

# Création d'un système d'information routière sur le Tchad Est : Apport et limites des données spatiales

Thierry Rousselin, *Geo212, Paris, France*  
Karine Guérin, *Geo212, Paris, France*  
Raphael Kourdian, *Geo212, Paris, France*  
Gilles Grandjean, *BRGM, Orléans, France*  
Hervé Deheinzelin, *EADS, Elancourt, France*  
Philippe Campagne, *IGN Espace, Toulouse, France*  
Ivan Pristchépa, *Pixelius, Montpellier, France*  
Hervé Yésou, *SERTIT, Strasbourg, France*  
Jean-François Albert, *Spot Image, Toulouse, France*  
Frédéric Le Goff, *Thalès, Massy, France*  
Alain Zumsteeg, *DGA, Bagneux, France*  
Michel Grima, *DGA, Angers, France*

## BIOGRAPHIES

Thierry Rousselin, docteur en géologie, gérant de Géo212, est chargé du cours de géointelligence sur le Tchad à l'Ecole des Mines de Paris.

Karine Guérin, géographe, est consultante Géo212 sur les études et la préparation des chantiers Topobase Défense et sur le PEA ECORS.

Raphael Kourdian, ingénieur géologue, est doctorant au centre de Géosciences de l'Ecole des Mines de Paris.

Gilles Grandjean, docteur en géophysique au service Aménagement et Risques Naturels du BRGM, est responsable du projet PEA-ECORS.

Hervé Deheinzelin, chef de projet EADS/DS, est responsable technique Topobase Défense.

Philippe Campagne est chef du service IGN Espace, chargé des productions Géobase Défense et de l'assistance maîtrise d'ouvrage DNG3D pour la DGA.

Ivan Pristchépa est responsable affaires défense Pixelius, sous-traitant sur la production Topobase.

Hervé Yésou, docteur en géologie, est expert télédétection sur le projet ECORS au SERTIT, Université de Strasbourg.

Jean-François Albert est responsable des projets Géobase Défense et Topobase Défense chez Spot Image.

Frédéric Le Goff, chef de projet THALES, était responsable d'affaire Topobase Défense jusqu'à fin 2007.

Alain Zumsteeg est architecte concepteur d'ensemble « Renseignement Géographique » en charge des programmes DNG3D et Géode4D à la DGA.

Michel Grima, docteur en géophysique et géochimie, est expert en techniques mécaniques d'aide à la mobilité à l'Etablissement Technique d'Angers (DGA).

## BESOIN ET CONTEXTE

*Les contraintes de la logistique terrestre dans les zones tropicales humides*

La mauvaise qualité du réseau de pistes et leur grande sensibilité aux événements climatiques est un élément clé des déplacements dans toutes les zones tropicales humides, le niveau de performance des véhicules étant une fonction inverse de l'humidité de la couche superficielle des pistes. La capacité à opérer tant en saison sèche qu'en saison humide est pourtant une contrainte de la logistique terrestre, tant pour les déploiements militaires que pour l'acheminement de l'aide humanitaire.

La mise en place de l'EUFOR sur un large territoire de l'est du Tchad et du nord-est de la République Centrafricaine oblige à disposer des informations sur la traficabilité des pistes sur une zone de 266 100 km<sup>2</sup> (parties tchadiennes et centrafricaines de 27 degrés carrés).

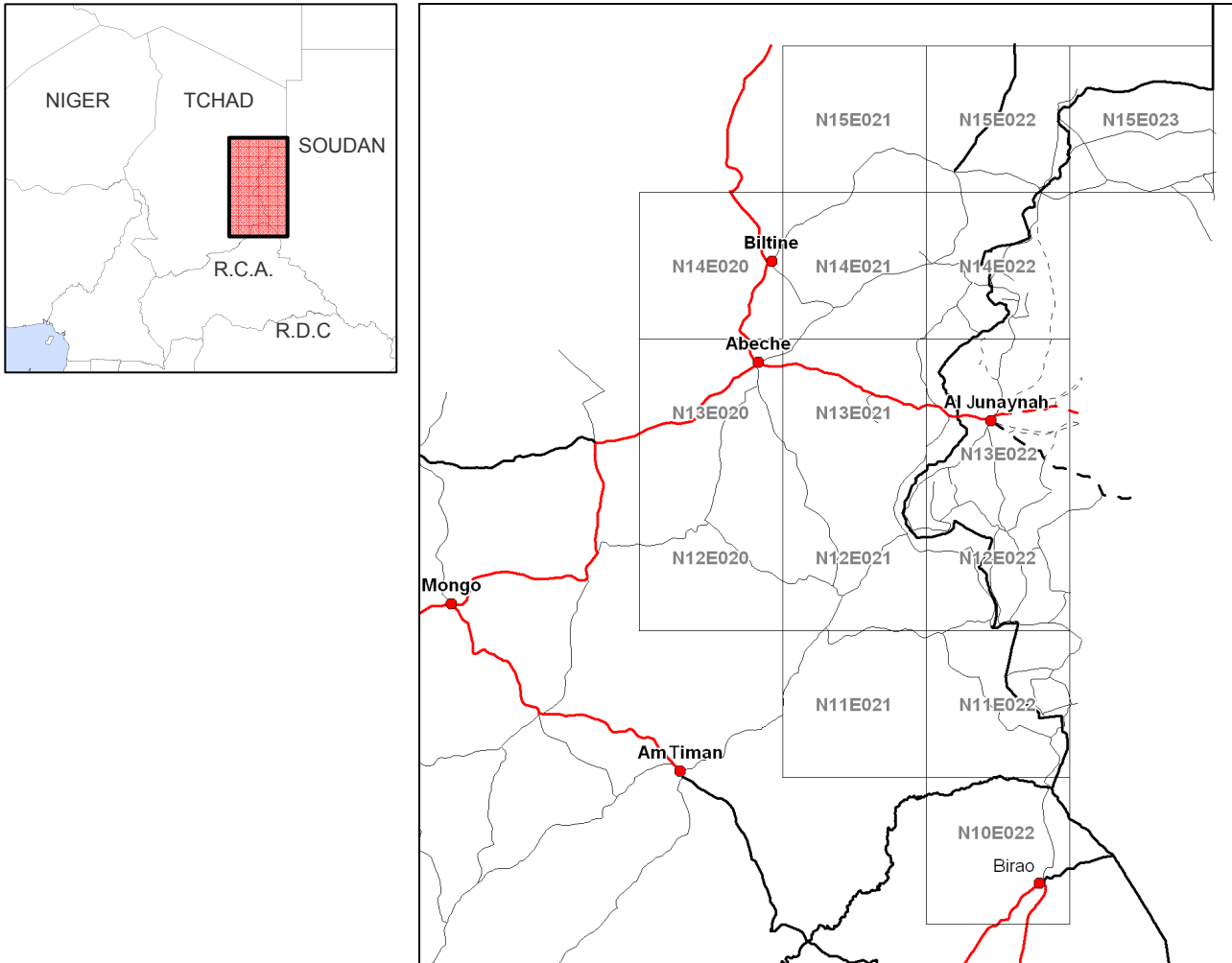
*Le besoin opérationnel d'un système de prévision de traficabilité des pistes*

Suite à l'analyse des besoins réalisée dans le cadre du Programme d'Etude Amont ECORS (Etude pour la Caractérisation Opérationnelle des Routes et des Sols pour la mobilité et projection des forces), l'intérêt d'un produit d'information sur la mobilité est avéré [Grandjean *et al*, 2006]. Le développement d'un produit d'aide à la décision numérique est attendu et devra être complémentaire des produits de reconnaissance terrain simplifiée, aujourd'hui réalisés par les éléments du Génie et des unités de Géographie militaires. L'objectif majeur pour ce produit vise une meilleure acquisition de données d'environnement associée à leur mise à jour, quitte à devoir maîtriser des informations issues de sources variées. Qu'on vise une estimation initiale à six mois ou une prévision fiable à six heures, les travaux à réaliser (réutilisation de bases de données existantes vs interprétation d'images), les surfaces à couvrir et les

délais à respecter (planification vs exécution) sont très différents. Mais il peut arriver que la nature des informations recherchées reste identique quel que soit ce niveau de décision (par exemple les caractéristiques d'un obstacle). Pour détailler ces différents aspects, les diverses composantes du besoin qui ont fait l'objet de l'analyse sont identifiées selon 4 priorités :

- spécificité des besoins de délais et surfaces à couvrir selon les niveaux de décision ;

- besoin de caractérisation des éléments de traficabilité en fonction du type d'intervention et des classes de véhicules à prendre en compte ;
- besoins exprimés pour la caractérisation de ces éléments de traficabilité ;
- profils d'utilisateur (groupes d'experts en métropole ou utilisateurs opérationnels déployés sur le théâtre).



**Figure 1 : Zone de production urgente de l'été 2007**  
15 degrés carrés soit 180 000 km<sup>2</sup>

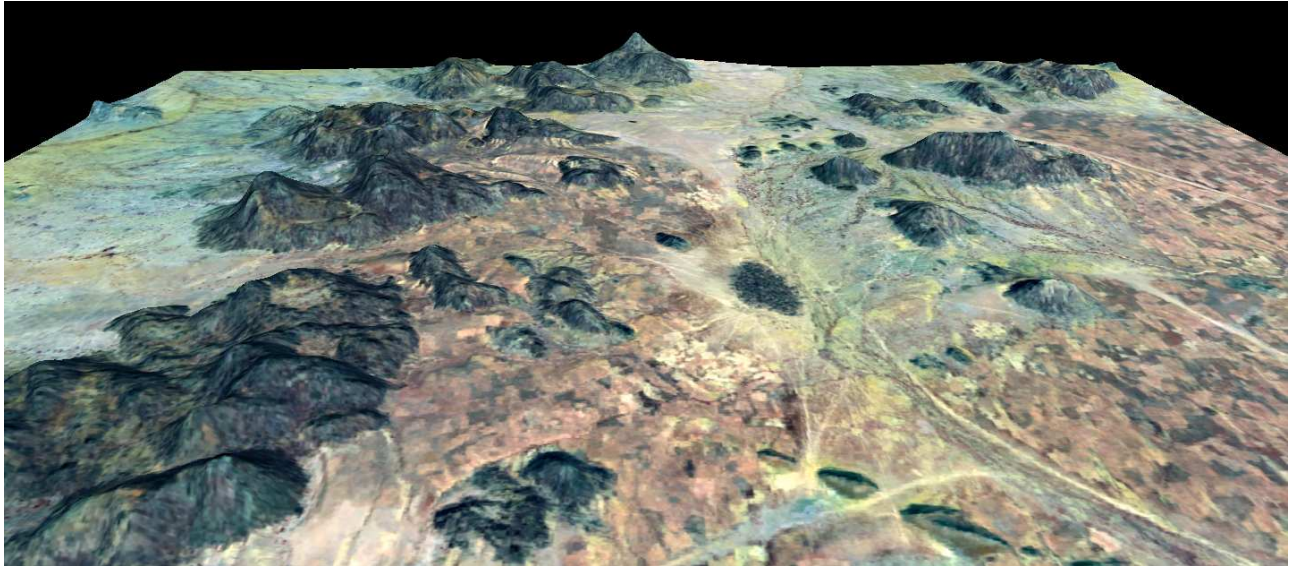
### LES PRODUCTIONS PLANIFIÉES : REPONSE INDISPENSABLE AUX BESOINS EN INFORMATION DE BASE

La logique des productions planifiées et leur impact sur les capacités de productions réactives sont bien documentées [Bernard *et al*, 2007].

Le programme d'armement DNG3D, qui est destiné à doter l'EMA des moyens de disposer de données géographiques sur les zones d'intérêt de la Défense, a défini un dispositif de production industriel pour alimenter massivement la gamme de produits réglementaires. Ce dispositif industriel est composé des opérations Géobase Défense et Topobase Défense.

### Géobase Défense

Sur la zone d'intérêt, la disponibilité dès le départ du projet de Géobase Défense a répondu à plusieurs exigences. Issu des acquisitions SPOT 5 HRS qui ont permis de disposer d'un socle de données sources validées sur 110 millions de km<sup>2</sup>, il constitue une couche d'information de relief à maille de 1 seconde d'arc fiable et parfaitement adaptée au contexte (Figure 2) [Bouillon *et al*, 2006 ; Yoshino et Muraki, 2008]. Il propose une couche de calage géométrique servant à recalculer l'ensemble des autres informations (tant en production que dans les phases d'évaluation-qualification des sources ouvertes). Enfin, l'orthoimage noir et blanc Géobase, même si elle s'avère pauvre en information dans les zones désertiques, est utilisée comme première couche de saisie des informations planimétriques.

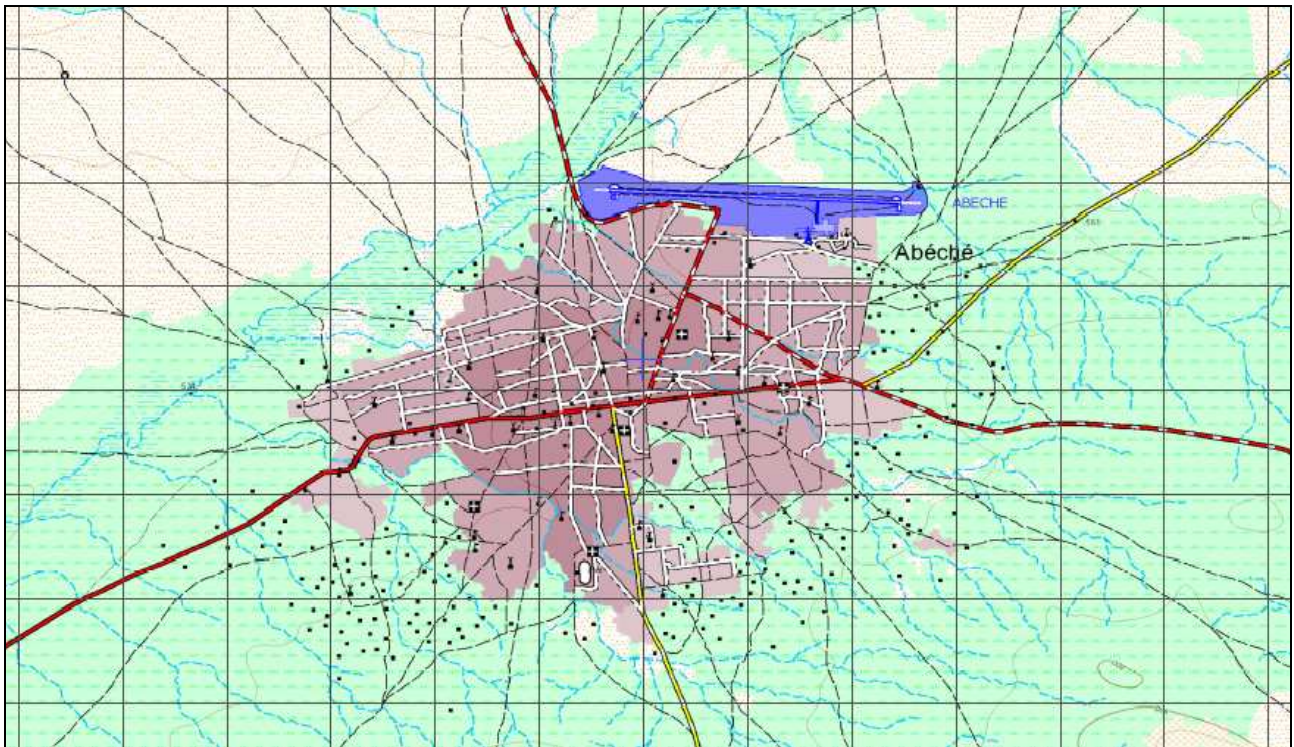


**Figure 2 : Drapage d'une orthoimage HRG 5m sur le MNT Géobase Défense**  
*Zone de relief au sud-ouest d'Abéché, Ouaddaï, Tchad (13°43' N – 20°34' E).*

#### *Topobase Défense*

Les productions Topobase Défense permettent de constituer un ensemble cohérent d'informations géospatiales (raster, vecteur et images) à des échelles adaptées aux phénomènes de surface. Sur la zone d'intérêt, le besoin opérationnel antérieurement exprimé avait permis de lancer début 2007 la production VMAP2i, base de données vecteur de niveau 2 permettant la déclinaison de cartes au 1/50 000ème (de type TLM) [Deheinzelin, 2008].

Au démarrage de la production d'urgence, étaient donc disponibles des orthoimages à différentes échelles (de Landsat ETM+ et Géobase Défense sur l'ensemble des zones jusqu'à de l'imagerie THR civile et militaire sur des villes ou camps de réfugiés) ainsi qu'une occupation du sol de premier niveau. En revanche, les couches vecteurs issues de la photo-interprétation de ces orthoimages étaient en cours de saisie et ont donc été incluses dans le projet au fur et à mesure de leur disponibilité. Pour les déploiements 2008, le produit VMAP2i complet est désormais disponible sur l'ensemble de la zone d'intérêt (Figure 3).



**Figure 3 : Exemple de restitution raster des données Topobase Défense**  
**(à comparer avec le produit d'urgence diffusé au 10 septembre 2007 - Figure 8)**  
*Ville d'Abéché, Ouaddaï, Tchad (13°50'N – 20°50'E) Extrait feuille PGFPR au 1/50 000 série VMAP2i-USRP50K-A*

## Productions climatologiques

Comme pour les données géographiques, les données climatologiques font l'objet de travaux planifiés permettant de disposer sur une longue durée (40 ans) d'une description en 4 dimensions (x,y,z,t) de l'état mondial de l'atmosphère. Il existe plusieurs bases de données à la maille de 1 à 2,5 degrés carrés qui peuvent être issues d'analyses opérationnelles ou de ré-analyses.

La différence provient du fait que les données opérationnelles évoluent dans le temps (résolution de bugs, amélioration des paramétrages, nouvelles méthodes d'initialisation, etc), alors que les données issues de ré-analyses, restent cohérentes avec la version du modèle puisque celui-ci a été utilisé sur toute la profondeur de l'archive. Les bases de données de ce dernier type les plus utilisées sont : NNRP (40 années de ré-analyse globale par le modèle du NCEP à 2,5 degrés carrés de résolution), ERA40 (40 années de ré-analyse par le modèle du CEPMMT à 1,125 degré carré de résolution) et JRA25 (25 années de ré-analyse par le modèle japonais du JMA à 1,125 degré carré de résolution).

Les données à maille plus fine, censées être plus adaptées pour la mobilité sur un théâtre de quelques degrés carrés, peuvent être générées par l'intégration de données plus fines et par des méthodes de réduction d'échelle. A cause de la lourdeur de ces calculs, ces données doivent être générées sur un théâtre particulier et n'ont de ce fait pas de capacité à couvrir l'échelle globale.

## L'ENRICHISSEMENT ET L'ACTUALISATION EN URGENCE DES DONNEES

Lorsqu'une opération démarre avant que l'ensemble des productions planifiées soient achevées, le travail en urgence consiste à optimiser l'usage des couches de fond disponibles, s'appuyer sur les données ouvertes accessibles (sous réserve que leur qualité soit compatible avec les objectifs) et minimiser les tâches spécifiques de production au strict nécessaire.

Sur l'est du Tchad (Figure 1), cela s'est traduit durant l'été 2007 par une opération originale maximisant productions industrielles, travaux internes de la défense et données récupérées sur Internet. Avec un préavis très court, il a fallu simultanément modifier le rythme et l'ordonnancement des productions Topobase Défense, tout en lançant en parallèle une opération de collecte de sources ouvertes, de qualification et de production dédiée afin de transmettre dans le délai imparti (cinq semaines) les données d'entrée permettant la réalisation par les formations géographiques militaires d'une série cartographique spéciale [Rousselin et Guérin, 2008].

*Comment tirer profit de la multiplicité des initiatives sur une zone donnée : qualifier l'apport des organisations tierces, des ONG et tirer parti à un instant t des travaux en cours*

La crise affectant l'est du Tchad, la RCA et le Darfour se déroule depuis plusieurs années. Elle a généré la production d'informations sur des supports divers : bases de données, couches d'information, rapports, news, photographies (Figure 5), blogs, cartes... Les organismes d'origine sont des institutions internationales, des ONG, des universités [Krauer, 2008], des groupes de pression divers, des agences de presse... et des particuliers (y compris des acteurs de terrain publiant de l'information via Internet, sans que l'organisme auquel ils sont rattachés n'en ait connaissance ni contrôle).

Le risque est lié aux délais de collecte et d'intégration dans le SIG de ces informations qui sont potentiellement illimités. Il est donc essentiel d'affiner les objectifs (pour mieux décider des critères de sélection des sources ouvertes) et de qualifier géométriquement l'ensemble des sources sur le fond image disponible (Géobase Défense et Topobase Défense, Figure 6). Ceci permet de contrôler la précision géométrique des données et de garantir leur possible intégration. Mais cela aide aussi à apprécier la véracité des informations (sur une vérité terrain du printemps 2006, Figure 4) [Chasseigne, 2006].

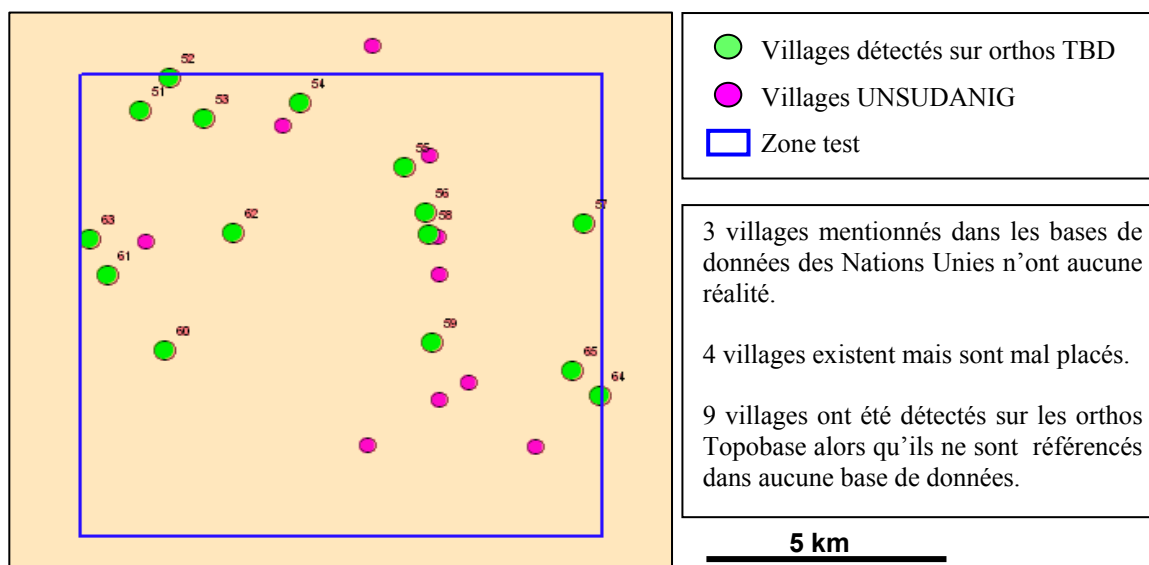


Figure 4 : Contrôle de la qualité des données UNSUDANIG par photo-interprétation d'images 2006  
Petits villages au sud de Al Junaynah, Darfour, Soudan (13°15'N – 22°27'E)

La collecte et la qualification de ces données ont permis :

- d'identifier les données de bonne qualité présentant une utilité pour les intervenants sur le terrain ;
- de constituer une base de données vecteur des axes routiers là où la production VMAP2i n'était pas encore disponible ;

- de compléter ou de mettre à jour les données VMAP2i avec des caractéristiques des axes de circulation non visibles sur les images satellites comme l'existence de contrats d'entretien sur les axes routiers, le gabarit d'un pont ou les travaux de réhabilitation d'un axe routier (Figure 5).

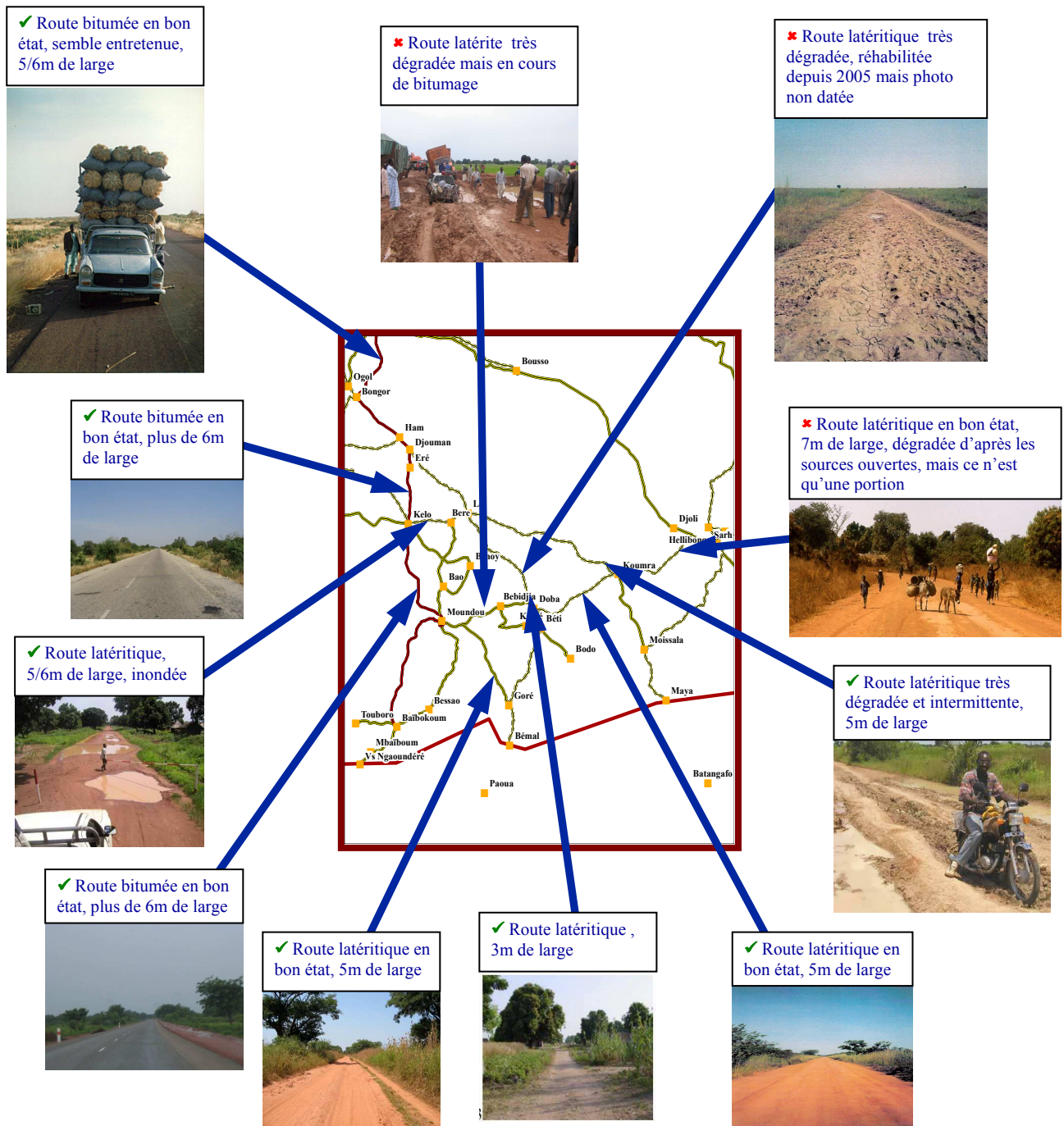


Figure 5 : Exemple d'enrichissement de la base de données par la collecte de photographies géo-taguées [Groult, 2007]

### *L'apport combiné images optiques et radar acquises en saison sèche et en saison humide*

Les données Topobase Défense, issues d'images optiques, comportent une description fine de l'hydrographie et de l'occupation du sol mais ne permettent pas de prendre en compte l'évolution de ces éléments au cours de l'année. En combinant ces images optiques avec des images radar acquises en saison sèche et humide, les analyses devraient permettre de décrire l'évolution des sols et des zones inondables au cours de la saison des pluies.

### *Les informations spécifiques issues des images radar Haute Résolution*

L'arrivée de nouveaux capteurs radar Haute et Très Haute résolution suscite de nouvelles ambitions quand à l'enrichissement des bases de données. L'étude des images TerraSarX et CosmoSkyMed actuellement en cours peut permettre d'obtenir des informations telles que la rugosité et l'humidité, inaccessibles via tout autre type de source à distance. Ces informations pourront s'avérer utiles pour la création d'un outil d'aide à la traficabilité. Mais la nouveauté des capteurs oblige à mener des études sur la qualité de ces informations. De plus, il conviendra d'établir la relation entre l'information d'humidité établie à la date de prise de vue et celle recherchée à la date de la mission opérationnelle.

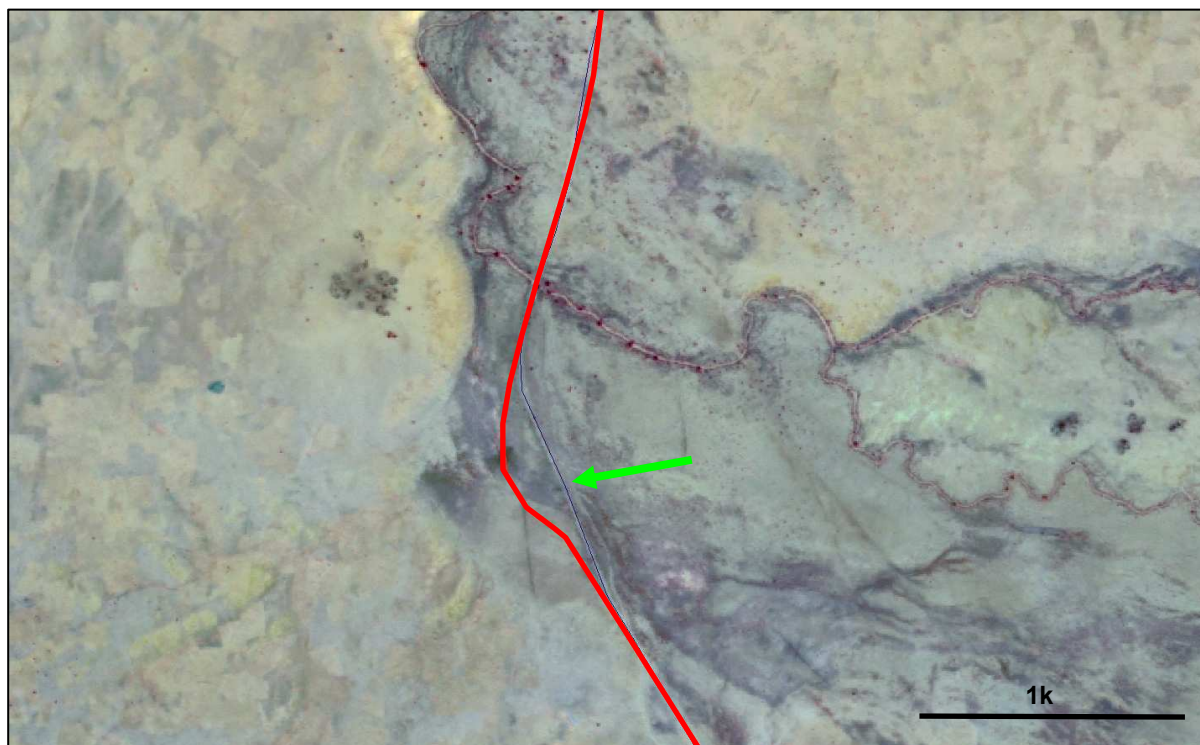
### *L'exploitation des informations recueillies par les unités déployées sur le terrain*

La collecte d'information par les unités de l'EUFOR permettra d'améliorer la qualité du système d'information routière avec des données actualisées et contrôlées sur le terrain : caractéristiques des axes de circulation, description des obstacles, cheminements ou point de repère GPS, photos.

En fonction des contraintes opérationnelles, du temps disponible, des zones d'intervention et des ressources matérielles et humaines mobilisées, l'étendue de la collecte peut varier largement mais présente toujours un intérêt à minima pour calibrer la fiabilité des diagnostics établis en métropole.

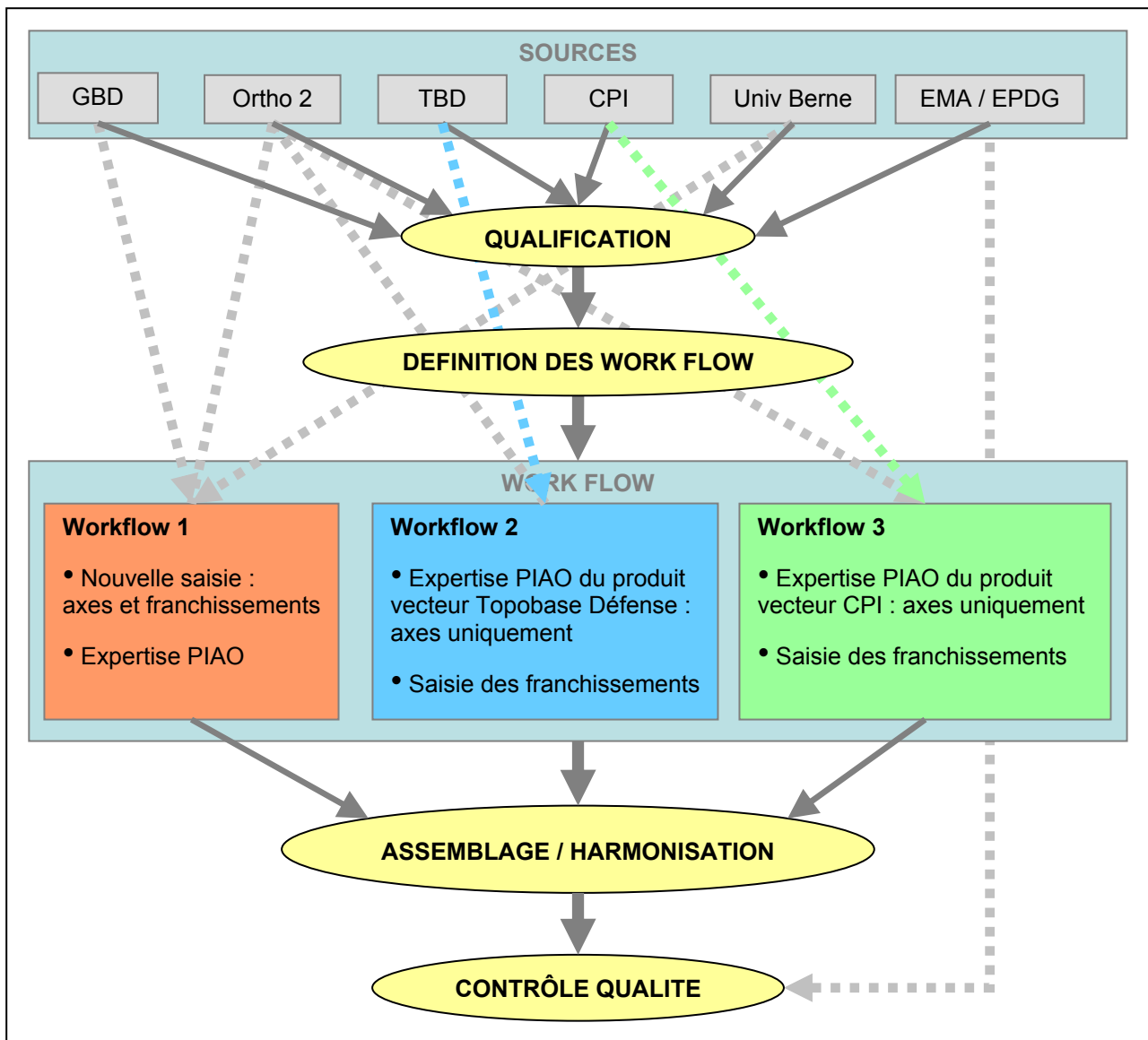
### *Bilan factuel des travaux d'urgence de l'été 2007*

L'objectif était la mise à disposition en urgence d'un produit d'attente (répondant néanmoins aux besoins de déploiement). La mobilisation des acteurs industriels et des services étatiques a permis entre fin juillet et début septembre 2007 de constituer une première couche routière homogène sur 15 degrés carrés (180 000 km<sup>2</sup>) de l'est Tchad et de la RCA. Ces données issues de trois workflows de production distincts (Figure 7) ont été géométriquement recalées sur Géobase Défense et les interprétations sur image (sur les tronçons routiers et les points de franchissements d'oueds) ont été systématiquement vérifiées (garantissant une qualité du produit malgré l'urgence). Ces données (Figure 8) ont ensuite été intégrées par l'EMA (travaux de l'EPDG à Creil) avec les orthoimages Topobase Défense pour constituer 56 coupures de spatiocharts distribuées opérationnellement à l'automne 2007.



**Figure 6 : Reprise de la géométrie sur une piste principale**

*La géométrie de la piste (en rouge) a été corrigée en suivant son tracé identifiable sur l'image (flèche verte). Piste reliant Abéché à Biltine, Ouaddaï, Tchad (14°16'N – 20°45'E).*



**Figure 7 : Processus de production**

**GBD** : données Géobase Défense (MNT à maille de 30m et orthoimages noir et blanc à 5m de résolution)

**Ortho 2** : orthoimages Spot 5 HRG couleurs (résolution : 2,50m et 5m)

**TBD** : saisies vecteurs Topobase récupérées sur les chaînes de production (à des stades variés de contrôle qualité)

**CPI** : productions cartographiques de la Cour Pénale Internationale (produit sur étagère récupéré au format vecteur)

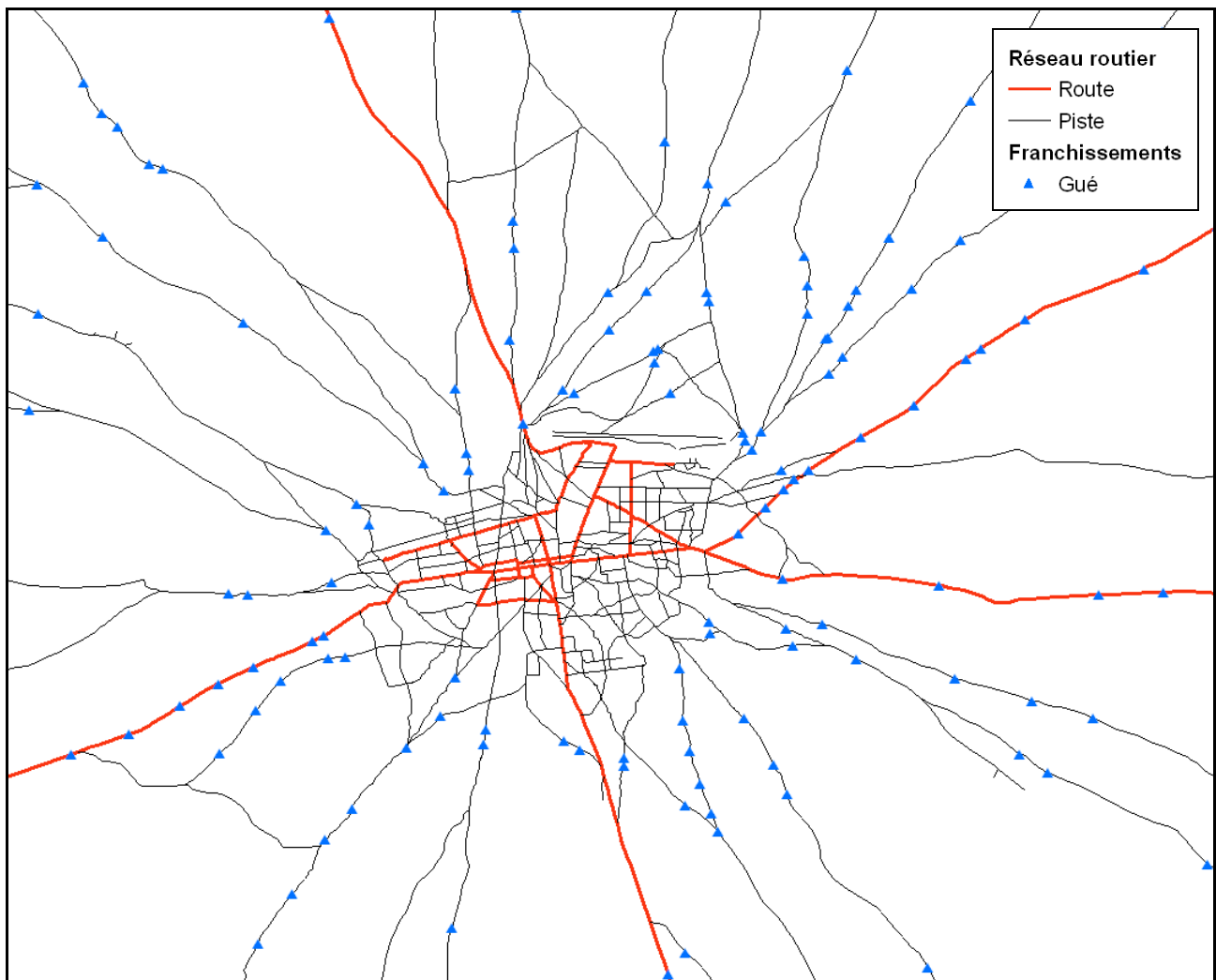
**Univ Berne** : productions cartographiques du Centre de Suivi Ecologique de l'Université de Berne (récupérées au format raster non géoréférencé sur Internet)

**EMA/EPDG** : productions vecteur réalisées par le Ministère de la Défense

#### Leçons pour le futur

Le retour d'expérience d'une telle opération d'urgence est riche. Sous un angle programmatique, il valide la recherche d'un équilibre entre travaux planifiés et travaux réactifs. Au-delà de l'apport factuel des productions planifiées, celles-ci créent un cadre de compréhension partagée des enjeux et un réseau de compétences. Leur activation en urgence est d'autant plus aisée que ces acteurs disposent d'un cadre contractuel pour leurs travaux planifiés. Au niveau organisationnel, il montre que le fonctionnement collaboratif d'organismes divers fonctionne, mais que la coordination d'une telle opération accapare pratiquement 35% des ressources spécifiques consommées pour le surplus de travail lié aux

productions d'urgence. Au niveau technique, la profusion de données disponibles sur le web ne résiste pas toujours aux exigences de localisation et de qualité des données. Dans de nombreux cas, la reprise complète de la photo-interprétation s'est avérée moins coûteuse et plus fiable que l'utilisation d'informations ouvertes aux taux d'erreurs prohibitifs. En revanche, les globes virtuels (et en particulier Google Earth sur cette zone) se sont désormais imposés comme partie intégrante du système de production et de qualification. Où doit donc être placé le curseur entre dépendance du globe virtuel dans le processus de qualification et rejet pour qualités insuffisantes de certaines couches d'information emblématiques du même globe virtuel.



**Figure 8 : Extrait de la production urgente au 10/09/2007  
(à comparer avec le produit final publié début 2008 - Figure 3)  
Ville d'Abéché, Ouaddaï, Tchad (13°50'N – 20°50'E)**

## LA CREATION D'UN OUTIL DE PREVISION

Au-delà de la caractérisation de base des réseaux de pistes et des réseaux hydrographiques, l'objectif à terme est de disposer d'un système dynamique permettant à terme de prévoir l'utilisation possible de chaque piste à un instant donné en saison des pluies. A court terme, on visera à la maîtrise des pistes principales et à la fourniture d'informations zonales sur les pistes secondaires.

### *La création de produits répondant aux besoins opérationnels*

Les caractéristiques des axes majeurs sont stockées dans une base de données numériques de type SIG. Mais pour les unités opérationnelles sur place, il est nécessaire de produire des cartes papier à grande échelle. Le nombre important de caractéristiques dans la base de données oblige à des choix de restitution cartographique. Les caractéristiques indispensables doivent être sélectionnées et présentées par plusieurs cartes thématiques.

Concernant les axes secondaires, des productions cartographiques à plus petite échelle représentent les

tracés des axes secondaires superposés à une information zonale spécifiant leur état potentiel.

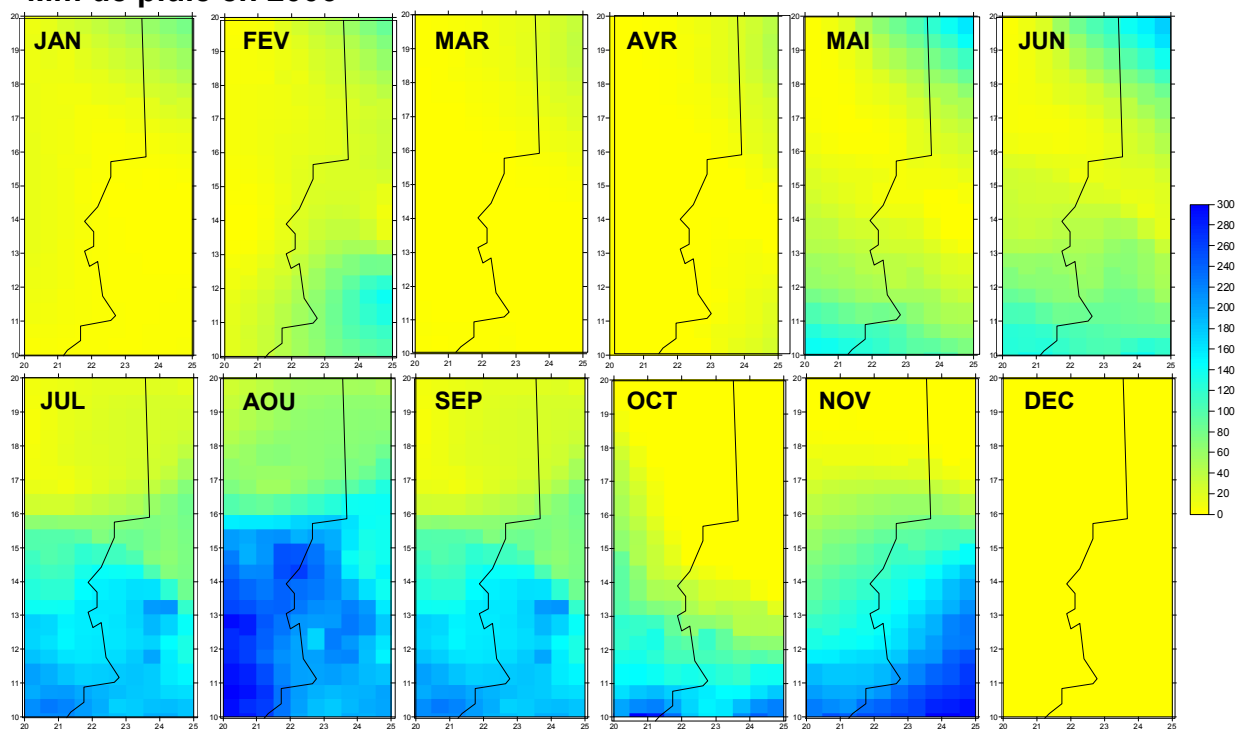
### *L'intégration de prévisions météorologiques multiéchelles*

La difficulté consiste à mixer l'évolutivité des informations de caractérisation des pistes (via l'utilisation d'imagerie satellitaire haute résolution et l'exploitation des relevés de terrain) avec l'analyse des données climatologiques et météorologiques (hauteurs de précipitations constatées sur la zone à différentes échelles et prévisions à courte et moyenne portée). L'expérience de l'UNJLC au sud Soudan et au Darfour sur les deux dernières saisons des pluies (2006 et 2007) montre qu'après une phase de calibration, les données NOAA couplées à l'analyse des données enregistrées par les convois logistiques (et en particulier les tracks GPS fournis par les chauffeurs) se sont montrées fiables dans l'élaboration de prévisions routières hebdomadaires sur un nombre limité d'itinéraires. L'usage de la télédétection (imagerie optique ou radar HR), pour mieux calibrer l'impact des pluies sur les itinéraires, semble une voie d'intérêt pour compléter le dispositif.

Pour les données climatologiques, les travaux d'analyse statistique qui étaient plutôt effectués en mode planifié, sont à présent envisagés en mode réactif et avec des moyens locaux, en particulier pour remplacer une

climatologie de paramètres météo par une climatologie des impacts de la météo. C'est le cas en particulier pour la mobilité où on essaye de croiser la nature des sols avec la pluviométrie des jours précédents plutôt qu'une moyenne mensuelle.

### Mm de pluie en 2006



**Figure 9 : Exemple de données pluviométriques sur l'est du Tchad [d'après Willmott et Matsuura 2007]**

#### *Vers la mise en place d'un service régulier*

A l'image de ce qui s'est passé sur la production d'urgence de l'été 2007 qui a du tenir compte de la fabrication en cours de Topobase Défense, la mise en place d'un service immédiat pour l'EUFOR doit optimiser les développements déjà en cours au travers du PEA ECORS du ministère de la Défense, qui ne prévoient pas de déploiements en Afrique avant 2009. Là encore, une phase de test et de calibration a été définie en urgence et porte sur des productions cartographiques directement utilisables par les unités déployées et livrables avant le début des pluies 2008. Elle montre

l'intérêt d'un travail coordonné et coopératif interdisciplinaire (renseignement, géographie, météorologie) tant en mode planifié que durant la crise. On peut penser qu'elle nécessitera, encore plus que la production géospatiale de base, des échanges réguliers avec les unités déployées sur le terrain et l'affinage des produits de prévision via des boucles d'interaction courtes (à l'image de ce qui est prévu sur certaines applications civiles GMES). Les travaux en cours montrent enfin l'importance capitale des couvertures spatiales moyenne et basse résolution (SEVIRI, MODIS, MERIS, ...) dans le processus d'analyse.

### CONCLUSION

Vouloir réussir un tel projet crée obligatoirement de multiples défis : il faut contribuer à réduire le fossé entre domaines géographiques et météorologiques, constaté dans toutes les défenses occidentales. Il faut optimiser des logiques de production géospatiale en métropole avec la culture du terrain et la mise à jour sur le théâtre, et ceci avec des boucles d'interactions courtes. Il faut tirer parti, dans des délais courts et avec des cadres contractuels mal adaptés, des forces complémentaires des services de l'état, des grands organismes de recherche et de l'industrie. Il faut enfin, répondre à l'effervescence de mise à disposition d'informations sur Internet, peu

qualifiée et mal maîtrisée, mais dont nous ne pouvons plus désormais négliger l'apport et l'impact, surtout dans des zones à forte visibilité médiatique comme l'est du Tchad.

La maîtrise de ces défis est pourtant pour nous une clé pour la constitution de systèmes d'informations environnementales cohérents, D'abord, pour nos organismes par définition conservateurs, il n'y a que dans des situations de crise que les résistances au changement sont atténuées. Ensuite, ces travaux collaboratifs et réactifs sont certes très contraignants sur les ressources humaines, mais ils constituent un creuset essentiel d'expérience et de constitution de culture commune.

## REMERCIEMENTS

Certains des travaux mentionnés dans cet article se sont appuyés sur des contrats du ministère de la défense au titre du programme DNG3D (opérations Géobase Défense et Topobase Défense) et du Programme d'Etudes Amont ECORS.

La liste des signataires témoigne de la diversité des acteurs impliqués, qu'ils viennent des services étatiques (EUFOR/OHQ, EMA, EMAT et DGA), du groupement Géobase Défense (Spot Image et IGN), du groupement Topobase Défense (EADS, Thales, Pixelius et Géo212), du groupement du PEA ECORS (BRGM, SERTIT et Géo212). Mais le projet a également bénéficié des informations d'acteurs clés : IGN-France International, l'IFP / BEICIP, le CSE de l'Université de Berne, le JLC des Nations Unies. Il s'est enfin appuyé sur la connaissance de la zone issue de huit ans de cours de géointelligence à l'Ecole des Mines de Paris (Jean Marie Monget, Richard Sinding-Larsen et Thierry Rousselin), sur les stages d'élève ingénieur géologue de Romain Chasseigne (IGAL) et de Master 2 de Mahé Groult (Paris VII) et sur la thèse en cours de Raphael Kourdian (Ecole des Mines de Paris).

## BIBLIOGRAPHIE

### **Bernard M., Rousselin T., Saporiti N. et Chikri M. [2007]**

Data harmonisation and optimisation for development of multi-scale vector databases, ISPRS Workshop on Updating Geo-Spatial Databases with Imagery, Urumqi, 28-29 August 2007.

### **Bouillon A., Bernard M., Gigord P., Orsoni A., Rudowski V. and Baudoin A. [2006]**

SPOT 5 HRS geometric performances: Using block adjustment as a key issue to improve quality of DEM generation, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 60 (2006) 134-136.

### **Chasseigne R. [2006]**

Etude des conditions de traficabilité au SW du Tchad et au N du Cameroun : constitution d'une base de données cohérentes et analyse du potentiel des capteurs actuels, Mémoire ingénieur IGAL; Juin 2006, 131 pages + annexes.

### **Deheinzelin H. [2008]**

Topobase Défense, un dispositif de production massive, Actes des Géoconférences 2008, Géoévénement, Paris, 9 avril 2008, à paraître.

### **Grandjean G., King C., d'Avout G., Rousselin T., Langlois S. Fabre S., Nouvel J.F., Tourlière B. Et Reiffsteck P. [2006]**

Synthèse des besoins opérationnels pour l'aide à la mobilité. Rapport BRGM/RC-54606-FR, ONERA-RT 1/10810 DEMR, 70 pages.

### **Groult M. [2007]**

Maîtrise de l'intégration des sources ouvertes dans un système d'information géographique sur la traficabilité au sud ouest du Tchad et au nord du Cameroun, Rapport Master 2 TAPE, Université Paris Diderot, Septembre 2007, 66 p.

### **Krauer J. [2008]**

How Geospatial Intelligence solutions were created and delivered for humanitarian operations in the Darfur region of Sudan, Proceedings DGI2008, London, 22 January, 2008.

### **Rousselin T. et Guérin K. [2008]**

Definition of crisis geospatial intelligence workflows, qualification and production of operational data based on heterogeneous sources over Central Africa, in Proceeding of the 6<sup>th</sup> ESA/EUSC Image Information Mining Conference, Frascati, March 4<sup>th</sup>, 2008, à paraître.

### **Willmott C. J. et Matsuura K. [2007]**

Terrestrial Air Temperature and Precipitation: Monthly and Annual Climatologies (Version 3.02), Center for Climatic Research, Department of Geography, University of Delaware (with support from NASA's Seasonal to Interannual ESIP), USA, 2007.

### **Yoshino J. et Muraki Y. [2008]**

Building a consistent geometric frame over sparse islands using Spot 5 data. 21ème congrès de l'ISPRS; Beijing Juillet 2008, à paraître.