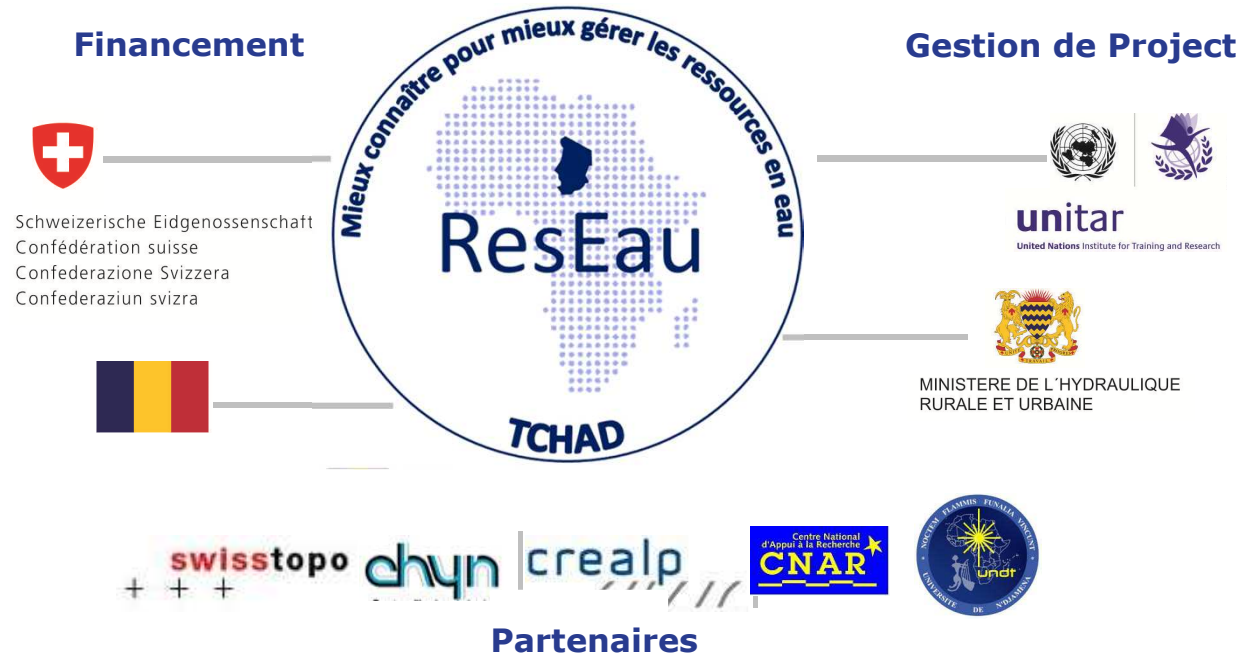
Direction du Développement et de la Coopération
Département Fédéral des Affaires Etrangères

Références historiques et contexte

- En 2004-2005, UNHCR a mandaté UNOSAT pour réaliser une étude sur les potentialités en eau de la région du Ouaddaï (Est) qui accueille plus de 200'000 réfugiés.
- Une étude hydrogéologique basée sur l'analyse d'images satellitaires a permis d'identifier:
 - ✓ Zones propices à des forages, permettant ainsi d'augmenter les ressources en eau des camps existants
 - ✓ Sites potentiels pour l'établissement de nouveaux camps de réfugiés
- Les deux principaux produits, carte hydrogéologique de la région du Ouaddaï et la base de données SIG, ont été partagés avec les autorités locales et l'ensemble des acteurs impliqués dans le secteur de l'eau, dans le but de bénéficier aux réfugiés, mais aussi à la population locale.
- Le projet ResEau résulte d'une demande du gouvernement du Tchad auprès de la Coopération Suisse (DDC) d'étendre la couverture cartographique à l'ensemble du territoire tchadien. L'Institut des Nations Unies pour la Formation et la Recherche (UNITAR) et son programme opérationnel pour les applications satellitaires UNOSAT, ont été mandatés par la DDC pour la mise en œuvre de ce projet.



Acteurs et gouvernance



Trois instances de gouvernance sont en charge de la gestion du projet, des développements scientifiques et de la validation des publications scientifiques et des cartes hydrogéologiques:

- ✓ Comité de pilotage
- ✓ Comité scientifique
- ✓ Comité de lecture

knowledge, international, participatory approach, r
diversity, innovation, knowledge sharing, research
bin. transfer, expertise, new technology
learning by doing, network
ship, skills building, ext

Objectifs et phases du projet ResEau

Objectif principal

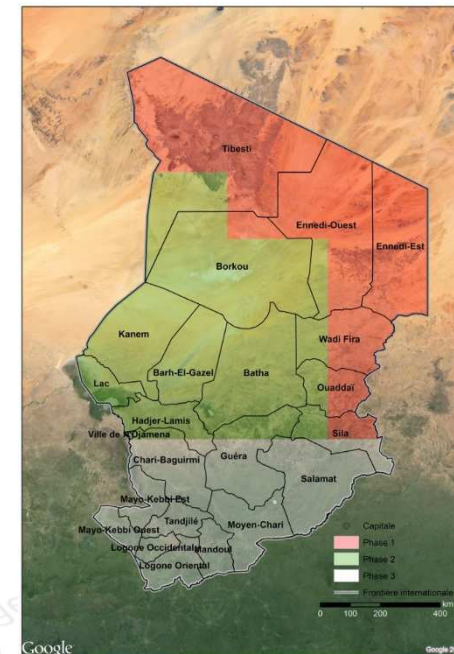
- **Augmenter la résilience du Tchad face aux variations climatiques par une gestion active des ressources en eau**

Objectifs spécifiques

- Améliorer les connaissances sur la ressource en eau
- Renforcer les capacités nationales dans les domaines de la géologie, l'hydrogéologie et des SIG
- Partager/utiliser les données et outils produits

Le projet ResEau a été planifié en 3 phases sur une période 9 ans:

- ✓ **Phase 1 (2012 – 2015):** Amélioration des connaissances sur les ressources en eau dans les régions Est et Nord où s'exercent les plus fortes pressions pastorales et villageoises.
- ✓ **Phase 2 (2015 – 2019):** Cartographie du Centre du Tchad
Qualité des eaux
- ✓ **Phase 3 (2019 – 2021):** Cartographie du Sud du Tchad
Gestion des ressources en eau



Produits du Projet ResEau

Les principaux résultats atteints par le projet ResEau durant la phase 1 peuvent être résumés comme suit selon les objectifs prioritaires:

- ✓ Améliorer les connaissances sur la ressource en eau
 - Systèmes d'Informations sur le Ressources en Eau (SIRE)
 - Cartes hydrogéologiques au 1/500,000 et au 1/200,000
- ✓ Renforcer les capacités nationales de gestion des ressources en eau
 - Master HydroSIG
 - Formations continues des cadres du MEH
- ✓ Partager et utiliser les données et outils produits
 - Centre de Documentation et d'Informations Géographiques (CDIG)

Base de données et produits cartographiques

SIRE



Cartes hydrogéologiques

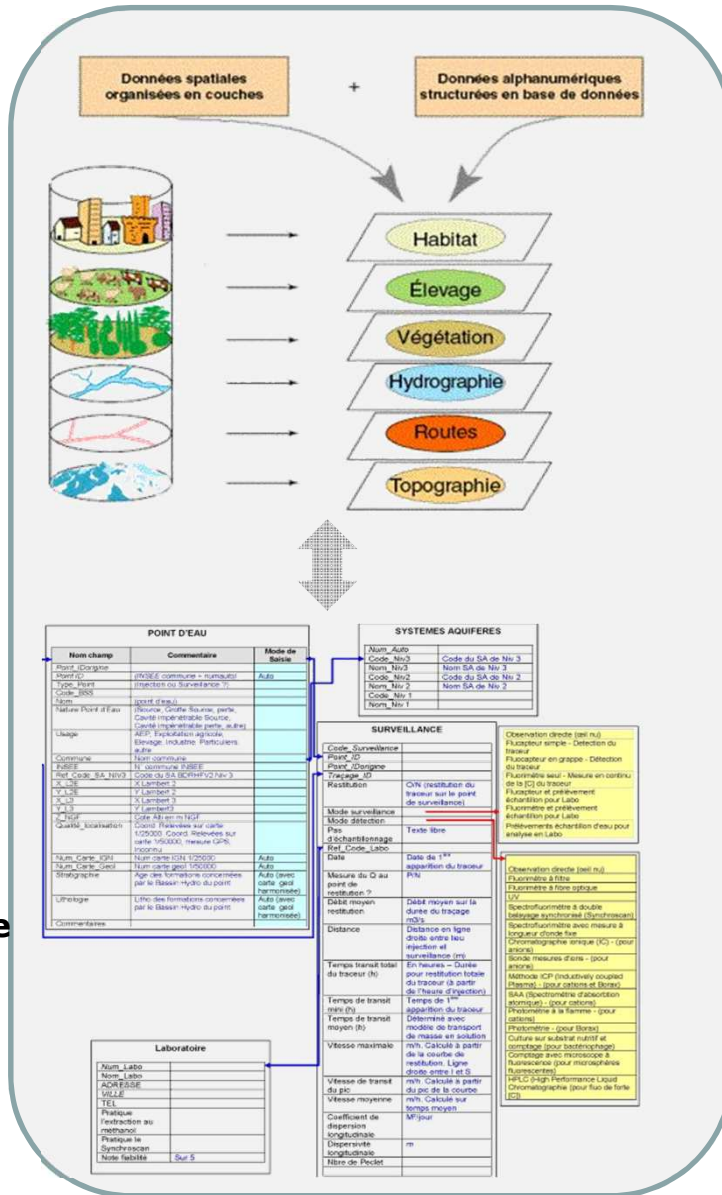


knowledge, international, participatory approach, diversity, innovation, knowledge sharing, research, transfer, expertise, new technology, learning by doing, network, ship, skills building, etc.

SIRE

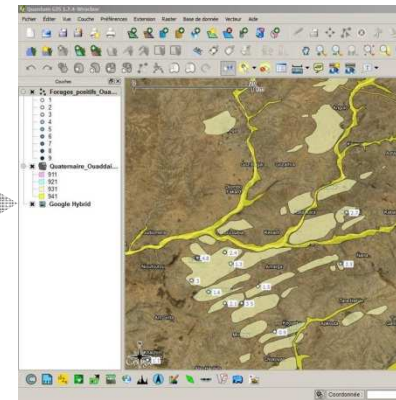
(Système d'Information sur les Ressources en Eau)

SIG Eau



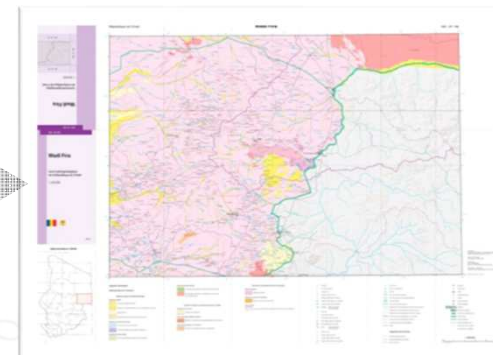
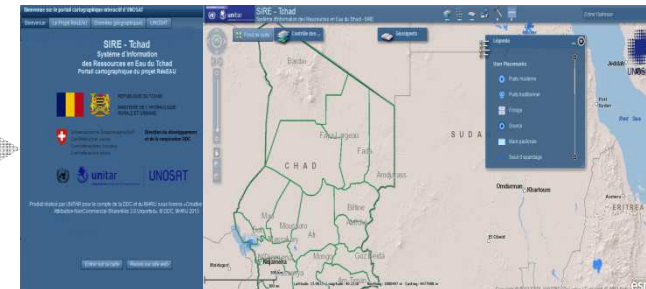
BD SITEAU

Ressources Documentaire



Analyses SIG

Portail Géographique



Cartes hydrogéologiques

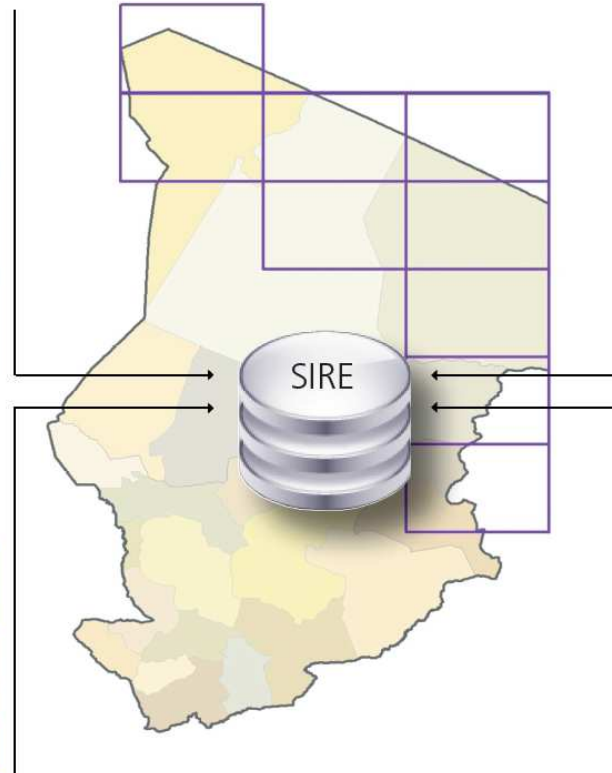
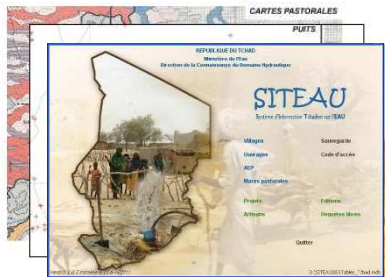
SIRE

(Système d'Information sur les Ressources en Eau)

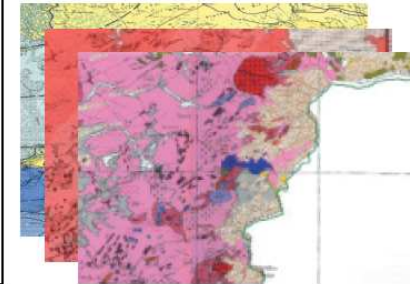
~400 articles scientifiques sur la géologie et les ressources en eau

FICHE FORAGE/PMH		Date	/ / /20
Id	FICHE FORAGE/PMH	Date	/ / /20
Scu	FICHE FORAGE/PMH	Date	/ / /20
Sous-Préfecture			
Canton			
Nom du			
N° localité PROGRES			
Description et usage de l'ouvrage			
Type d'ouvrage			
Usage principal			
Etat de l'ouvrage			
Si abandon, quelle en est la cause ?			

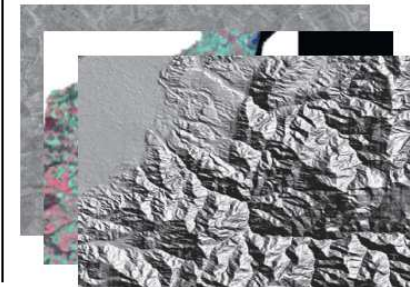
Données de terrain
Analyses chimiques, observations géologiques,
Base de données SITEAU sur les points d'eau



~600 cartes thématiques et topographiques



~600 Images satellite



Données existantes

- Informations géographiques non centralisées, peu ou pas de partage.
- Données obsolètes, couvertures spatiales hétérogènes.
- Nécessité de données plus précises, actuelles et exhaustives

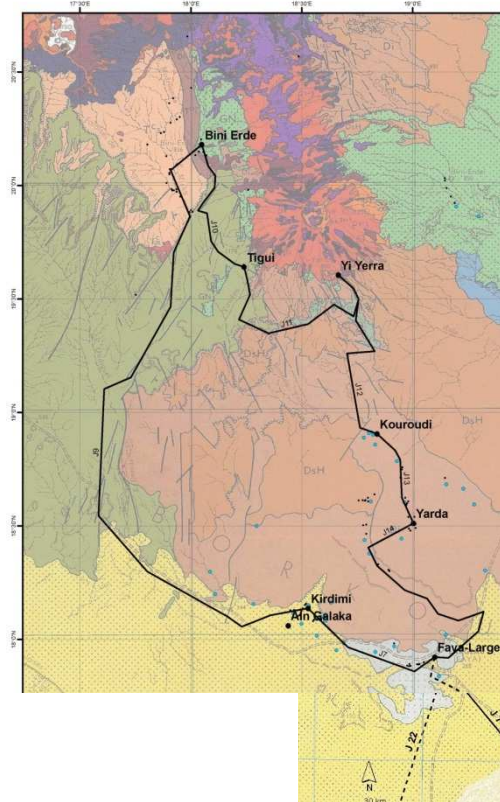
Knowledge, international, participatory approach, research, innovation, knowledge sharing, new technology, diversity, transfer, expertise, learning by doing, network, skills building, etc.

Missions scientifiques

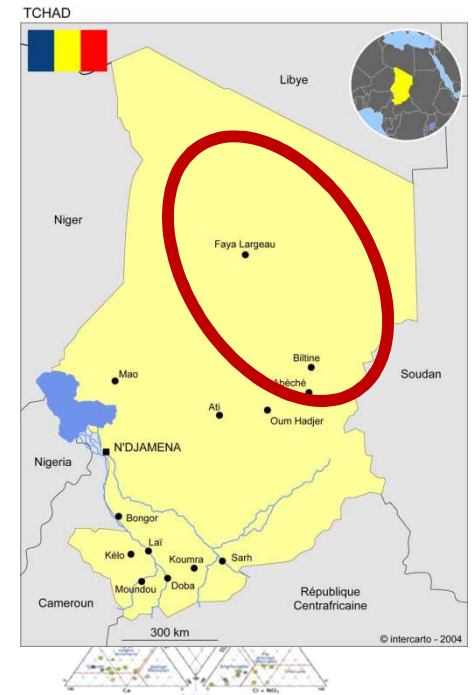
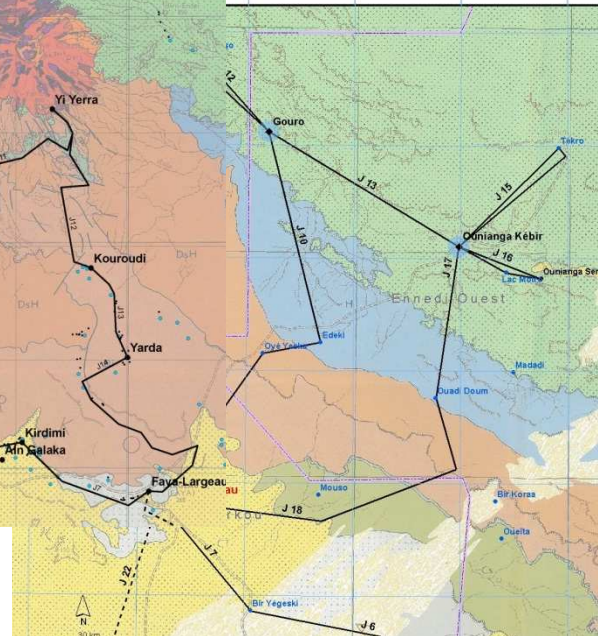
- Améliorer la qualité et la quantité des informations sur la géologie et les ressources en eau
- Calibration et validation des analyses d'images satellite.



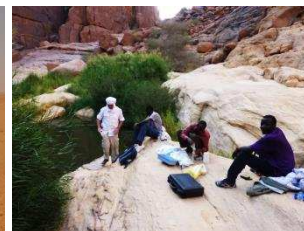
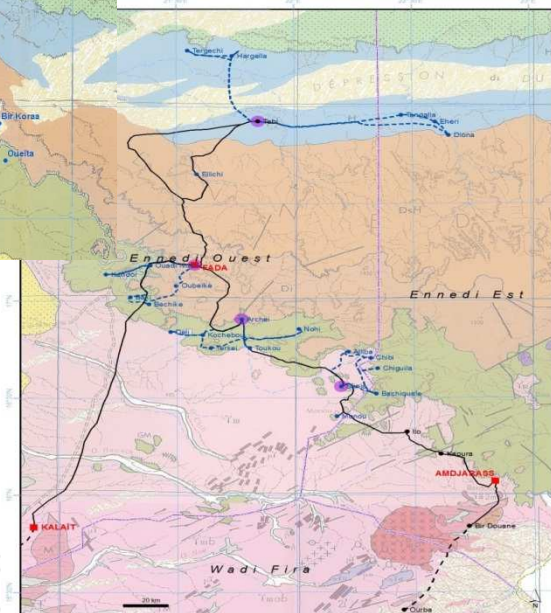
Borkou 2015



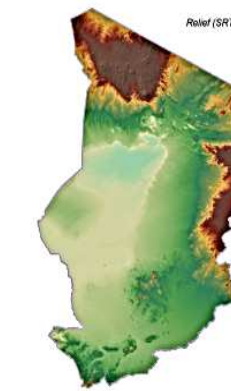
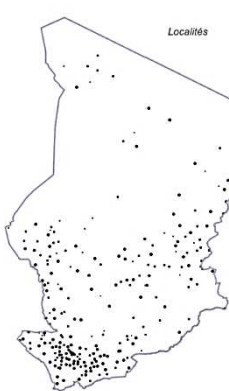
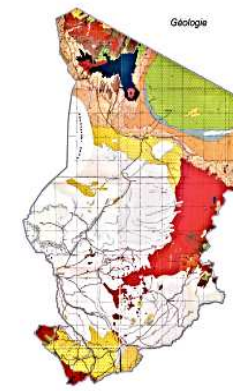
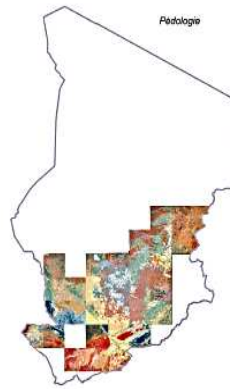
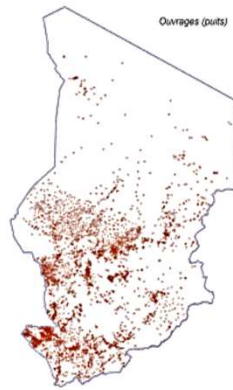
Grès de Nubie 2014



Ennedi 2013



Catalogue SIRE (extrait)

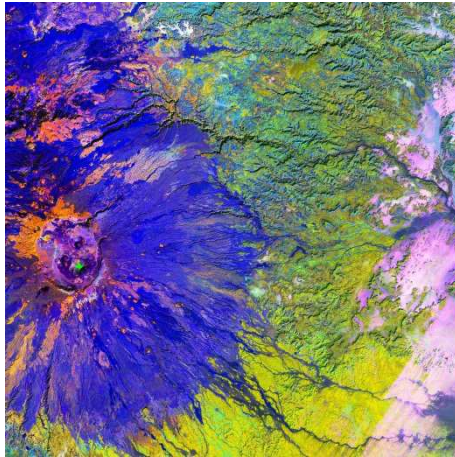


ny approach, r
aring, research
ew technology
ing, network
skills building
ing, ext

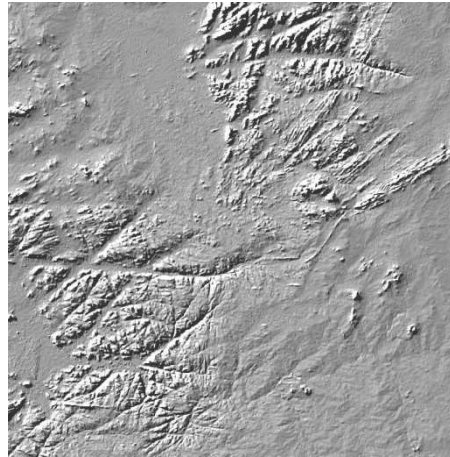
Valeur ajoutée des images satellites



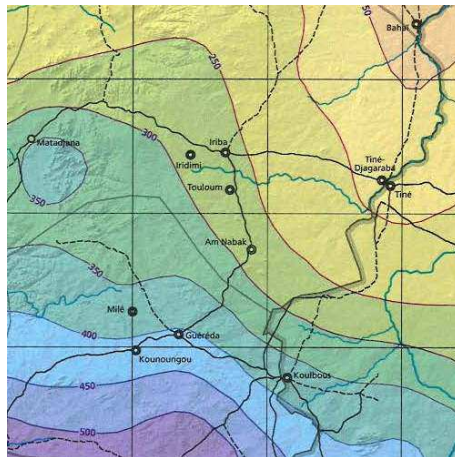
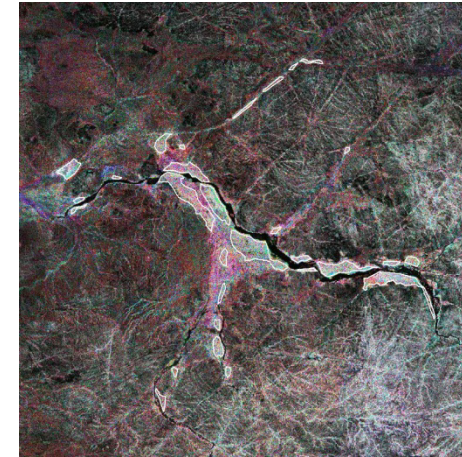
Géologie -> Hydrogéologie



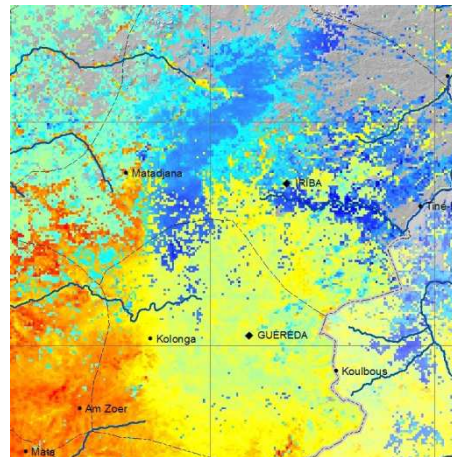
Failles, bassins versants



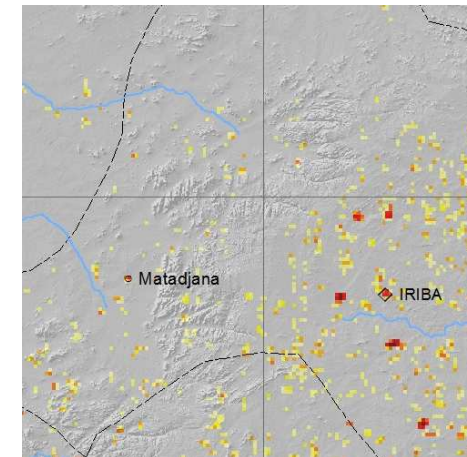
Humidité des sols, végétation



Pluviométrie



Evapotranspiration



Villes, village, population

knowledge, international capacity approach, research, diversity, innovation, knowledge sharing, new technology, transfer, expertise, learning by doing, network, ship, skills building, etc.

Typologie des images satellites utilisées

Diversité des images satellites dans la base de données SIRE

- **Optique (visible)**

Google Earth /BING

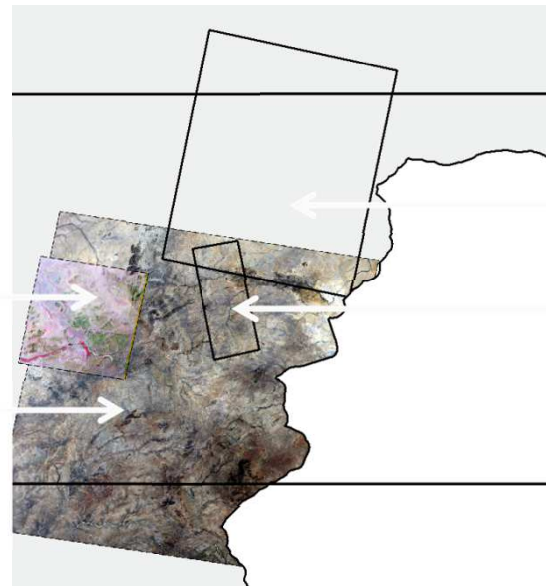
- **Optique**

ASTER

3 VNIR, 5 SWIR, 5 TIR
Résolution: 15, 30, 90 m
Scene: 60x60km
100 CHF

LANDSAT-7

4 VNIR, 2 SWIR, 1 TIR
Résolution: 15, 30, 90 m
Scene: 185 x185 km
Free



- **RADAR**

ASAR

C (~5 GHz)
Resolution: 30 m
Scene : 100x100 km
Free (R&D)

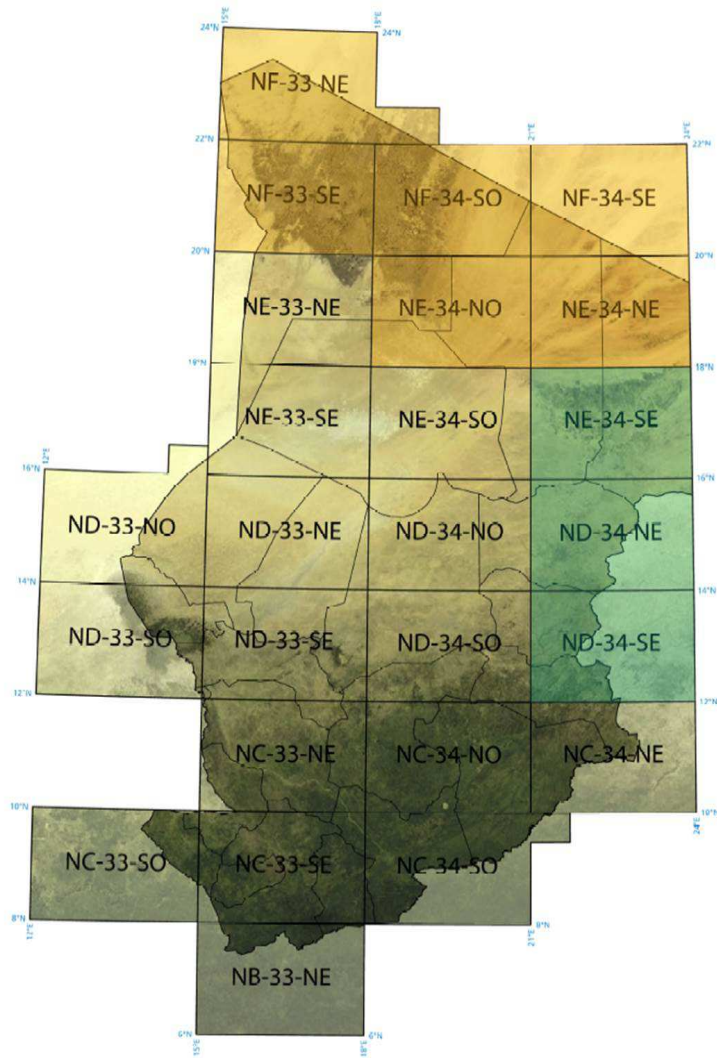
ALOS/ PALSAR

L (~1.5 GHz)
Resolution: 24 m
Scene: 40x70 km
100 CHF

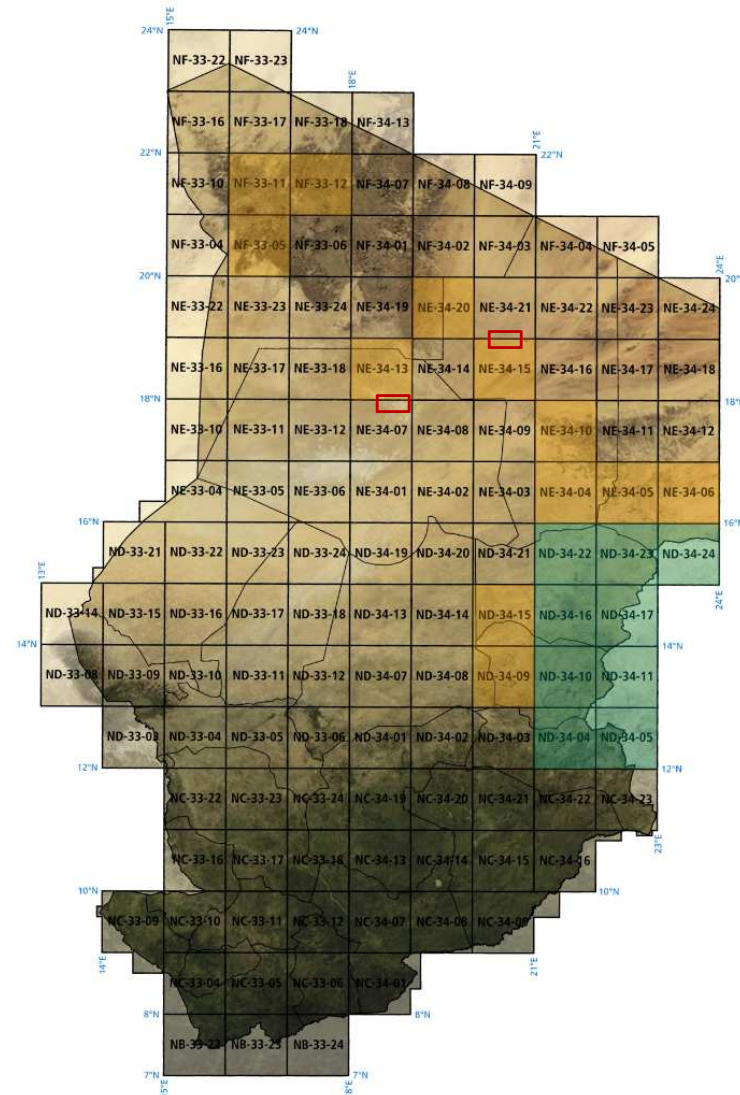
- Résolution variable, de faible (grande couverture) à très détaillée.
- Surtout utile pour la cartographie des roches, des sols, de l'humidité.

Cartes hydrogéologiques

1:500'000



1:200'000



Exemple de carte hydrogéologique (recto)

Wadi Fira

Carte hydrogéologique de reconnaissance de la République du Tchad

1:500000

ND-34-NE

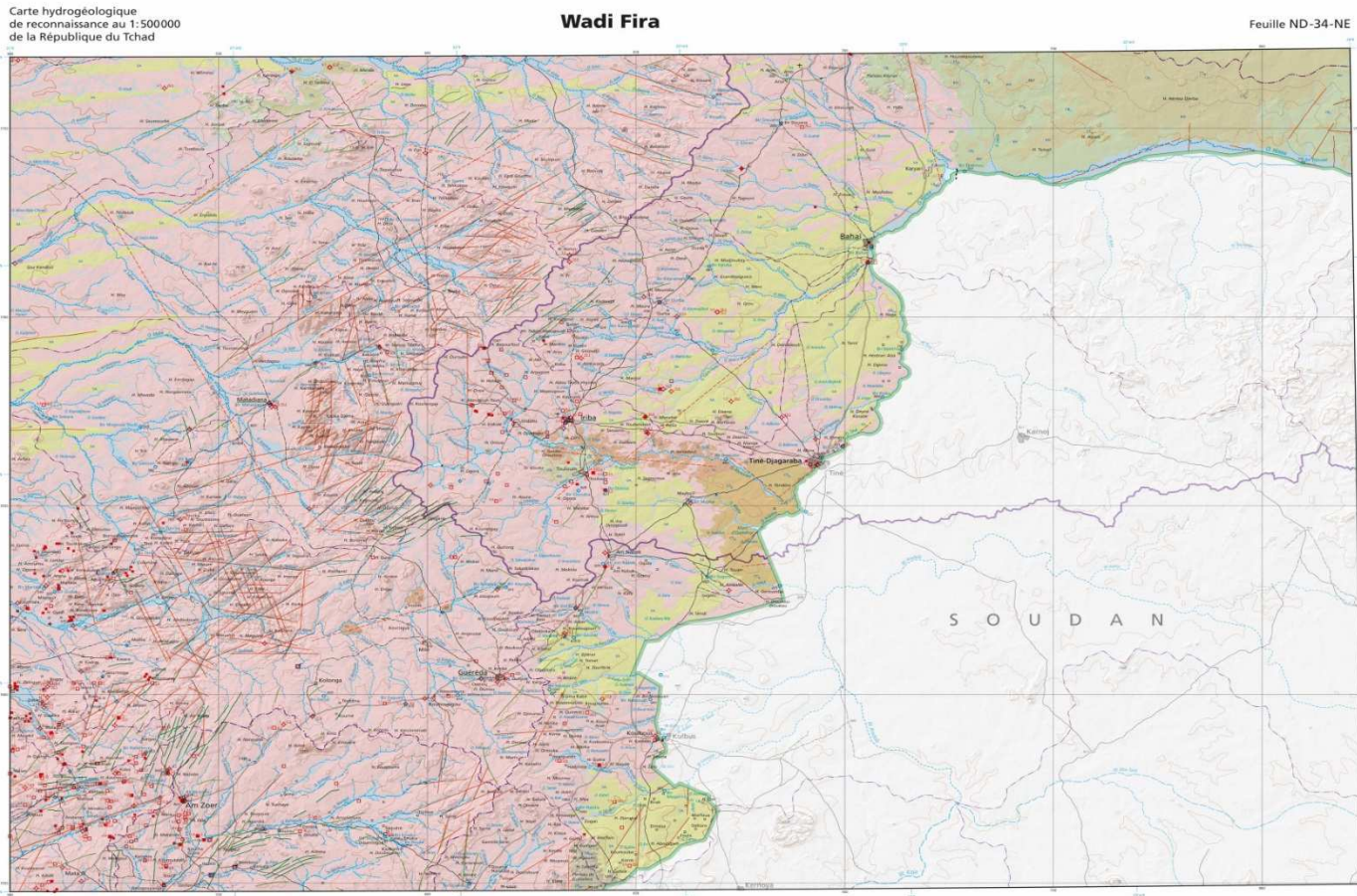
Wadi Fira

Carte hydrogéologique de reconnaissance de la République du Tchad

1:500000

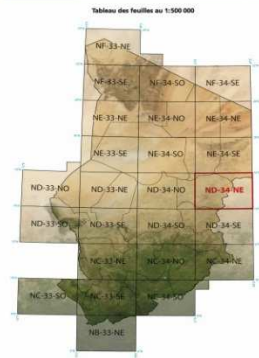
UNOSIT

2014



Projection: Métrique Transverse Universelle (MTU) (U.T.M.)
 Coordonnées en mètres au 100
 Projections: U.T.M.
 Métrique Transverse Universelle
 Datum géodésique: WGS84
 Navigation: WGS84
 Transformation géométrique en avance en ligne
 27 2 40"
 Altitude: 1000 m au-dessus du niveau de la mer
 Référentiel géodésique: WGS84 (Datum Transverse Métrique 1984)

Projeté par: UNOSIT et UNOSIT pour le compte de la DDC et de l'ANRS
 2014, 2015



Hydrogéologie des formations

Aquifères en charge à productivité généralement élevée

Aquifères de confinement de base

Formations à productivité faible ou nulle

Contour de base

Couche de couverture

Structures jouant un rôle hydrogéologique

Coverings

Qualité de l'eau

Eaux de surface

Carte de base

Échelle: 1:500 000

Équidistance des courbes de niveau: 50 m

knowledge, innovation, diversity, transfer, expertise, learning by doing, leadership, skills building, etc.

Notice explicative de la carte hydrogéologique (verso)



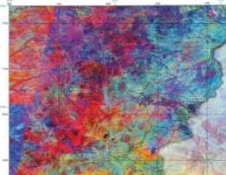
Qualité et chimie des eaux

Les données de qualité des eaux sont présentées dans le tableau ci-dessous, montrant les concentrations de divers ions et minéraux.



Données hydrochimiques de Schemet et Wolff (1992)

N°	Prof.	Prise	Prof.	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO4	HCO3	pH	Temp.	Cond.	Dureté	Alcalinité	Dureté totale	Dureté carbonate	Dureté non-carbonate	Clé
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
13	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



Images satellites et géologie

Les images satellites et géologiques sont présentées dans le tableau ci-dessous, montrant les différentes zones géologiques et les zones hydrogéologiques.

CONCEPT GÉNÉRAL DE LA CARTE

Le concept général de la carte hydrogéologique est basé sur la connaissance des différents types de roches et des zones hydrogéologiques. La carte est conçue pour montrer les différentes zones hydrogéologiques et les zones de recharge.



CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE RECONNAISSANCE

MÉTODES

Les méthodes utilisées pour la réalisation de la carte hydrogéologique sont basées sur les données géologiques, géochimiques et géophysiques. Les méthodes de terrain et de laboratoire sont utilisées pour collecter et analyser les données.



CONTEXTE RÉGIONAL

HYDROGÉOLOGIE

La géologie régionale est basée sur les données géologiques et géochimiques. Les données géologiques et géochimiques sont utilisées pour comprendre les différents types de roches et les zones hydrogéologiques.

Diagramme des propriétés aquifères des principaux aquifères géologiques

Unité	Profil	Prof.	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO4	HCO3	pH	Temp.	Cond.	Dureté	Alcalinité	Dureté totale	Dureté carbonate	Dureté non-carbonate	Clé	
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
13	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Aquifères de la base de l'âge carboné

Les aquifères de la base de l'âge carboné sont basés sur les données géologiques et géochimiques. Les données géologiques et géochimiques sont utilisées pour comprendre les différents types de roches et les zones hydrogéologiques.

Culture hydrogéologique, Contexte des SIG géospatiaux

Le contexte des SIG géospatiaux est basé sur les données géologiques et géochimiques. Les données géologiques et géochimiques sont utilisées pour comprendre les différents types de roches et les zones hydrogéologiques.

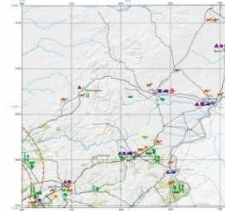
SOURCE DE DONNÉES ET RÉFÉRENCES

Les sources de données et les références sont présentées dans le tableau ci-dessous, montrant les différentes sources de données et les références bibliographiques.

BIBLIOGRAPHIE

La bibliographie est basée sur les données géologiques et géochimiques. Les données géologiques et géochimiques sont utilisées pour comprendre les différents types de roches et les zones hydrogéologiques.

BIBLIOGRAPHIE



CONTEXTE RÉGIONAL

HYDROGÉOLOGIE

La géologie régionale est basée sur les données géologiques et géochimiques. Les données géologiques et géochimiques sont utilisées pour comprendre les différents types de roches et les zones hydrogéologiques.

Diagramme des propriétés aquifères des principaux aquifères géologiques

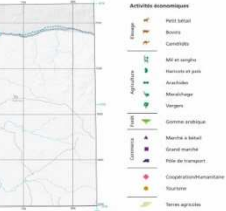
Unité	Profil	Prof.	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO4	HCO3	pH	Temp.	Cond.	Dureté	Alcalinité	Dureté totale	Dureté carbonate	Dureté non-carbonate	Clé	
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
13	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Aquifères de la base de l'âge carboné

Les aquifères de la base de l'âge carboné sont basés sur les données géologiques et géochimiques. Les données géologiques et géochimiques sont utilisées pour comprendre les différents types de roches et les zones hydrogéologiques.

Culture hydrogéologique, Contexte des SIG géospatiaux

Le contexte des SIG géospatiaux est basé sur les données géologiques et géochimiques. Les données géologiques et géochimiques sont utilisées pour comprendre les différents types de roches et les zones hydrogéologiques.



CONTEXTE RÉGIONAL

HYDROGÉOLOGIE

La géologie régionale est basée sur les données géologiques et géochimiques. Les données géologiques et géochimiques sont utilisées pour comprendre les différents types de roches et les zones hydrogéologiques.

Diagramme des propriétés aquifères des principaux aquifères géologiques

Unité	Profil	Prof.	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO4	HCO3	pH	Temp.	Cond.	Dureté	Alcalinité	Dureté totale	Dureté carbonate	Dureté non-carbonate	Clé	
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
13	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Aquifères de la base de l'âge carboné

Les aquifères de la base de l'âge carboné sont basés sur les données géologiques et géochimiques. Les données géologiques et géochimiques sont utilisées pour comprendre les différents types de roches et les zones hydrogéologiques.

Culture hydrogéologique, Contexte des SIG géospatiaux

Le contexte des SIG géospatiaux est basé sur les données géologiques et géochimiques. Les données géologiques et géochimiques sont utilisées pour comprendre les différents types de roches et les zones hydrogéologiques.



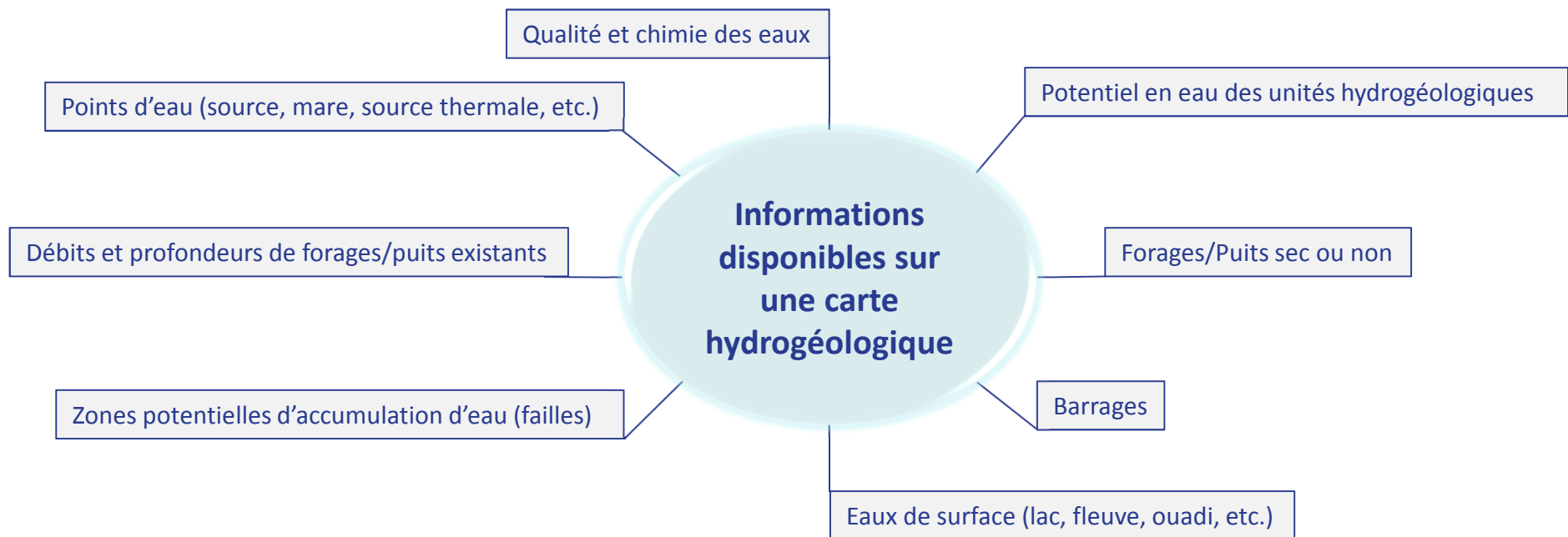
CONTEXTE RÉGIONAL

HYDROGÉOLOGIE

La géologie régionale est basée sur les données géologiques et géochimiques. Les données géologiques et géochimiques sont utilisées pour comprendre les différents

Utilité d'une carte hydrogéologique

Quel type d'informations est disponible sur une carte hydrogéologique ?

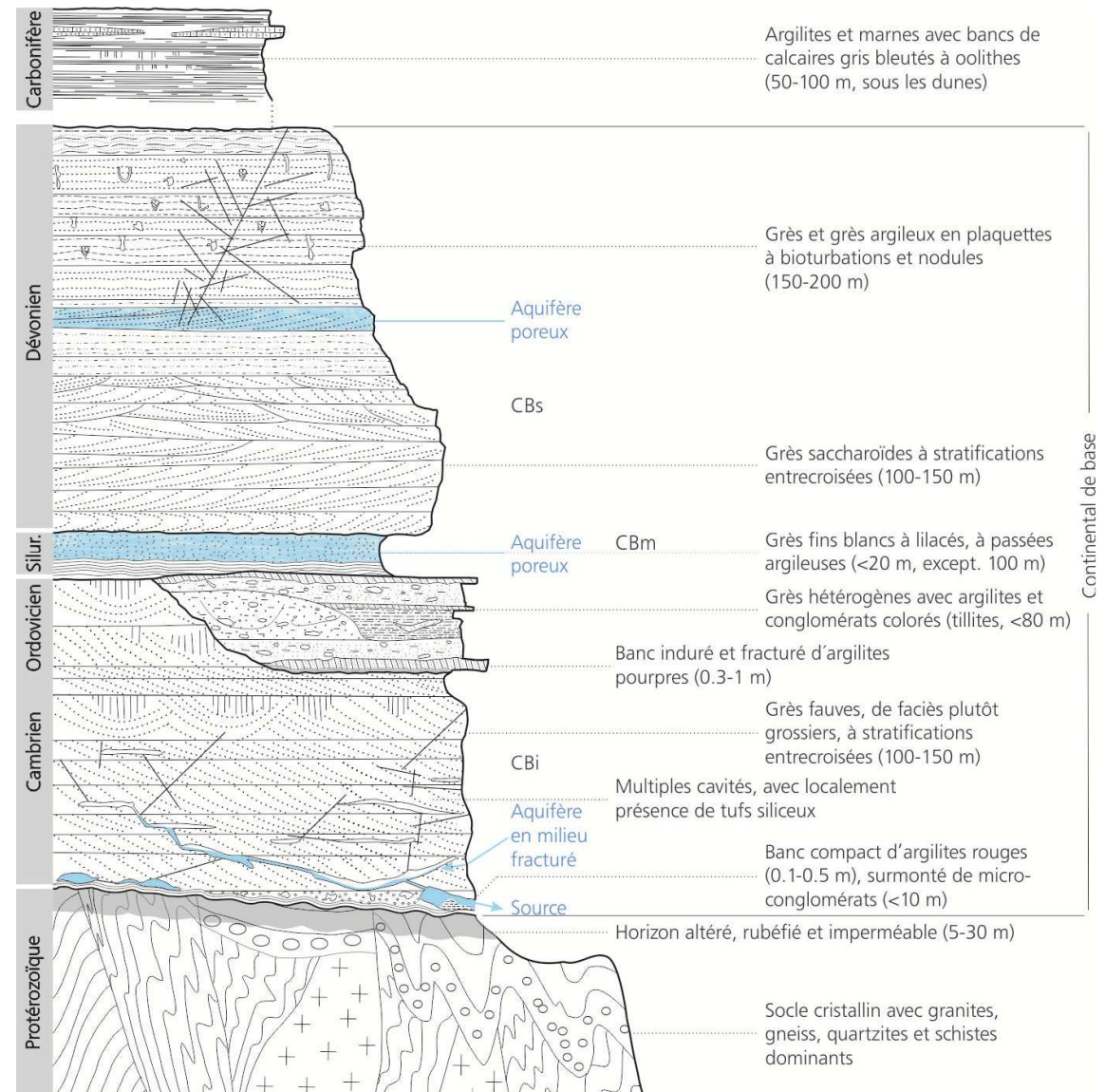


knowledge, international, participatory approach, m
diversity, innovation, knowledge sharing, research
bin. transfer, expertise, new technology
learning by doing, network
ship, skills building
ing, ext

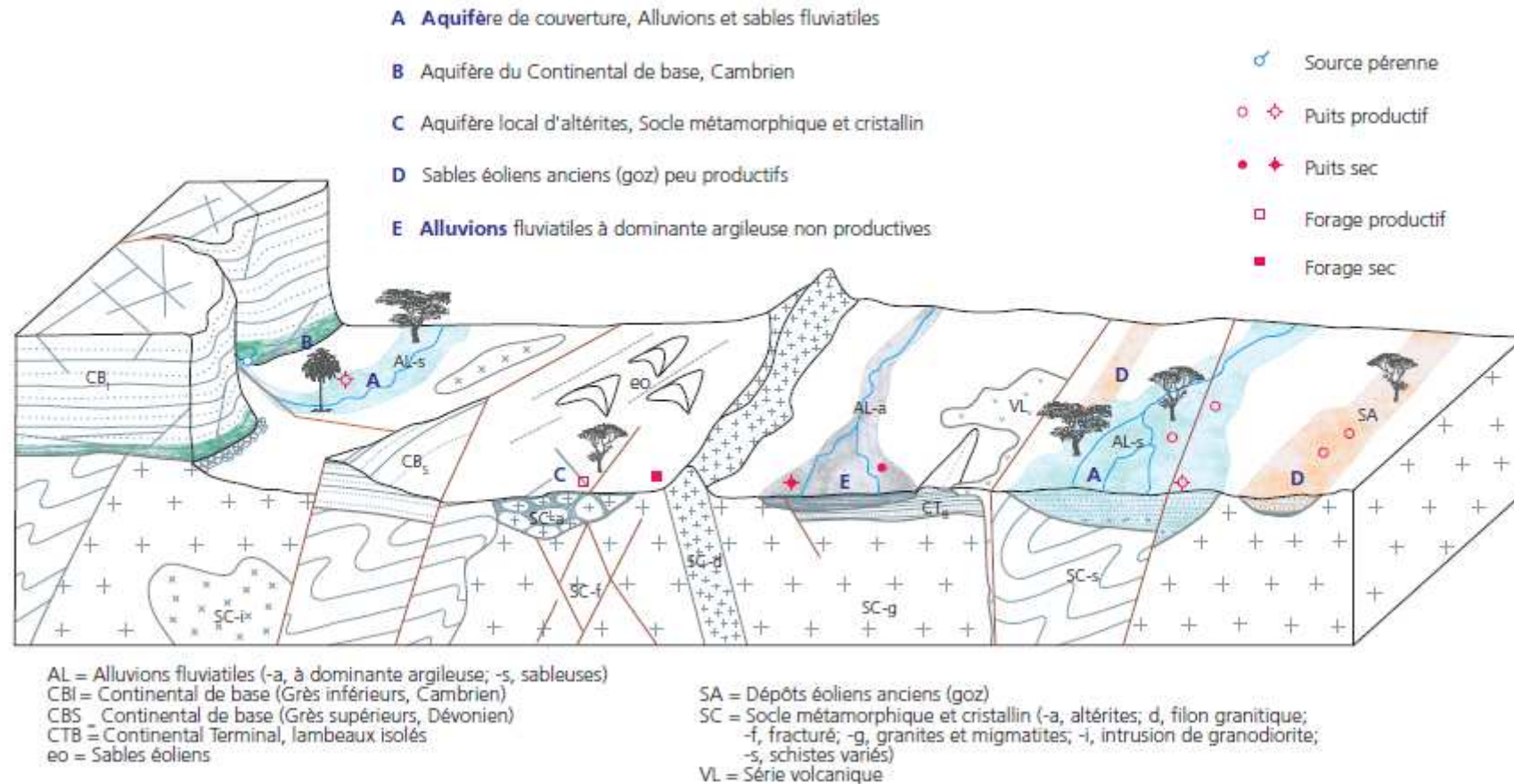
Mieux comprendre les relations entre les aquifères ...

Le verso des cartes comporte de nombreuses informations sur le traitement des images, la géologie de la région, les ressources en eau disponible et leur qualité, les ouvrages existants, et liste les références bibliographiques les plus importantes

Une colonne stratigraphique synthétique permet de séparer les unités en différents systèmes hydrogéologiques.



... pour mieux appréhender les relations spatiales...

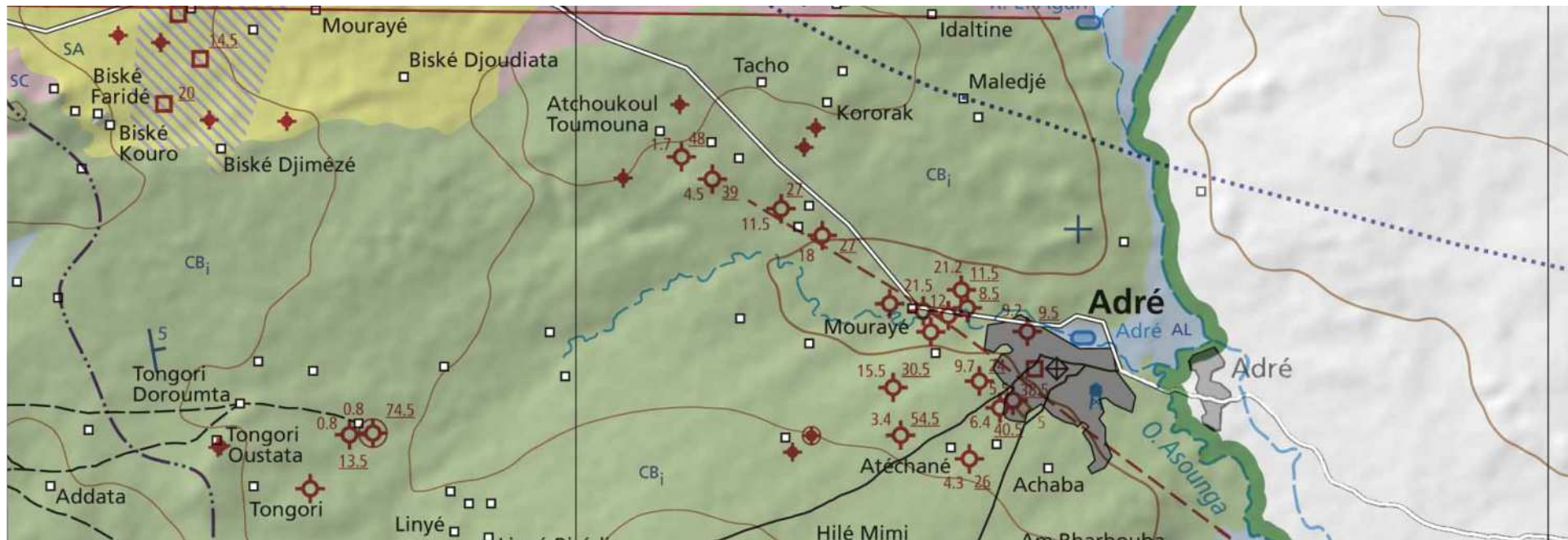


Un bloc diagramme synthétique sur le verso des cartes illustre les relations entre les unités hydrogéologiques et permet une appréhension en 3 dimensions des ressources en eau

knowledge, international, participatory approach, n
 diversity, innovation, knowledge sharing, research
 win-win, transfer, expertise, new technology
 learning by doing, network
 ship, skills building, ex

... pour définir des périmètres de protection autour des puits

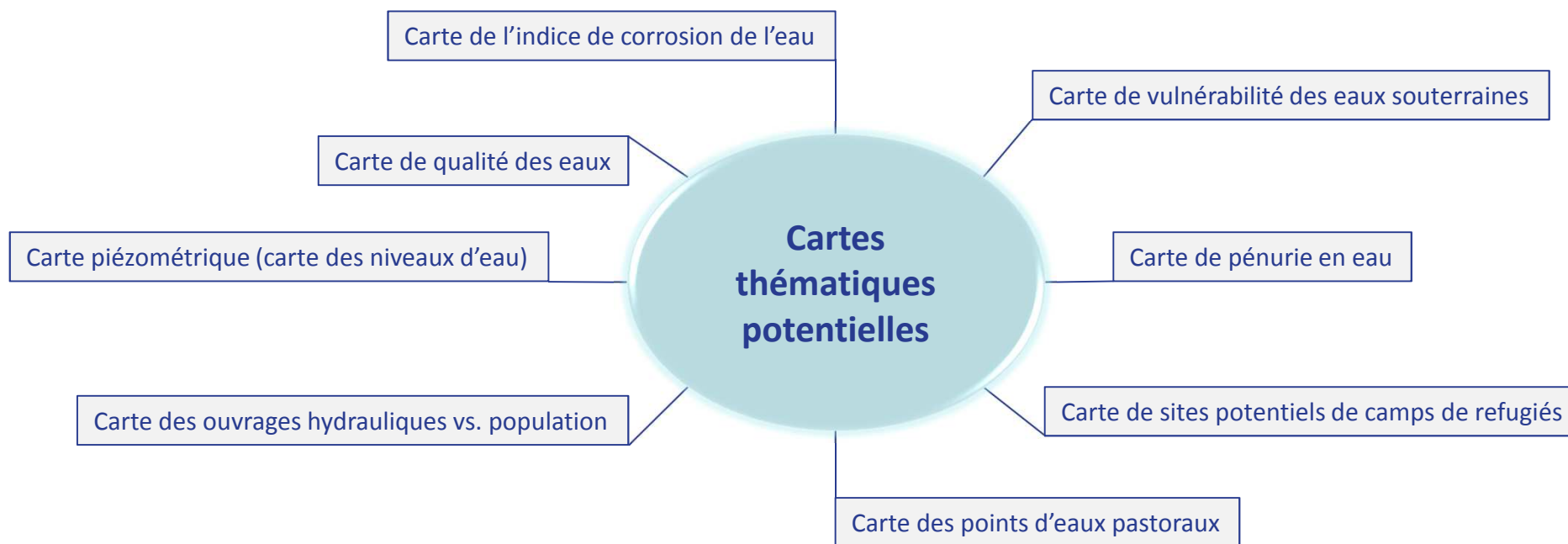
Une série de forages positifs sont alignés le long d'une **faille importante** qui traverse la ville d'Adré. C'est en même temps un conducteur hydraulique qui fournit beaucoup d'eau et une zone le long de laquelle une pollution accidentelle pourrait avoir un très grand impact



Pour protéger efficacement et durablement les ressources en eau de la ville d'Adré, un périmètre de protection limitant des activités potentiellement polluantes le long de la faille doit maintenant être mis en place

knowledge, international, participatory approach, diversity, innovation, knowledge sharing, research, transfer, expertise, new technology, learning by doing, network, ship, skills building, etc.

Quel type de cartes thématiques peut-on produire avec les données du SIRE associées aux cartes hydrogéologiques?

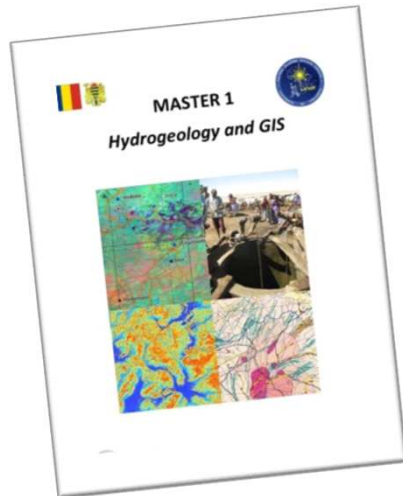


Master HydroSIG et Formations Continues



knowledge, international, participatory approach, r
diversity, innovation, knowledge sharing, research
bin. transfer, expertise, new technology
learning by doing, network
ship, skills building
ing, ext

Master Professionnel HydroSIG



- Cérémonie d'inauguration le 26 octobre 2013
- Applications des SIG aux sciences de l'eau en particulier l'hydrogéologie
- Corps enseignant issu du Consortium des Universités et Instituts Tchadiens
- Interventions du corps enseignant de l'Université de Neuchâtel (CHYN)
- Année universitaire 2014/2015
 - ✓ 2^{ème} promotion Master 1 : 23 étudiants
 - ✓ 1^{ère} promotion Master 2: 10 étudiants



Université de Neuchâtel



unitar

United Nations Institute for Training and Research



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederaziun Svizra
Confederaziun svizra

Direction du développement
et de la coopération DDC

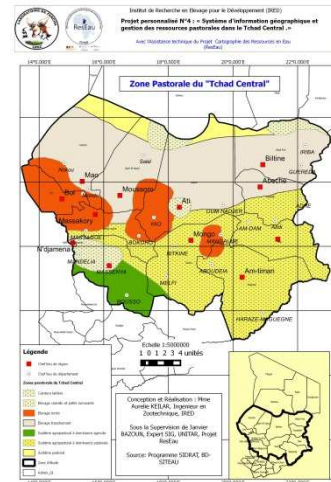
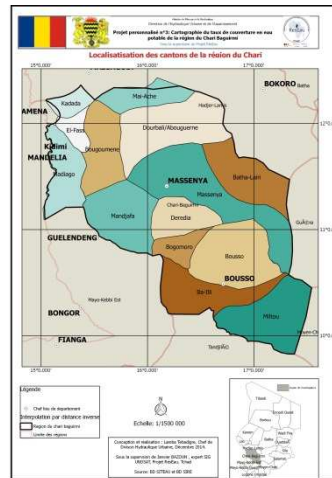
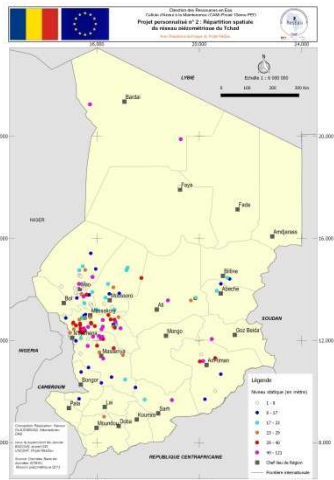
knowledge, innovation, knowledge
diversity, innovation, knowledge
win-win, transfer, expertise, network
learning by doing, network
ship, skills building, ext

- Décembre 2012
- Juin 2013
- Décembre 2013
- Août 2014
- Avril 2015

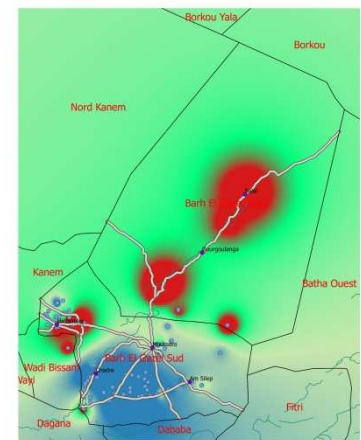
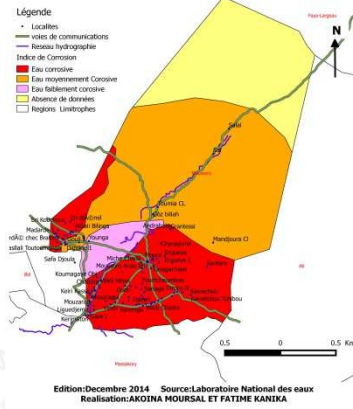
INTRODUCTION AUX SIG DU LEVE DE TERRAIN AUX CARTES NUMERIQUES

QUANTUM GIS: INTRODUCTION ET BASES PRECEDE PAR UNE MISE A NIVEAU GPS

SUIVI PERSONNALISE – PROJETS CARTOGRAPHIQUES



CARTE D'APTITUDE A LA CORROSION DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINES DU BARTH EL GAZAL



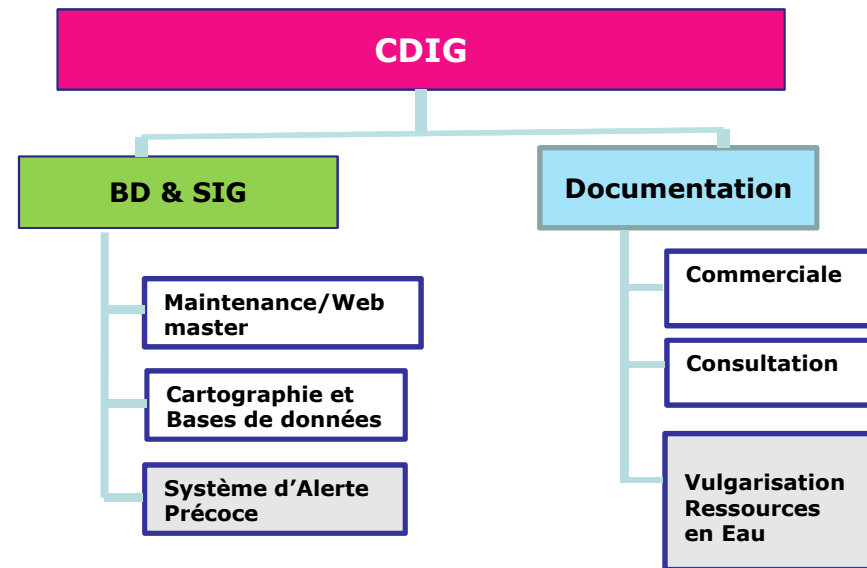
Centre de Documentation et d'Informations Géographiques



knowledge, international, participatory approach, diversity, innovation, knowledge sharing, research, sin. transfer, expertise, new technology, learning by doing, network, ship, skills building, ing, ext

Centre de documentation et d'Information Géographiques

- L'objectif du CDIG est de:
 - ✓ Faciliter la diffusion de l'information sur les ressources en eau afin de susciter ou d'inspirer des études pour la prise de décision dans ce secteur.
 - ✓ Promouvoir l'information géographique sur les ressources en eau pour un développement durable
 - ✓ Assurer la formation des cadres du MEH et des partenaires dans le domaine des SIG



Janvier 2013



Juin 2014



Avril 2015

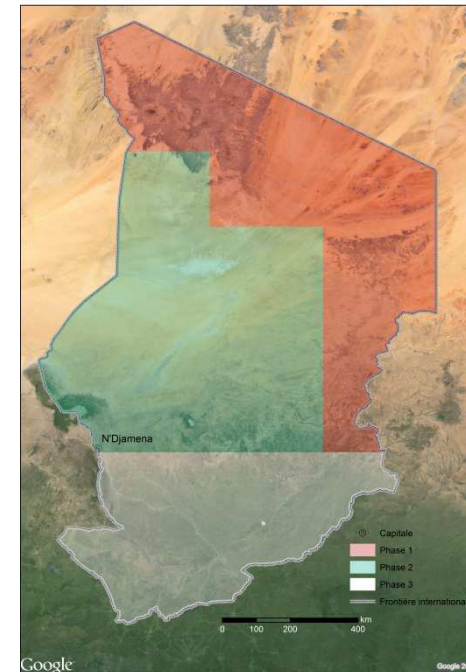
PHASE 2



Mandaté par le BuCo pour produire le PRODOC Phase 2

4 ans

Sept 2015 -> Août 2019



En charge des développements et de l'assistance technique

knowledge, international, participatory approach, r
diversity, innovation, knowledge sharing, research
sin, transfer, expertise, new technology
learning by doing, network
ship, skills building
ing, ext

Site Web du Projet ResEau

<https://reseau-tchad.org>



Cartographie des ressources en eau du Tchad



[Le Projet ResEau](#)

[Cartographie & SIG](#)

[Formation](#)

[CDIG](#)

[Partenaires](#)

[L'Equipe](#)

[News](#)

[Contacts](#)

knowledge, international, participatory ap...
diversity, innovation, knowledge sharing, research
sin. transfer, expertise, new technology
learning by doing, network
ship, skills building, ex...

Une carte hydrogéologique pour quoi faire?

Lors de l'évaluation du projet ResEau, il est apparu que beaucoup d'utilisateurs potentiels questionnent l'utilité de la carte produite.

Le but de cette présentation est tout d'abord de rappeler quelle information est disponible sur une carte, puis comment elle peut être utilisée pour mieux gérer l'eau

Pour mieux comprendre les relations spatiales entre géologie et ressources en eau

Le recto des cartes montre les unités hydrogéologiques, les failles, le système hydrographique, la pluviométrie, le relief, les points d'eau, les agglomérations, les routes.

Elle est conçue pour permettre trois niveaux de lecture, une vision d'ensemble, une analyse des relations entre divers éléments de la carte et finalement un inventaire exhaustif des ouvrages hydrauliques.

Hydrogéologie des formations

Aquifères majeurs à productivité potentiellement élevée

Aquifères meubles

Al Alluvions et sables fluviaux Quaternaire

Aquifères du Continental de base

CB₁ Grès grossiers, friables et sablonneux parfois conglomératiques Grès inférieurs, Cambrien

Aquifères à productivité moyenne

Aquifères meubles

Al Alluvions et sables fluviaux avec composante limoneuse Quaternaire

Aquifères du socle et des formations métamorphiques

SA Dépôts éoliens anciens (goz) sur altérites Pléistocène / Précambrien

SC Granites, migmatites localement productifs dans les altérites Précambrien

Formations à productivité faible ou nulle

Recouvrement éolien

SA Sables anciens (goz) Pléistocène

Continental de base

CB₁ Grès grossiers, friables et sablonneux parfois conglomératiques en situation désaturée Grès inférieurs, Cambrien

Formation de Goz Beida

GB Schistes variés, phyllites, quartzites et marbres Précambrien

Socle cristallin du Ouaddaï

SC Granites, migmatites, rares gneiss et schistes Précambrien

Eaux souterraines

→ Direction d'écoulement de la nappe

Stations de mesure et précipitations

- ⊕ Station météorologique
- ⊙ Station limnimétrique
- ⋯ Isohyète de précipitations annuelles

Zones irriguées

Terre agricole

Eaux de surface

- Lac, étang
- Lac, étang (temporaire)
- Lac salé
- Fleuve, rivière (permanent)
- Ouadi, cours d'eau temporaire (plus de 3 mois par an)
- Ouadi, cours d'eau temporaire (1 mois par an)

Structures à rôle hydrogéologique potentiel

- Faille
- - - - - Faille supposée
- Filon mafique
- Filon felsique et brèche associée
- 10 Direction et pendage des couches

Ouvrages

- 1.6 7 Puits débit d'exploitation (m³/h) profondeur d'eau (m)
- Puits sec
- 1.6 7 Forage débit d'exploitation (m³/h) profondeur d'eau (m)
- ✦ Forage sec
- 4.4 52 Forage profond débit d'exploitation (m³/h) profondeur d'eau (m)
- ✦ Forage profond sec (>50m)

Points d'eau

- Bir, puits traditionnel
- ☒ Mare naturelle

Qualité de l'eau

- Analyse chimique (n° réf., voir tableau au verso)
- ⋄ Teneur en fluor >1.5 mg/l

Adduction et aménagements

- ☒ Station de pompage
- ↑ Château d'eau
- Conduite d'adduction
- ☒ Mare aménagée

Carte de base

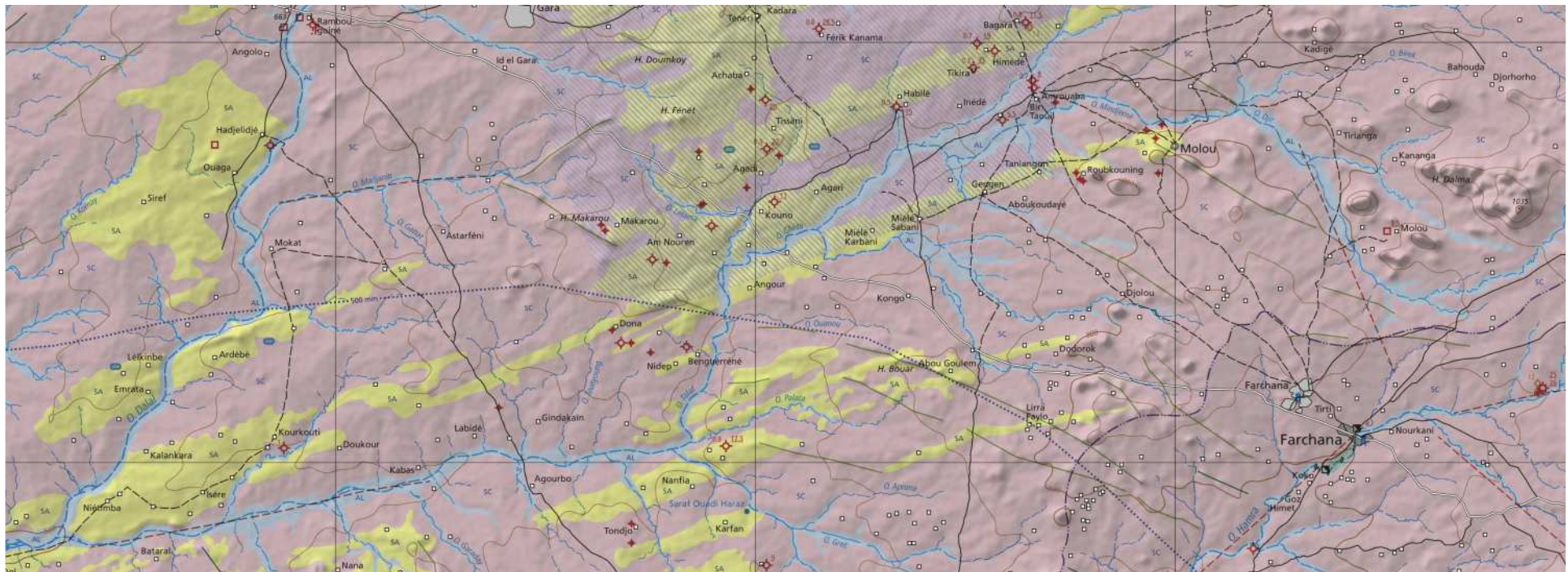
- Courbe de niveau (40 m)
- Courbe directrice (200 m)
- Route principale bitumée
- Route principale non bitumée
- Piste principale
- - - - - Piste secondaire
- ✈ Aéroport
- ✈ Aérodrome
- Limite d'Etat

- N'DJAMENA** Capitale
- Abéché** Chef-lieu de région
- Guéréda** Chef-lieu de département

- Am Nabak ☒ Localité temporaire
- Oumou ☒ Localité < 500 habitants
- Mata ☒ Localité 500 - 2000 habitants
- Iriba ☒ Localité 2000 - 10000 habitants

... A développer les cordons sableux d'Abou Goulem

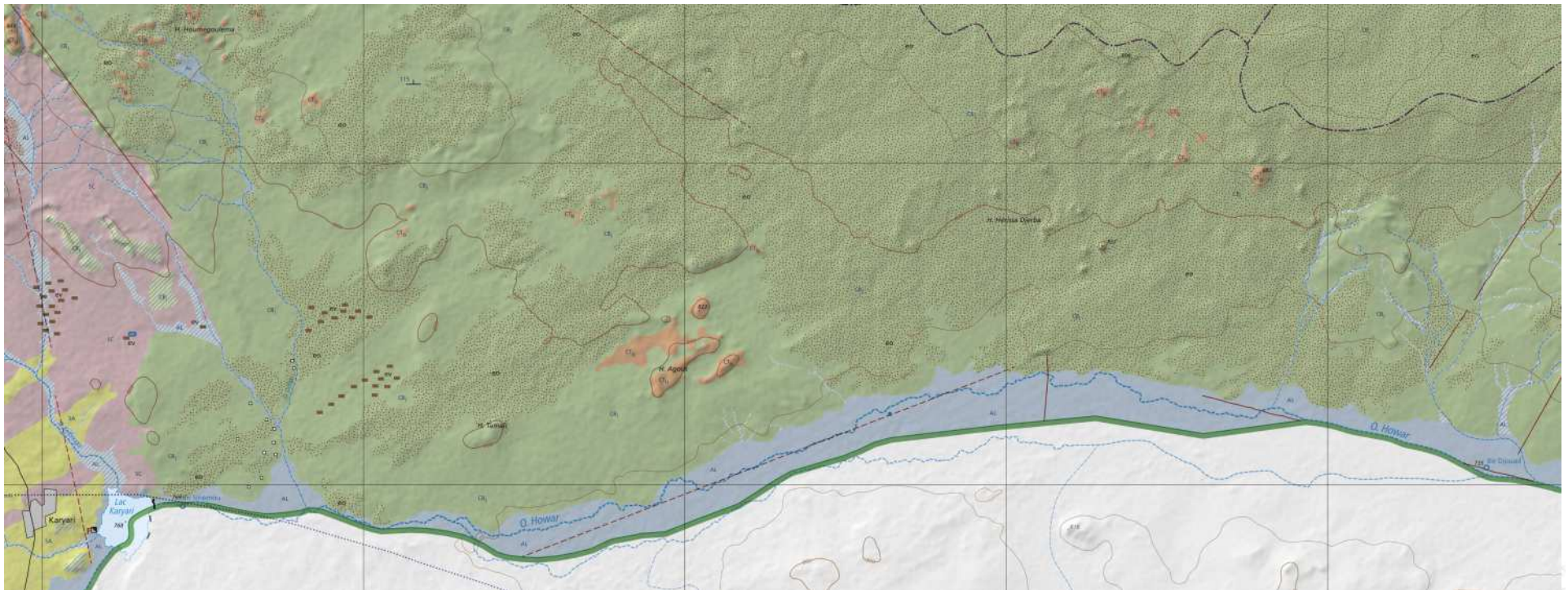
L'analyse des images satellite a permis de mettre en évidence un remplissage sableux de sillons creusés par le vent. De l'eau se concentre au fond de ces cuvettes, ce qui explique pourquoi la majorité des puits creusés dans les dépôts éoliens produisent de l'eau, alors que les forages réalisés dans le socle en dehors des sillons sont secs.



Il est maintenant possible de creuser plus de puits productifs, mais aussi de mettre en valeur ces terres par du maraîchage par exemple

... A exploiter les grès aquifères du Cambrien inférieur

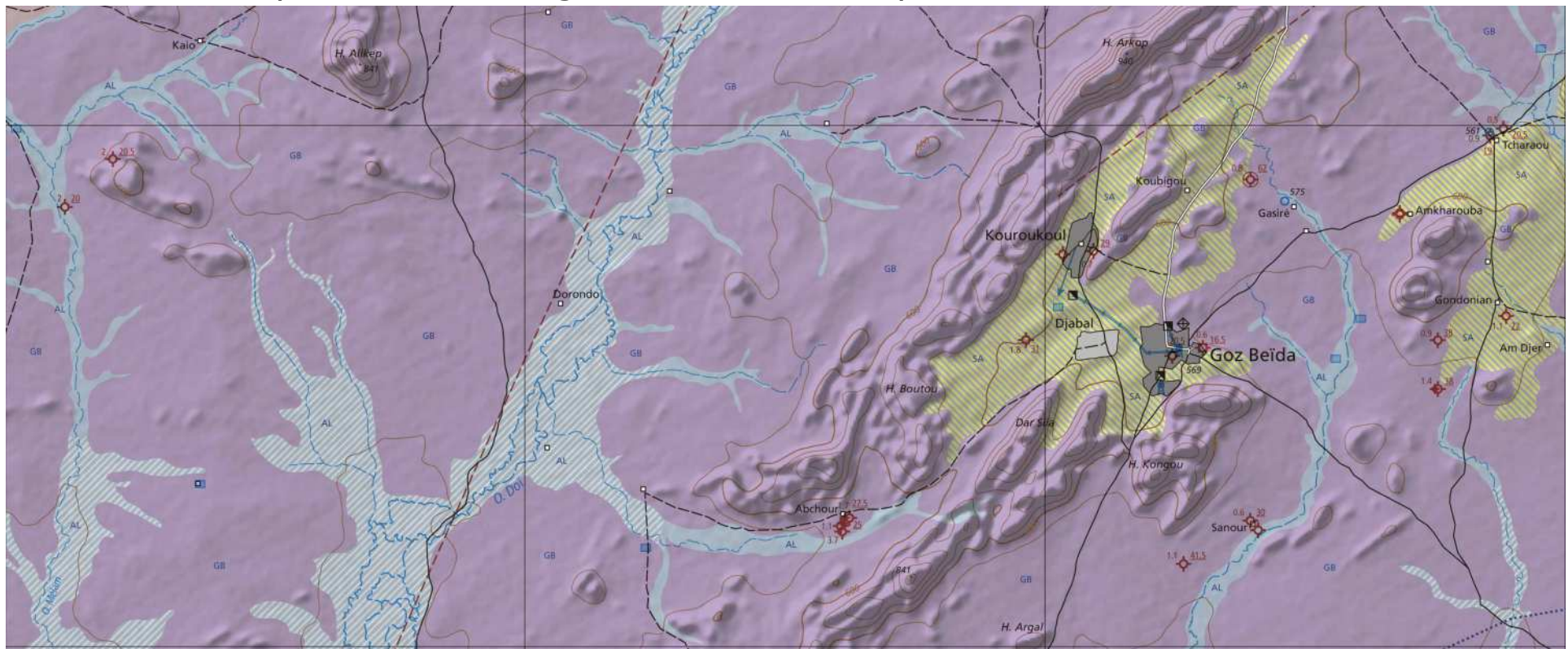
L'analyse isotopique des échantillons ramenés lors de la mission Ennedi montre que l'eau est juvénile, donc que ces aquifères sont rechargés par les faibles pluies qui tombent sur l'Ennedi, contrairement à la théorie qui disait que toutes les eaux du nord du Tchad sont fossiles.



Une zone avec un grand potentiel inexploité se trouve au nord de l'oued Hawouar, dans laquelle des puits pastoraux et des pâturages pourraient être développés

A localiser des seuils d'épandage dans les zones les plus favorables

La carte hydrogéologique distingue les ouadis avec des sédiments sableux, plus perméables et les sables argileux, moins perméables, donc moins favorables pour une recharge artificielle des aquifères



Le ouadi Doï est très argileux à l'ouest mais beaucoup plus sableux au sud de Goz Beïda, un endroit favorable pour implanter des seuils, qui permettraient aussi une recharge en amont des forages d'Abchour