



Guide méthodologique pour les études de diagnostic des bassins versants

Document final

Mai 2011

TABLE DES MATIERES

ACRONYMES.....	3
AVANT – PROPOS.....	5
NOTE D'ORIENTATION GÉNÉRALE	6
CONTENU DE L'ETUDE DIAGNOSTIC	9
1. Caractérisation du milieu bio-physique	9
1.1 Aire de l'étude, divisions administratives, caractéristiques du bassin versant	9
1.2 Topographie, pente, pédologie, géologie et géomorphologie,	9
1.3 Types de milieux, végétation, flore, faune, caractéristiques de la biodiversité	10
2. Les ressources en eau et leurs utilisations	11
2.1 Données climatiques.....	11
2.2 Hydrologie & hydrogéologie	11
2.3 Inventaire des points d'eau	12
2.4 Localisation et caractéristiques des périmètres irrigués (plaine et montagne)	13
2.5 Autres utilisations de l'eau	13
2.6 Qualité des eaux de surface et souterraines	13
3. Caractérisation du milieu socio-économique	14
3.1 Démographie et distribution de la population	14
3.2 Caractéristiques foncières	15
3.3 Activités économiques.....	16
3.4 Infrastructures et services de base	16
4. Classification du territoire, systèmes de production et vulnérabilités.....	17
4.1 Occupation des sols et gestion des ressources naturelles	17
4.2 Systèmes de production et stratégies de génération de revenus.....	18
4.3 Vulnérabilité.....	20
5. Les filières potentiellement porteuses	21
5.1 Filières agricoles.....	21
5.2 Autres filières	22
6. Cadre institutionnel et parties prenantes.....	22
6.1 Les principaux acteurs.....	22
6.2 Les capacités de gouvernance locale en rapport avec la gestion du bassin versant.....	22
6.3 Leçons apprises des expériences passées d'aménagement du bassin versant.....	23
7. Les interventions possibles et leur mise en œuvre	23
8. Les extrants attendus.....	25
ANNEXE I : Quelques études de diagnostic des Bassins versants récentes	28
ANNEXE II : Utilisation du SIG pour la caractérisation des Bassins Versants d'HAÏTI.....	29
ANNEXE III : Lexique des termes techniques utilisés dans le Guide	46

**CIAT**Comité Interministériel
d'Aménagement du Territoire

ACRONYMES

ACDI	: Agence Canadienne de Développement International
ANDAH	: Association Nationale des Agro-Professionnels Haïtiens
ANAP	: Agence Nationale des Aires Protégées
BME	: Bureau des Mines et de l'Énergie
BDPA	: Bureau pour le Développement de la Production Agricole
BID	: Banque Interaméricaine de Développement
BV	: Bassin versant
CAMEP	: Centrale Autonome Métropolitaine d'Eau Potable
CIAT	: Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire
CNIGS	: Centre National de l'Information Géo-Spatiale
CNM	: Centre National de Météorologie
CRV	: Cellule Risque et Vulnérabilité
DINEPA	: Direction Nationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement
FAMV	: Faculté d'Agronomie & de Médecine Vétérinaire
FAO	: Food and Agriculture Organization
IHSI	: Institut Haïtien de Statistiques et d'Informatique
INARA	: Institut National de la Réforme Agraire
MARNDR	: Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural
MDE	: Ministère de l'Environnement
MNT	: Modèle Numérique de Terrain
MPCE	: Ministère de la Planification et de la Coopération externe
MSPP	: Ministère de la Santé Publique et de la Population
MTPTC	: Ministère des Travaux Publics, Transports et Communication
OCHA	: Office of Coordination Humanitarian Affairs
OEА	: Organisation des États Américains
ONACA	: Office National du cadastre



CIAT

Comité Interministériel
d'Aménagement du Territoire

ONG	: Organisation Non-Gouvernementale
PAICF	: Programme d'Appui Institutionnel de Coordination et de Formation
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le Développement
SNEP	: Service National de l'Eau Potable
SNRE	: Service National des Ressources en Eau
SIG	: Système d'Information Géographique
SIGR	: Système d'Information en Génie Rural
USAID	: United States Agency for International Development

AVANT – PROPOS

Ce guide s'inscrit dans l'idée d'élaborer un référentiel pour les études de diagnostic au niveau des bassins versants. Il propose une démarche visant à fournir la plupart des informations nécessaires dans le cadre des études de diagnostic.

Ce guide comprend sept (7) parties principales contenant les éléments globaux de l'étude diagnostique : *la caractérisation du milieu physique* (aire d'étude, géologie, hydrologie...) et *socio-économique* (démographie, activités économiques...); *les ressources en eau et leurs utilisations*; *les études de filières*; *la classification du territoire, les systèmes de production et vulnérabilités*; *le cadre institutionnel et les parties prenantes*; *les interventions possibles et leur mise en œuvre*; *les extrants attendus*.

Le Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire (CIAT) prévoit de réviser périodiquement ce document afin d'en actualiser le contenu. A cet égard, les commentaires et suggestions des partenaires sont appréciés et seront pris en compte lors des mises à jour ultérieures. Pour tout commentaire ou demande de renseignements, veuillez communiquer avec nous à l'adresse suivante:

e-mail : info@ciat.gouv.ht

Tel : +(509) 2519-0094



NOTE D'ORIENTATION GÉNÉRALE

Le décret sur la gestion de l'environnement de 2005 stipule dans son article 33 que « les infrastructures conçues pour l'aménagement du territoire à quelque échelle que ce soit, seront étudiées et mises en œuvre en tenant compte:

- a. de la capacité de charge de chaque zone et région compte tenu de son climat, de ses ressources naturelles et des technologies accessibles actuellement,
- b. des déséquilibres existant actuellement dans les écosystèmes du fait des activités anthropiques ou des phénomènes naturels,
- c. de l'intérêt de regrouper la population pour faciliter l'accès aux services sociaux de base,
- d. de la localisation des aires protégées,
- e. de la distribution des principales activités industrielles, agricoles, forestières, minières et de services,
- f. des spécificités, du patrimoine, des potentialités et des contraintes environnementales, culturelles ou paysagères de chaque zone »

Il prévoit également que des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion de l'Environnement (S.D.A.G.E) soient réalisés pour l'ensemble des bassins versants ou districts hydrographiques du pays. Le diagnostic de bassin versant est, dans ce cadre, un outil de base préalable pour une gestion concertée et efficace des ressources naturelles à l'échelle de ces unités (article 31).

Le diagnostic de bassin versant doit aller au delà d'une simple compilation de données. Il ne fait pas que décrire une situation, il est d'abord un outil pour la prise de décision et l'action. Il doit donc, articuler un ensemble d'informations pour permettre de répondre à un certain nombre de questions, entre autres :

- Qu'est ce qui explique les différents états du milieu observés sur le bassin versant ?
- Que faire ?
- Où ?
- Pourquoi ?



- Comment ?
- Avec qui ?
- Avec quelles ressources ?

Il doit être ciblé et repose donc sur des hypothèses, par exemple sur les caractéristiques et les causes du ruissellement et de l'érosion, les risques et vulnérabilités ou les actions à mettre en œuvre.

La maîtrise de l'eau pour usages domestiques, agricoles et industriels est l'objectif premier de l'aménagement des bassins versants, contribuant ainsi à l'amélioration des conditions socio-économiques générales. La gestion des bassins versants vise la maîtrise des écoulements ainsi qu'une meilleure gestion et valorisation des ressources en eau : favoriser l'infiltration de l'eau, régulariser les débits, multiplier les points d'eau en milieu urbain et en milieu rural pour les usages domestiques et productifs (agriculture et élevage), améliorer la qualité de l'eau, augmenter les disponibilités pour la production d'énergie, réduire les dégâts dus aux eaux de ruissellement... Dans ce sens, il convient de bien distinguer la « gestion des bassins versants » et l'« aménagement du territoire », dont il constitue une composante.

Dans le contexte haïtien, vu l'étendue des espaces agricoles, le diagnostic de bassin versant accorde une place importante à l'étude des pratiques agricoles et leurs incidences sur la dynamique de l'eau et les établissements urbains souvent situés dans d'étroites plaines côtières en aval. On doit signaler cependant que la gestion des bassins versants est trop souvent en Haïti conçue comme un exercice visant à définir des zones de « mises en défens » où les usages productifs doivent être restreints ou même interdits, en s'appuyant sur une « mobilisation » ou une « sensibilisation » des populations à cet effet. Dans un contexte où la densité démographique en montagne peut dépasser les 400 habitants au kilomètre carré et où les structures de gouvernance locale sont le plus souvent faibles jusqu'à présent, il convient de raisonner l'ensemble des éléments d'information et faire preuve d'imagination pour définir des solutions participatives mieux adaptées à la réalité. Celles-ci doivent permettre de développer des pratiques d'exploitation durables même dans des milieux fragiles.



Le diagnostic est un processus itératif qui fait appel aux outils de la science mais aussi aux connaissances et savoir-faire locaux. Il se déroule en étapes successives permettant de l'affiner progressivement:

- Définition des objectifs prioritaires de l'aménagement
- Compilation de données existantes et analyse d'images satellite disponibles
- Élaboration d'hypothèses sur la problématique de la gestion de l'eau dans le bassin versant
- Définition de transects pour une première reconnaissance de terrain
- Évaluation rapide de la situation à partir de parcours de terrain et d'interviews avec des personnes-ressource et parties prenantes sur place
- Raffinement des hypothèses
- Définition des informations complémentaires à recueillir
- Collecte, traitement de l'information et représentation cartographique
- Définition des pistes d'intervention et priorisation
- Restitution de l'information aux parties prenantes pour analyse critique
- Finalisation du diagnostic

Le diagnostic permet de définir les potentialités, contraintes et dynamiques existantes. La connaissance du milieu qui est produite est aussi un outil pour les arbitrages et synergies à développer entre différents types d'utilisateurs des ressources de l'aire concernée afin d'arriver à une mise en œuvre harmonieuse et efficace des interventions.

Le rapport de diagnostic a intérêt à être présenté dans un langage clair qui permette aux différents publics (spécialistes et non-spécialistes) d'assimiler les problèmes identifiés, les principaux enjeux de l'aménagement et les voies d'intervention possibles.



CONTENU DE L'ETUDE DIAGNOSTIC

1. Caractérisation du milieu bio-physique

Les éléments suivants sont décrits :

1.1 Aire de l'étude, divisions administratives, caractéristiques du bassin versant

Nom et nomenclature, localisation, limites naturelles, limites administratives, description géographique : rivières principales et leurs affluents avec une toponymie précise. Les paramètres physiques et morphologiques: *forme du BV, superficie, densité de drainage (Dd), coefficient de torrentialité, Indice de compacité de Gravelius (KG), etc.* Ces paramètres seront utiles pour faire de la modélisation hydrologique et contribuer à la connaissance du comportement général des bassins versants. Les échelles suggérées pour la production des cartes sont mentionnées dans la partie 8.

Sources d'information :

Bases de données CNIGS : <http://www.cnigs.ht/>

IHSI (recensement 2006).

Cartes BDPA-DATPE, 1987

USAID, 2007. *Environmental vulnerability in Haiti. Findings and recommendations:* http://www.wilsoncenter.org/events/docs/Haiti_Final.pdf

CIAT-LGL, 2011. *Propositions pour le découpage des bassins versants*

1.2 Topographie, pente, pédologie, géologie et géomorphologie,

Les éléments suivants sont définis et cartographiés:

- Topographie (types de relief, données altimétriques);
- La distribution des classes de pente;
- Caractéristiques pédologiques (capacité d'infiltration, nature de l'altérite, capacité de régénération des sols et caractéristiques particulières du ruissellement et de l'érosion);
- Les formations géologiques (type de roches, formations lithologiques, caractéristiques du réseau karstique);



- Les formations géomorphologiques (principales unités géomorphologiques, superficie occupée)
-

Sources d'information :

Bases de données CNIGS : <http://www.cnigs.ht/> , Carte des sols du Nord et du Nord-Est

Bureau des mines et de l'énergie (BME) : <http://www.bme.gouv.ht/mines/woodring/index.htm> ,
<http://www.bme.gouv.ht/carte/index.html>

Cartes BDPA-DATPE, 1987

Carte hydrogéologique PNUD, 1990

Carte hydrogéologique de la partie centrale du Nord-Ouest : <http://waterhaiti.com/wp-content/uploads/2010/05/v3-haiti-geology-groundwater-map-northwest.jpg>

Butterlin, G. Géologie d'Haïti

Nippes, Sud : SACAD/FAMV, 1994. Paysans, Systèmes et Crise, Tome 3

Mac Fadden, B., 1986. Geological Setting of Macaya and La Visite National Parks. U. Of Florida, Gainesville :

http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAV065.pdf

MDE/CEPAL/PNUD, 2009. Impact socioéconomique de la dégradation des terres en Haïti :

[http://www.eclac.org/cgi-](http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/7/38487/P38487.xml&xsl=/dmaah/tpl/p9f.xsl&base=/dmaah/tpl/top-bottom.xsl)

[bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/7/38487/P38487.xml&xsl=/dmaah/tpl/p9f.xsl&base=/dmaah/tpl/top-bottom.xsl](http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/7/38487/P38487.xml&xsl=/dmaah/tpl/p9f.xsl&base=/dmaah/tpl/top-bottom.xsl)

1.3. Types de milieux, végétation, flore, faune, caractéristiques de la biodiversité

Les zones agro écologiques de Holdridge considérées comme l'une des classifications des écosystèmes terrestres les plus connues vont permettre de faire une première analyse des milieux naturels. Tous les sites terrestres et marins doivent être identifiés, caractérisés et cartographiés. On identifie également le type de végétation, la faune, la flore en fonction du microclimat, de l'exposition aux versants et des pressions anthropiques. On fera aussi un survol sur l'état de la biodiversité en fonction des données collectées sur le terrain et des références bibliographiques.



2. Les ressources en eau et leurs utilisations

2.1 Données climatiques

Les données climatiques (*pluviométrie, température, humidité relative, vitesse et orientation des vents, évapotranspiration.*) sont collectées. Les études hydrométéorologiques, hydrologiques, bilan hydrique, etc. disponibles dans l'aire du bassin versant à l'étude sont consultées. Les informations suivantes sont présentées sous formes de tableaux ou de graphes:

- Inventaire des stations météorologiques dans le bassin versant;
- Distribution mensuelle des précipitations;
- Intensité des précipitations et fréquences de retour des pluies de forte intensité;
- Variation inter-annuelle des paramètres météorologiques (pluie, température, humidité, insolation, ETP, vitesse et orientation des vents);

Sources d'informations:

Service National des Ressources en Eau

Centre National Météorologique (CNM)

Bases de données CNIGS : <http://www.cnigs.ht/>

OEA, 1972. Mission d'Assistance Technique Intégrée

ACDI, Bulletins de l'Observatoire Météorologique du Séminaire Collège Saint-Martial 1909-1912

Relevés d'institutions religieuses

2.2 Hydrologie & hydrogéologie

Un inventaire des ressources en eaux de surface et souterraines dans l'aire de l'étude pourrait se faire à l'aide d'une étude hydrologique. La disponibilité des ressources sera évaluée, grâce à l'analyse des données disponibles, à la réalisation de mesures ponctuelles et l'emploi de techniques de mesures du débit des écoulements à surface libre ou en charge. Ces mesures de débit devraient permettre d'estimer les débits de crue et d'étiage nécessaires au



dimensionnement des ouvrages sur les rivières (barrage, seuils et prises, ponts). Lorsque les données disponibles sont suffisantes, il serait important de réaliser **un modèle hydrologique** sur le bassin versant, ce qui permettrait d'avoir une connaissance sur le comportement hydrologique du bassin versant.

Pour les informations sur la nappe souterraine, les cartes hydrogéologiques et les données disponibles sont consultées.

Sources d'information:

DINEPA

BME

Compagnies locales de forages

Cartes BDPA/Secrétariat d'État du Plan 1982

Carte Hydrogéologique de la République d'Haïti SNRE/PNUD 1990

OEA, 1972. Mission d'Assistance Technique Intégrée

ACDI, Bulletins Hydrographiques d'Haïti 1918-1929

2.3 Inventaire des points d'eau

Un inventaire de tous les points d'eau devrait être effectué ou actualisé: dénommer, géo-référencer et cartographier les sources (permanentes et temporaires), mares, étangs, retenues collinaires. Il convient aussi de les caractériser: débit, état, captée ou non captée, ...

Sources d'information:

Base de données CNIGS

DINEPA

Carte Hydrogéologique de la République d'Haïti SNRE/PNUD 1990

PNUD, 2010. Géolocalisation des sources.



2.4 Localisation et caractéristiques des périmètres irrigués (plaine et montagne)

Les périmètres irrigués présents dans l'aire d'étude sont localisés et caractérisés: *type de système (gravitaire ou pompage), type de barrage, superficie irriguée, présence d'associations d'irrigants*. Les risques associés aux écoulements sont à identifier: ensablement, destruction des prises... Dans certaines zones, la petite irrigation de montagne peut être importante, elle doit être prise en compte.

Sources d'information:

MARNDR/ Direction des ressources Naturelles (SIGR/ PAIFC), 2001. *Fichiers sur l'irrigation (CD ROM)*
Études réalisées par LGL

2.5 Autres utilisations de l'eau

L'utilisation de l'eau pour la production d'énergie, les usages industriels et commerciaux, les activités récréatives, le tourisme... devrait être rapportée et, si possible, quantifiée. Les conflits potentiels ou actuels entre les différents utilisateurs sont à identifier et des recommandations formulées.

Sources d'information:

US Army Corps of Engineers, 1999. *Water Resources assessment of Haiti:*
<http://www.sam.usace.army.mil/en/wra/Haiti/Haiti%20Water%20Resources%20Assessment%20English.pdf>

2.6 Qualité des eaux de surface et souterraines

Des stations d'échantillonnage peuvent être installées le long des rivières et des analyses effectuées afin d'avoir une idée sur la qualité des eaux (coliformes fécaux et totaux,



turbidité, saturation en oxygène, salinité). Cela permet de faire un portrait qualitatif de l'eau et une carte de qualité des eaux pourrait être produite. Les sources de potentielles sont identifiés (carrières, décharges, ...)

Sources d'information:

DINEPA

MSPP

US Army Corps of Engineers, 1999. Water Resources assessment of Haiti:

<http://www.sam.usace.army.mil/en/wra/Haiti/Haiti%20Water%20Resources%20Assessment%20English.pdf>

Emmanuel, E.; Lindskog, P., 2000. Regards sur la situation des ressources en eau de la République d'Haïti :

<http://www.unesco.org/uy/phi/biblioteca/bitstream/123456789/316/1/eauhaiti.pdf>

3. Caractérisation du milieu socio-économique

3.1 Démographie et distribution de la population

Les données des différentes études produites par l'Institut Haïtien Statistique et d'Informatique (IHSI, 2002, 2009) et celles du recensement agricole de 2008 peuvent être consultées au départ. Des enquêtes supplémentaires peuvent être nécessaires pour préciser certains points. Les éléments suivants sont à analyser:

- La population, le taux de croissance, répartition par sexe et groupe d'âge, etc.;
- Éducation et alphabétisation;
- Typologie des ménages;
- Pauvreté
- Densité de la population par commune et répartition de la population rurale et urbaine; sections rurales à plus forte densité de population où les besoins en eau peuvent être plus importants;
- Identification et localisation des regroupements de villages, dénombrement des bâtiments;



Sources d'informations:

IHSI : www.ihsi.ht

CNIGS : <http://www.cnigs.ht/>

OCHA : <http://www.reliefweb.int/rw/dbc.nsf/doc104?OpenForm&rc=2&cc=hti>

MPCE . Carte de pauvreté

3.2 Caractéristiques foncières

La taille des exploitations agricoles, le mode de tenure des terres et leur mode de faire-valoir peuvent être des facteurs explicatifs des états du milieu constatés. Ils conditionnent en partie le type de cultures et de pratiques culturales observés. Ces facteurs déterminent également le niveau d'investissement que les producteurs sont prêts à consentir pour mettre en œuvre des pratiques de conservation des sols et des eaux. Il est important de définir dans quelle mesure les conditions foncières contribuent à la dégradation du milieu et constituent une contrainte pour une gestion conservatoire dans les aires prioritaires d'aménagement.

Les différents modes de faire-valoir et leurs conséquences doivent être caractérisés à partir d'enquêtes spécifiques. Les zones de conflits terriens actuels et potentiels qui pourraient constituer une contrainte importante pour les aménagements devraient être localisées.

Sources d'information :

INARA

ONACA

IFPRI, 2000. *Land tenure and the adoption of agricultural technology in Haïti* :
<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/50042/2/capriwp06.pdf>



3.3 Activités économiques

Les principales activités génératrices de revenu sont prises en compte, dont les activités extra agricoles (commerciales, industrielles ou artisanales). Celles présentant des menaces pour une bonne gestion des ressources en eau sont décrites (extraction des matériaux de construction guildives, dry cleaning, boulangeries utilisant le bois comme combustible par exemple).

Sources d'informations:

Enquêtes socioéconomiques

3.4 Infrastructures et services de base

Les infrastructures les plus importantes présentes dans l'aire de l'étude sont diagnostiquées par rapport aux risques que présentent les écoulements:

- Transport (état des routes, tronçons critiques ou menacés, dommages occasionnés par le ruissellement à partir des routes);
 - Communication (services publics et privés de téléphonie, distribution des stations de radio, etc.);
 - Électricité (stations de génération, lignes de distribution importantes);
 - Installations scolaires majeures, dispensaires, hôpitaux, réseaux de distribution d'eau, marchés publics situés dans des lieux à risque...
-

Sources d'information:

CNIGS

OCHA : <http://www.reliefweb.int/rw/dbc.nsf/doc104?OpenForm&rc=2&cc=hti>

MTPTC, Base de données routières

EDH : Direction de la planification



4. Classification du territoire, systèmes de production et vulnérabilités

Il s'agira ici de dégager schématiquement les principaux modes de mise en valeur du milieu, d'identifier les facteurs (d'ordre physique, économique, social...) qui expliquent les différentes formes d'exploitation observées et de dégager les dynamiques d'évolution en cours. Les incidences des modes de mise en valeur sur les phénomènes d'infiltration et de ruissellement devront être définies.

4.1 Occupation des sols et gestion des ressources naturelles

L'analyse des cartes d'occupation des sols (BDPA, CNIGS) permet déjà de localiser les grandes catégories de végétation en place (cultures arborées, vivrières denses, dispersées, savannes...). Le zonage agro-écologique réalisé par l'Association Nationale des Agro Professionnels Haïtiens (ANDAH) en 1995 est aussi un outil utile à cette étape. Il en est de même pour la couverture satellite offerte par le logiciel Google Earth, qui offre des images récentes et d'une excellente résolution sur la plupart des zones du pays.

Des parcours d'observation de terrain en fonction de transects traversant ces différentes zones permettront de définir la composition particulière des peuplements végétaux et d'émettre des hypothèses sur les contraintes et facteurs favorables qui structurent le paysage. On mobilisera à cet effet les informations acquises sur les sols, les paramètres hydro-météorologiques, les densités de population ainsi que les savoirs locaux. **Un zonage agro-écologique** plus fin, subdivisant le territoire en des zones relativement homogènes, pourra être établi sur cette base.

La comparaison de cartes et d'images réalisées à différentes périodes (1954, 1972, 1994, ...) peut fournir des indications sur la dynamique d'évolution dans la mise en valeur du milieu.



Sources d'information :

Cartes BDPA/Secrétariat d'État du Plan 1982

CNIGS

4.2 Systèmes de production et stratégies de génération de revenus

L'étude des systèmes de production agricoles et des stratégies de génération de revenus doit éviter le descriptif et être correctement ciblée. Elle vise prioritairement, dans le cadre du diagnostic de bassins versants, les objectifs suivants :

- Définir les incidences des différents modes d'exploitation du milieu sur les ressources en sols et en eau.
- Préciser les contraintes qui guident les pratiques observées, les potentialités particulières à chaque système de production et les pistes d'intervention possibles pour améliorer l'infiltration, réduire l'érosion, augmenter et valoriser les ressources en eau.

L'étude des systèmes de culture doit chercher à faire le lien entre les techniques de travail du sol, l'arrangement spatial des cultures et les caractéristiques de la jachère (durée, composition, densité des repousses d'adventices...) sur l'infiltration de l'eau, le ruissellement et l'érosion. Les données sur la répartition des pluies et leur intensité peuvent ici être mises en rapport avec le calendrier cultural, l'architecture des plantes composant l'association de cultures, les caractéristiques des sols et la pente. Il s'agit de définir à quelle période et dans quels types de situation les sols sont les plus exposés à l'effet des pluies afin d'envisager des options pour y remédier.



Les techniques traditionnelles de freinage du ruissellement (rampes de paille, cordons de pierre, barrières végétales...) sont à inventorier. Les conditions favorables à leur mise en place ou qui, au contraire, freinent leur extension, sont à analyser.

Il conviendra aussi de préciser la nature des cultures pérennes et pluriannuelles (canne, banane...) et d'expliquer leur importance et leur rôle: localisation, composition et densité du couvert arboré et/ou des cultures pluriannuelles, rôle dans l'économie des exploitations... Il est important également de comprendre la gestion qui est faite des ressources des espaces de « rak » (forêts secondaires). On attachera aussi une attention particulière aux peuplements présents dans les ravines où se concentrent les eaux de ruissellement et les sédiments. Ces informations sont utiles pour définir les interventions à envisager pour favoriser l'extension des surfaces en cultures pérennes ou pluri-annuelles et pour affiner leurs modalités.

Les systèmes d'élevage doivent être étudiés principalement du point de vue de leur impact sur les ressources en sols et en eau et des opportunités ou blocages pour l'installation de structures biologiques de contrôle de l'érosion. Il est aussi important de préciser les stratégies d'affouragement en période de rareté en ressources fourragères, particulièrement pour ce qui est des pratiques de pâturage libre développées par certaines catégories d'exploitants durant ces périodes. Elles peuvent en effet constituer une contrainte de taille à l'installation de cultures pérennes et pluri-annuelles, de pâturages permanents ou encore de structures biologiques de freinage du ruissellement dans les jardins éloignés des résidences. On s'attachera aussi à étudier la charge en bétail et son impact sur les jachères (possibilités de surpâturage à certaines périodes, compaction des sols).

Sources d'information (Études régionales):**Nord, Nord-Est :**

IRAM-ODN, 1984. Agricultures et Paysans du Nord et du Nord-Est

Wood, H., 1964. Northern Haiti: land, land use, and settlement. A Geographical Investigation of the Département du Nord, University of Toronto Press

Ministère de la Culture (Haïti)/PNUD . **Atlas côtier du Nord-Est d'Haïti. Environnement et patrimoine culturel de la région de Fort-Liberté.** Port-au-Prince/Nantes. Ed. Projet "Route 2004":

Étude Diagnostic de la situation agricole de la section rurale de Mathador. Commune de Dondon-Haïti par Sophie Devienne, INA-PG/CNEARC, 1997)

<http://www.unesco.org/csi/pub/papers/papers211.htm>

Nord-Ouest:

MARNDR/UNOPS, 1998. Diagnostic de la situation agricole du Nord-Ouest.

Centre :

MARNDR/Ambassade de France, 2003. Mission d'appui à la planification et la mise en oeuvre des interventions de la DDA-Centre dans l'aire du Haut Plateau Central

MARNDR/PDR, 2004. Plan de Développement du secteur agricole du Haut Plateau Central

OXFAM Québec-CRC Sogema, 2006. Projet binational de réhabilitation du bassin versant du fleuve Artibonite – Rapport de l'étude diagnostique.

Étude de cas : Les systèmes de production agricole de Lakou Cadichon (Plateau Central) de Nicolas Ferraton et Isabelle Thouzard, 2003, FAMV-Montpellier SupAgro

Artibonite :

USAID, 2009. Etude des systèmes de production agricole et des associations paysannes dans les bassins versants de la Rivière La Quinte et de la Rivière Grise

Ouest :

AFD, 2002. Étude de faisabilité d'un projet d'appui à l'agriculture périurbaine de Port-au-Prince.

Les trois tomes Madian-Salagnac « Paysans, systèmes et crises »

Manuel d'Agronomie Tropicale appliquée à l'agriculture haïtienne, FAMV-GRET, 1991

Grande-Anse:

MARNDR/PDR, 2005. Diagnostic agricole et perspective de développement du secteur agricole dans la Grande Anse.

Sud :

PNUD, 1992. Étude sectorielle sur l'économie rurale. USD des Cayes.

Sud-Est :

FAC/CEE, 1991. Projet de Développement Rural Intégré. Rapport de capitalisation.

4.3 Vulnérabilité

Les différentes catégories d'information recueillies précédemment permettent de situer les espaces urbains et ruraux les plus menacés ou les plus vulnérables aux effets de l'eau



(inondations, érosion des berges, glissements de terrain, pollution des eaux...). Une carte des « conflits d'utilisation » peut être élaborée pour localiser clairement certains espaces et fournir des éléments pour les différentes options à envisager, en gardant à l'esprit qu'une simple mise en défens est rarement opérationnelle dans le contexte actuel.

Là où il existe des aires protégées, des zones de biodiversité significative ou des écosystèmes aquatiques menacés, il conviendra également de les localiser et les caractériser, en signifiant les potentialités qu'ils présentent et les risques qui pèsent sur eux.

Sources d'information:

Cellule de Risque et Vulnérabilité du CIAT (CRV)

CNIGS.

BME, Risque sismique : http://www.bme.gouv.ht/alea%20sismique/Alea_sismique%20HAITI.pdf

5. Les filières potentiellement porteuses

5.1 Filières agricoles

Il s'agira d'Identifier, à partir des études disponibles et d'enquêtes thématiques, les cultures (pérennes, pluri-annuelles), systèmes de culture ou activités agro-industrielles qui permettraient à la fois de préserver les ressources et d'augmenter de manière significative le revenu des producteurs. Les différentes utilisations du bois (charbon, planches, poteaux, bois de coffrage...) et des fruits ainsi que les options pour le développement d'autres cultures assurant un couvert dense du sol sur une longue durée sont à définir. Les processus de transformation, les conditions de marché, les débouchés potentiels et les revenus et l'emploi procurés par ces produits sont aussi à analyser. Les contraintes à lever pour le développement des filières agricoles les plus prometteuses doivent être précisées.



Sources d'information:

MARNDR/BID, 2005. *Identification des créneaux potentiels dans les filières rurales haïtiennes (CD ROM)*

LAREHDO, 2009. *Filières agricoles et dynamique transfrontalière, Ed. Xèmès, Port-au-Prince.*

5.2 Autres filières

Certaines parties du bassin versant peuvent aussi présenter un potentiel pour le développement d'activités touristiques, industrielles, la pêche, l'artisanat utilitaire... qui permettraient une diversification des sources d'emploi et une réduction de la pression sur les terres. Leurs besoins spécifiques en termes de qualité de l'eau et de quantités nécessaires devraient être évalués afin de préciser les interventions à conduire à terme.

6. Cadre institutionnel et parties prenantes

6.1 Les principaux acteurs

Il s'agira d'identifier les différents acteurs pouvant être impliqués dans la gestion du bassin versant : collectivités territoriales, organisations de la société civile, organisations de producteurs, organisations d'usagers des périmètres d'irrigation, institutions étatiques, ONG, projets. Il conviendra de décrire leur niveau d'implication dans le diagnostic (qui, à quelle étape, comment?).

6.2 Les capacités de gouvernance locale en rapport avec la gestion du bassin versant

On cherchera à évaluer les capacités de gouvernance des acteurs, particulièrement en ce qui concerne la mise en place d'un cadre incitatif pour des modes d'exploitation plus durables : réglementation du pâturage libre, des pratiques de brûlis, protection des points d'eau... Les



domaines particuliers de compétence des intervenants (ONG, organisations de producteurs, projets, institutions) sont à préciser.

Sources d'information :

MARNDR-BID, 2007. Mission d'analyse institutionnelle des parties prenantes relative à la préparation du Programme National de Gestion des Bassins Versants

BID/GEF, 2009. Description de montage institutionnel du Projet GEF-IDB

6.3 Leçons apprises des expériences passées d'aménagement du bassin versant

L'analyse des interventions passées en matière d'aménagement des bassins versants, leurs résultats et leurs limites, permettront de dégager des leçons pour les interventions futures.

Sources d'information:

PNUE/Initiative Régénération, 2010. Etude des leçons apprises dans la gestion de projets environnementaux en Haïti :

<http://oneresponse.info/Disasters/Haiti/Environment/publicdocuments/Le%C3%A7ons%20appries%20dans%20la%20gestion%20de%20projets%20environnementaux%20en%20Haïti.pdf>

CIAT/BID, 2010. Historique des interventions en matière d'aménagement des bassins versants en Haïti et leçons apprises

7. Les interventions possibles et leur mise en œuvre

Les interventions à développer devraient être sériées en fonction des contraintes et potentialités des différents milieux, d'après leurs caractéristiques physiques, économiques ou sociales propres. Elles doivent également être priorisées en fonction de critères précis. Les opérateurs potentiels pour chaque type d'intervention devraient être définis. Une analyse préalable des conflits potentiels et des arbitrages nécessaires faciliterait leur mise en œuvre.



CIAT

Comité Interministériel
d'Aménagement du Territoire

Sources d'information :

USAID/HAP, 2003. *Do small farmers in Haiti invest in natural resources management without external subsidy?* A post-project review.

Les choix techniques pour le traitement des ravines :

[http://charles.lilin.free.fr/Ha%Efti/Le traitement des ravines.doc](http://charles.lilin.free.fr/Ha%Efti/Le%20traitement%20des%20ravines.doc)

USAID/PADF-PLUS, 2001. *Farm to market. Conservation farming in Haïti.* End of project report.

USAID/SECID, 2001. SECID/Auburn University PLUS. Final report. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PDABT829.pdf

Banque Mondiale, 2008. *Water management approaches, policies and operations : lessons for scaling up.*

[http://siteresources.worldbank.org/TURKEYEXTN/Resources/361711-1216301653427/5218036-](http://siteresources.worldbank.org/TURKEYEXTN/Resources/361711-1216301653427/5218036-1267432900822/WatershedExperience-en.pdf)

[1267432900822/WatershedExperience-en.pdf](http://siteresources.worldbank.org/TURKEYEXTN/Resources/361711-1216301653427/5218036-1267432900822/WatershedExperience-en.pdf)

8. Les extrants attendus

Dans cette partie, les extrants attendus sont présentés pour chaque rubrique.

Rubriques	Extrants attendus	Type
1. Caractérisation du milieu physique	Nom et nomenclature	Carte 1/10000 – 1/25000
	Localisation du BV	Carte 1/10000 – 1/25000
	Réseau hydrographique	Carte 1/10000 – 1/25000
	Caractérisation du BV	Tableaux
	Géologie, géomorphologie, potentialités des sols, pédologie, pente, risque d'érosion et glissement de terrain	Carte 1/10000 – 1/25000
2. Les ressources en eau et leurs utilisations	Données climatologiques, hydrologiques, hydrométéorologiques	Tableaux/graphes
	Inventaire des points d'eau	Carte 1/10000 – 1/25000
	Localisation des périmètres irrigués	Carte 1/10000 – 1/25000
	Qualité des eaux de surface	Carte 1/10000 – 1/25000

3. Caractérisation du milieu socio-économique	du	Résultats de l'enquête socio-économique: données sur la population, les activités économiques, etc.	Tableaux
		Densité de l'habitat	Carte 1/10000 – 1/25000
		Infrastructures	Carte 1/10000 – 1/25000
		Accès aux services	Carte 1/10000 – 1/25000
4. Classification du territoire, systèmes de production et vulnérabilités	du	Occupation des sols	Carte 1/10000 – 1/25000
	et	Zonage agro-écologique	Carte 1/10000 – 1/25000
		Système de production (cultures & élevage)	Tableaux
5. Filières agricoles et industrielles potentiellement porteuses	et	Résultats d'enquête et analyse	



6. Cadre institutionnel & parties prenantes	Résultats d'enquête et analyse	Carte des intervenants et zones d'intervention
7. Les interventions possibles et leur mise en œuvre	Résultats d'enquête et analyse	Carte type et localisation des interventions



ANNEXE I

QUELQUES ÉTUDES DE DIAGNOSTIC DE BASSIN VERSANT RÉCENTES

Nord : PNGBV, 2009. Bassin versant de la Grande-Rivière du Nord; Document Technique.

Nord-Est : FAO-MARNDR-CE, 2009. Appui à la sécurité alimentaire et aux moyens de vie des populations rurales affectées par la flambée des prix, à la réhabilitation de l'environnement et au soutien d'une gestion durable. Diagnostic.

Nord-Est : Consortium OXFAM-Québec/FACN. Diagnostic et plan d'aménagement du bassin versant de la rivière Jassa.

Nord-Ouest : Consortium OXFAM-Québec/FACN. Diagnostic et plan d'aménagement du bassin versant du bassin versant de la ville de Port de Paix.

Artibonite : MARNDR, 2007. Plan d'aménagement du bassin versant Ennery-Quinte.

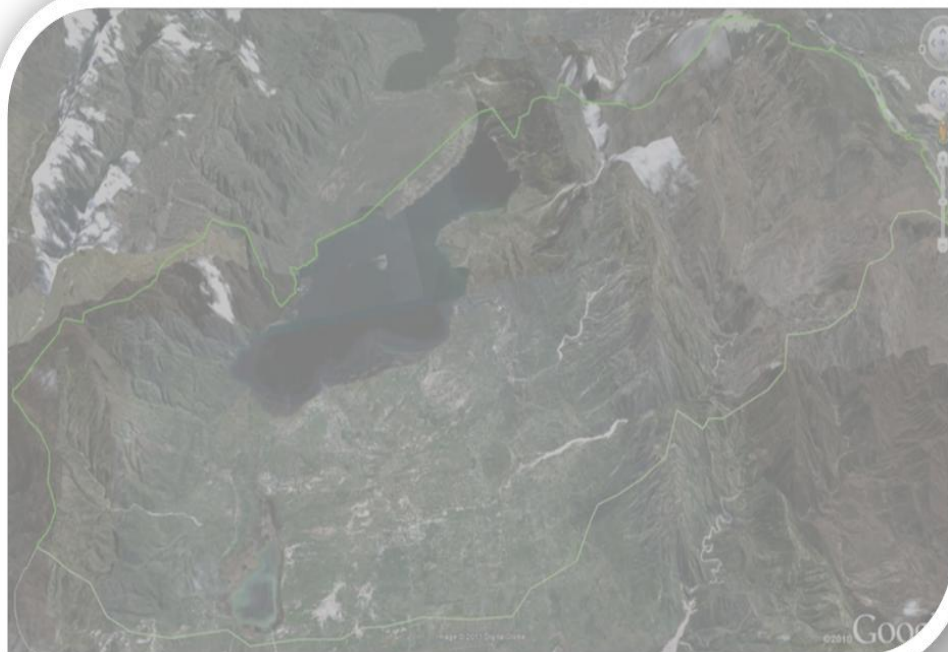
Artibonite : OXFAM Québec-CRC Sogema, 2006. Projet binational de réhabilitation du bassin versant du fleuve Artibonite – Rapport de l'étude diagnostique.

Sud, Ouest : MARNDR/ PNGBV, 2006. Document technique. Diagnostic, actions et zones prioritaires.

ANNEXE II

UTILISATION DU SIG POUR LA CARACTERISATION DES BASSINS VERSANTS D'HAÏTI.

Eude de cas : Bassin versant rivière Blanche (Partie Est
du bassin versant du Cul-de-Sac)



I-INTRODUCTION

Il est universellement admis que l'eau est une ressource vitale et un facteur de développement incontournable. La gestion de cette ressource dans une perspective d'aménagement du territoire, nous amène souvent à évaluer les paramètres qui jouent un rôle important dans l'écoulement des eaux superficielles. Ces facteurs englobent entre autres les caractéristiques hydrologiques et climatiques, dont nous intéresserons, dans le présent exercice, sur les caractéristiques morphométriques et hydrométriques des principaux bassins versants du pays.

Par ailleurs, l'une des conséquences du changement climatique est l'apparition de phénomènes hydrométéorologiques extrêmes susceptibles d'engendrer des catastrophes naturelles. Or, de par sa position dans le bassin des caraïbes, Haïti a toujours été exposée aux aléas hydrométéorologiques. Ce qui explique aisément que les nouvelles données climatiques peuvent amplifier l'envergure et les conséquences de certains désastres naturels (Cyclones tropicaux, fortes inondations, sécheresse prolongée etc.) Donc, la maîtrise du comportement hydrologique de nos bassins versants face à des événements extrêmes (pluie exceptionnelle, vent violents etc.) devient, à l'heure actuelle, un impératif pour les institutions étatiques compétentes.

Avec l'apparition des nouveaux outils tel que les SIG et la télédétection, il est devenu facile de déterminer les paramètres de forme, de relief d'un bassin versant et la typologie d'un réseau hydrographique. L'utilisation de ces nouvelles techniques a permis ainsi de répondre aux exigences d'exploitation des eaux superficielles et la prévention contre les risques naturels (érosion, inondation...) et d'établir des systèmes de modélisation de la dynamique potentielle d'un bassin versant et même prévoir son comportement face des événement exceptionnels.

C'est dans cette perspective que le CIAT lance une étude sur la détermination des caractéristiques physiques de certains bassins versant dits prioritaires (selon le MARNDR) en particulier celui de la rivière grise (partie Est bassin versant du Cul-de-sac). Cette étude se veut, par son caractère informatif, être un modèle pour la caractérisation des autres bassins versants et l'affinage de leur limites. Elle constitue le point de départ d'une démarche visant la maîtrise du comportement hydrologique des bassins versant du pays.

II-OBJECTIF

L'objectif de la présente démarche est d'obtenir des informations numériques permettant de réaliser la morphométrie des bassins versants visés ainsi que la topologie des réseaux hydrographiques associés à partir d'outils SIG et/ou de télédétection. Elles devront faciliter les études hydrauliques en vu de tester certains risques naturels et aussi la simulation de certains phénomènes hydrologiques.

III-METHODE ET OUTILS TECHNIQUES

Dans le cadre de ce travail, l'utilisation des outils performants faisant partie des systèmes d'Information géographique (SIG) s'avère indispensables. Ces outils répondent à la problématique précise de définition

du réseau hydrographique et de la morphométrie des bassins versants à partir de modèles numériques de terrain (MNT).

Mentionnons qu'à ce niveau un travail de délimitation des bassins versants a été réalisé par le consortium LGL/SNC Lavalin pour le compte du CIAT à partir d'un financement de la BID. Associé à un système de nomenclature, un total de 33 bassins versants a été déterminé dans le cadre de ce travail. Ces délimitations, en dépit de certaines limites (échelles de délimitation par exemple) sont celles que nous utilisons pour caractériser les bassins versants concernés par le présent exercice. Le CIAT étant conscient de la nécessité d'un affinage progressif de leurs limites. Les informations additionnelles (MNT, réseau hydrographique...) proviennent d'autres sources (CNIGS, ONG, Bureaux d'études...).

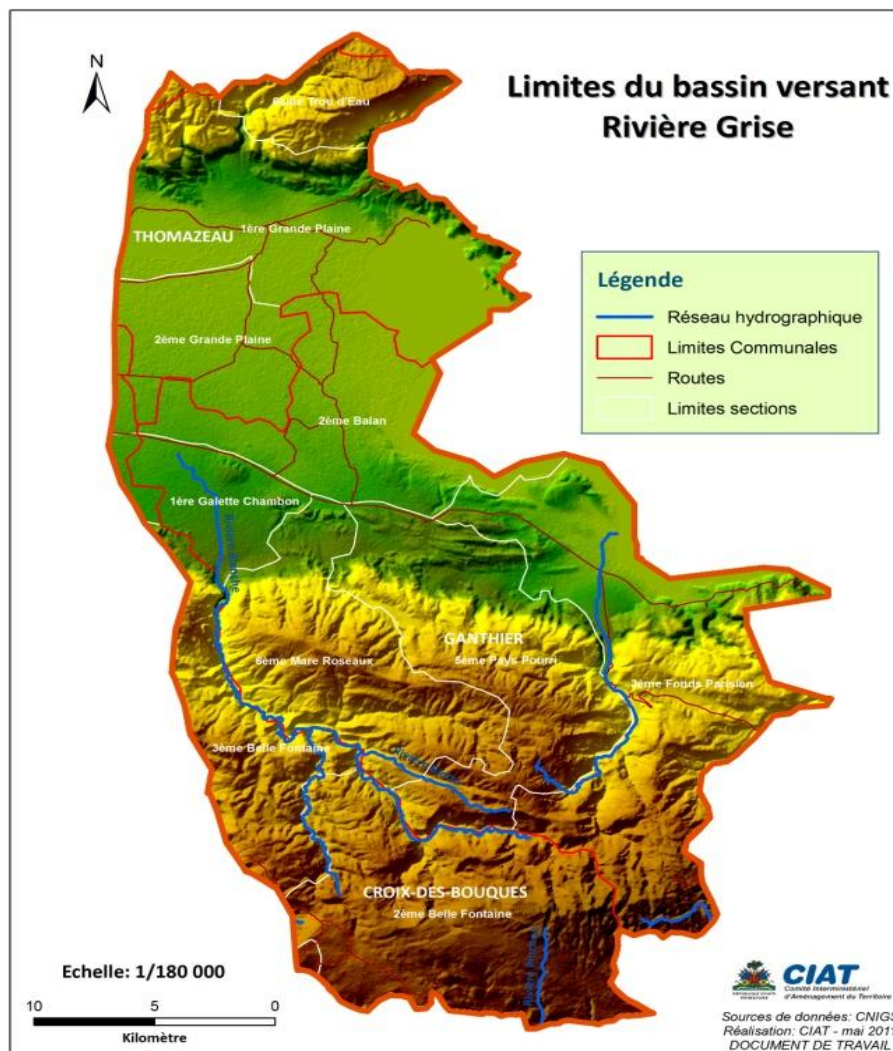
IV- LA CARACTERISATION DE LA PARTIE EST DU BASSIN VERSANT DU CUL-DE-SAC

4-1- Les caractéristiques géométriques

4-1-1- La surface

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits vont être en partie reliés à sa surface.

La superficie calculée du sous bassin versant de la rivière Grise pour la limite obtenue à l'échelle 1/180 000 est de **774 Km²**



4-1-2- La forme

Il existe différents indices morphologiques permettant de caractériser le milieu, mais aussi de comparer les bassins versants entre eux. Citons à titre d'exemple l'**indice de compacité de Gravelius (1914) K_G** , défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface :

$$K_G = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} \approx 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec :

K_G est l'indice de compacité de Gravelius,

A : surface du bassin versant [km^2],

P : périmètre du bassin [km].

Cet indice se détermine à partir d'une carte topographique en mesurant le périmètre du bassin versant et sa surface. Il est proche de 1 pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieur à 1 lorsque le bassin est de forme allongée.

Le périmètre du Bassin de la rivière Grise de terminé a partir du Logiciel ArcGIS est de **164 km**

L'indice de compacité de Gravelius pour le sous bassin est donc de **1.65**

4-1-3- Le rectangle équivalent :

Cette notion a été introduite pour pouvoir comparer des bassins entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques géométriques sur l'écoulement.

Soit L et I la longueur et la largeur du rectangle, et P et A le périmètre et l'aire du bassin versant.

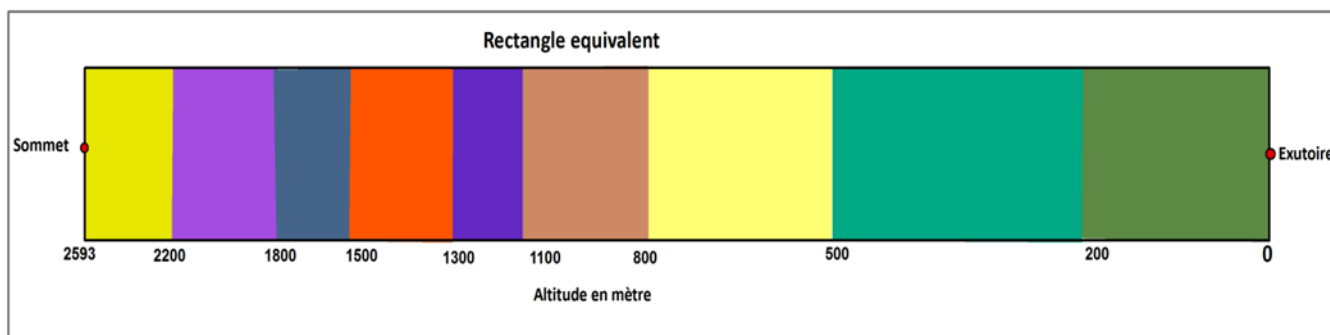
On a :

$$K = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad 2(L + I) = P = \frac{K \sqrt{A}}{0,28} \quad L \cdot I = A$$

$$\frac{K \sqrt{A}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K} \right)^2} \right]$$

La longueur du rectangle équivalent est de **71.12 km** et sa largeur est de **10.88 km**

Ce rectangle équivalent correspond donc à un modèle simplifié du bassin versant construit à partir de la courbe hypsométrique (voir si dessous §4.2.2).

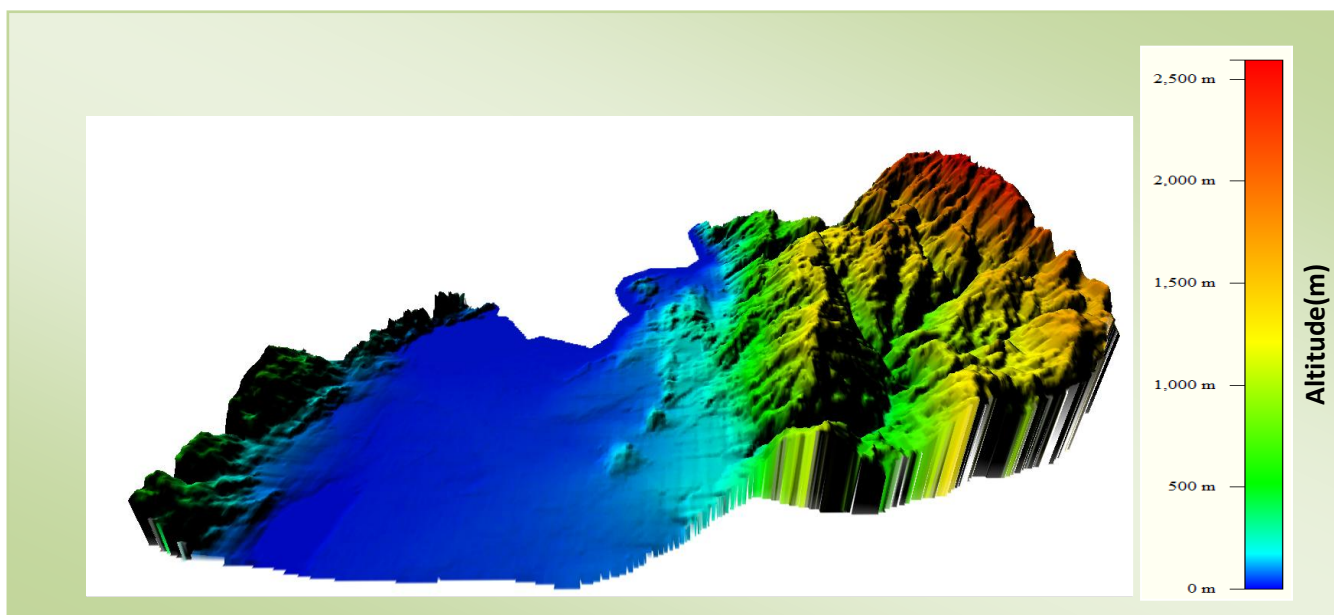


Une analyse du rectangle équivalent montre que plus de la moitié de la superficie du Bassin versant est inférieure à 800 mètres. Ceci correspond parfaitement à la carte relief présenté ci-dessous.

4-2- Le relief

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc.) et la morphologie du bassin.

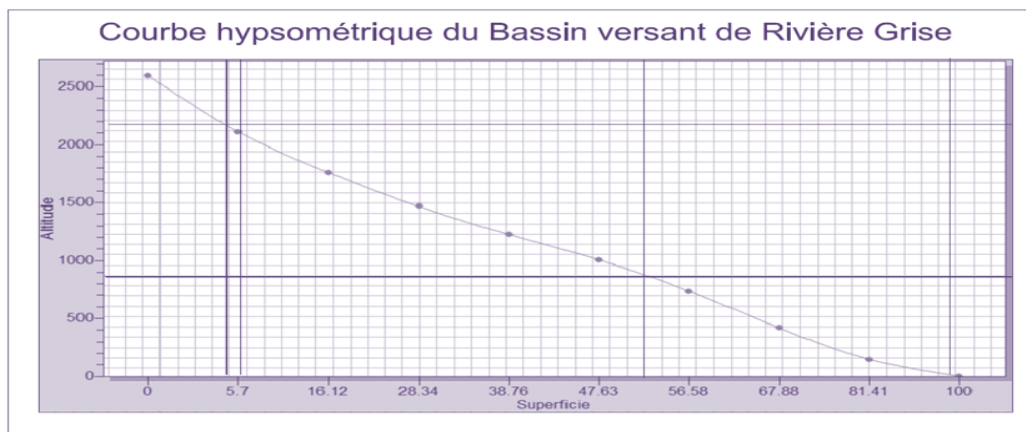
Visualisation du relief du bassin versant de la Rivière Grise à partir du MNT



La pente influe grandement sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants :

4-2-1- La courbe hypsométrique

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique de la pente du bassin. Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. Elle porte en abscisse la surface (ou le pourcentage de surface) du bassin qui se trouve au-dessus (ou au-dessous) de l'altitude représentée en ordonnée.



Les courbes hypsométriques demeurent un outil pratique pour comparer plusieurs bassins entre eux ou les diverses sections d'un seul bassin. Elles peuvent en outre servir à la détermination de la pluviométrie moyenne sur un bassin versant et donnent des indications quant au comportement hydrologique et hydraulique du bassin et de son système de drainage.

4-2-2-Les altitudes caractéristiques

Les altitudes maximales et minimales

Elles sont obtenues directement à partir des cartes topographiques. L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que l'altitude minimale considère le point le plus bas, généralement à l'exutoire. Ces deux données deviennent surtout importantes lors du développement de certaines relations faisant intervenir des variables climatologiques telles que la température et les précipitations.

L'altitude moyenne

L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique. On peut la définir comme suit

$$H_{moy} = \sum \frac{A_i \cdot h_i}{A}$$

Avec :

Hmoy: altitude moyenne du bassin [m] ;

Ai: aire comprise entre deux courbes de niveau [km²] ;

hi: altitude moyenne entre deux courbes de niveau [m] ;

A: superficie totale du bassin versant [km²].

L'altitude Moyenne est fournie par le Logiciel ArcGIS est **675.75m**

L'altitude médiane

L'altitude médiane correspond à l'altitude lue au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin, sur la courbe hypsométrique. Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne, dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin concerné présente une pente régulière.

ALTITUDE CARACTERISTIQUE DU BV DE LA RIVIERE GRISE	
Minimale	10 m
Maximale	2,674 m
Moyenne	675.75 m
Mediane	870 m

4-2-3-La pente moyenne du bassin versant

La pente moyenne donne une bonne indication sur le temps de parcours du ruissellement direct donc sur le temps de concentration et influence directement sur le débit de pointe lors d'une averse. Plusieurs méthodes ont été développées pour estimer la pente moyenne d'un bassin. Toutes elles se basent sur une lecture d'une carte topographique réelle ou approximative ou bien à partir d'un modèle numérique d'altitude (MNA). La méthode proposée par Carlier et Leclerc (1964) consiste à calculer la moyenne pondérée des pentes de toutes les surfaces élémentaires comprises entre deux altitudes données. Une valeur approchée de la pente moyenne est alors donnée par la relation suivante :

$$i_m = \frac{D \cdot L}{A}$$

Où :

i_m : pente moyenne [m/km ou 0/00],

L: longueur totale des courbes de niveau [km],

D: équidistance entre deux courbes de niveau [m],

A: surface du bassin versant [km²].

Cette méthode de calcul donne de bons résultats, dans le cas d'un relief modéré et pour des courbes de niveau simples et uniformément espacées.

Longueur totale des courbes de niveau équidistant de 50 mètres	3121.35 Km
Pente moyenne du bassin versant	201.54 m/Km

4-2-4 -L'indice de pente IP:

Cet indice se calcule à partir du rectangle équivalent. Il est égal à la somme des racines carrées des pentes moyennes de chacun des éléments pondérés par la surface intéressée, soit :

$$I_p = L^{-1/2} \cdot \sum_{i=1}^n \sqrt{a_i \cdot d_i}$$

L: Longueur du rectangle équivalent

a_i : représente la fraction en % de la surface A comprise entre deux courbes de niveau voisines

d_i : distance entre deux courbes de niveau voisine

A_i	Z	$A_i - A_{i-1}$	a_i	d_i	$a_i d_i$	$(a_i d_i)^{1/2}$
100.0	0.0	18.6	143.9	71.1	10234.8	101.2
81.4	147.0	13.5	104.7	57.9	6064.2	77.9
67.9	418.0	11.3	87.5	48.3	4223.0	65.0

56.6	735.0	9.0	69.3	40.2	2788.0	52.8
47.6	1005.0	8.9	68.7	33.9	2326.0	48.2
38.8	1225.0	10.4	80.7	27.6	2223.6	47.2
28.3	1467.0	12.2	94.6	20.2	1906.7	43.7
16.1	1760.0	10.4	80.7	11.5	924.8	30.4
5.7	2111.0	5.7	44.1	4.1	178.9	13.4

La longueur L du rectangle équivalent étant de 71.12 km, l'indice de pente est donc de **2.6**.

4-2-5-L'indice global de pente.

Sur la courbe hypsométrique, on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de A. On déduit les altitudes H5% et H95% entre lesquelles s'inscrit 90% de l'aire du bassin et la dénivelée $D = H5 - H95$

L'indice global est égal à :

$$I_g = \frac{D}{L}$$

L'utilisation d'un modèle numérique du terrain est très nécessaire, et ce afin de gagner du temps dans l'extraction automatique des indices relatifs aux reliefs du bassin et sa pente.

La courbe Hypsométrique donne respectivement pour H5 et H95 les valeurs 2190 m et 20 m.

Cette valeur I_g diminue quand L augmente (c'est-à-dire quand la superficie du bassin versant augmente). Donc il sera difficile d'utiliser cette grandeur pour comparer deux bassins versant de taille différente. On définit dans ce cas la dénivelée spécifique : $D_s = I_g(A)^{1/2}$.

[A : superficie du bassin versant en m^2 .]

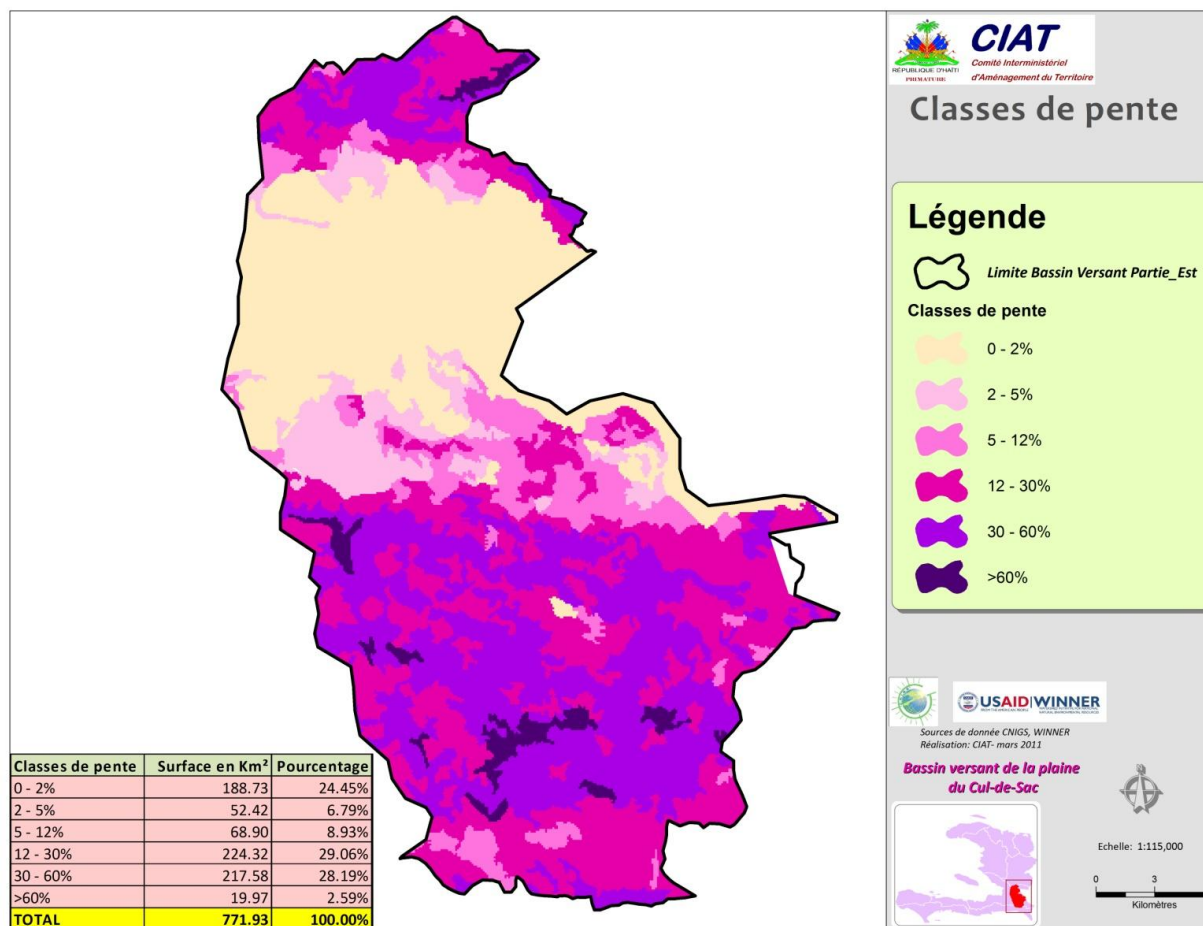
La dénivelée spécifique permet de caractériser le relief d'un bassin versant.

Calculée pour le bassin versant de la rivière blanche D_s vaut : 27.3 m

Le tableau suivant permet de caractériser le relief du bassin versant étudié d'après la littérature:

Valeur de D_s	Type de Relief
$D_s < 10$ m	Très faible
$10 \text{ m} < D_s < 25$ m	Assez faible
$25 \text{ m} < D_s < 50$ m	Faible
$50 \text{ m} < D_s < 100$ m	Modéré
$100 \text{ m} < D_s < 250$ m	Assez fort
$250 \text{ m} < D_s < 500$ m	Fort
$500 \text{ m} < D_s$	Très fort

Partant de ce constat, le relief du bassin versant de la rivière blanche est donc faible.



4-3- Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est une des caractéristiques les plus importantes du bassin. IL peut prendre une multitude de formes. La différenciation du réseau hydrographique d'un bassin est due à quatre facteurs principaux qui sont :

La géologie : par sa grande sensibilité à l'érosion, la nature du substratum influence sur la forme du réseau hydrographique.

Carte Géologique du bassin versant de La Rivière Blanche

Le climat: le réseau hydrographique est dense dans les régions montagneuses très humides et tend disparaître dans les régions désertiques.

La pente du terrain : détermine si les cours d'eau sont en phase érosive ou sédimentaire. Dans les zones de pente plus élevées, les cours d'eau participent souvent à l'érosion de la roche sur laquelle ils s'écoulent. Au contraire, en plaine, les cours d'eau s'écoulent sur un lit où la sédimentation prédomine.

La présence humaine : le drainage des terres agricoles, la construction de barrages, l'endiguement, la protection des berges et la correction des cours d'eau modifient continuellement le tracé originel du réseau hydrographique. Afin de caractériser le réseau hydrographique, il est souvent utile de reporter son tracé en plan sur une carte à une échelle adéquate. L'utilisation de l'imagerie spatiale est utile à cette identification. Divers paramètres descriptifs sont utilisés pour définir le réseau hydrographique.

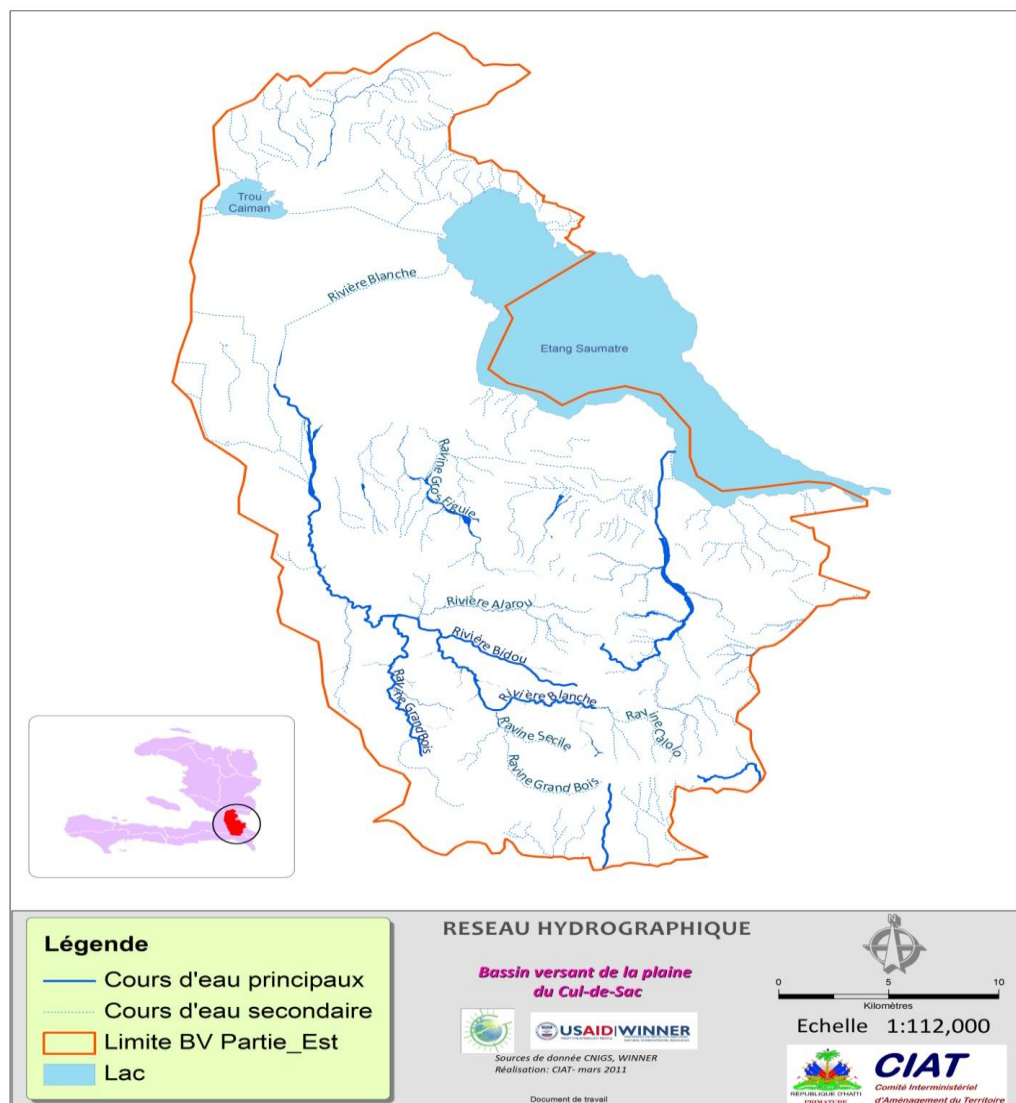
4-3-1- La topologie : structure du réseau et ordre des cours d'eau

La topologie s'avère utile dans la description du réseau hydrographique notamment en proposant une classification de ces différents affluents. Cette classification est facilitée par un système de numérotation des tronçons de cours d'eau (rivière principale et affluente)

La codification des cours d'eau est également utilisée pour le traitement automatique des données. Il existe plusieurs types de classifications des tronçons des cours d'eau, dont la classification de Strahler (1957) qui est la plus utilisée. Cette classification permet de décrire sans ambiguïté le développement du réseau de drainage d'un bassin de l'amont vers l'aval. Elle se base sur les règles suivantes :

- *Tout cours d'eau dépourvu de tributaires est d'ordre un.*
- *Le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau d'ordre différent prend l'ordre du plus élevé des deux.*
- *Le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau du même ordre est augmenté de un.*

Réseau hydrographique du Bassin versant de la Rivière Blanche



CARACTERISTIQUES DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

INDICE DE CARACTERISATION	VALEUR OBTENUE
Nombre de drain	230
Longueur du plus petit drain	0.01285 km
Longueur du plus grand drain	45.821 km
Longueur total du réseau	637.788 km
Longueur moyenne du réseau	27.773 km

La structure du réseau hydrographique permet d'établir le rapport de confluence des cours d'eau. Suivant la classification de Strahler, l'ordre de la cour d'eau principal du bassin versant de la rivière blanche est d'ordre 4.

Rapport de confluence des cours d'eau

Ordre des drains	Ordre 1	Ordre 2	Ordre 3	Ordre 4
Quantité	202	48	15	2
Rapport de confluence	0.24	0.31	0.13	-

4-3-2-La pente moyenne d'un cours d'eau

La pente moyenne d'un cours d'eau détermine la vitesse avec laquelle l'eau se rend à l'exutoire du bassin donc le temps de concentration. Cette variable influence donc le débit maximal observé. Une pente abrupte favorise et accélère l'écoulement superficiel, tandis qu'une pente douce ou nulle donne à l'eau le temps de s'infiltrer, entièrement ou en partie, dans le sol.

Le calcul des pentes moyennes et partielles du cours d'eau s'effectue à partir du profil longitudinal du cours d'eau principal et de ses affluents. La méthode la plus fréquemment utilisée pour calculer la pente longitudinale du cours d'eau consiste à diviser la différence d'altitude entre les points extrêmes du profil par la longueur totale du cours d'eau.

$$P_{moy} = \frac{\Delta H_{max}}{L}$$

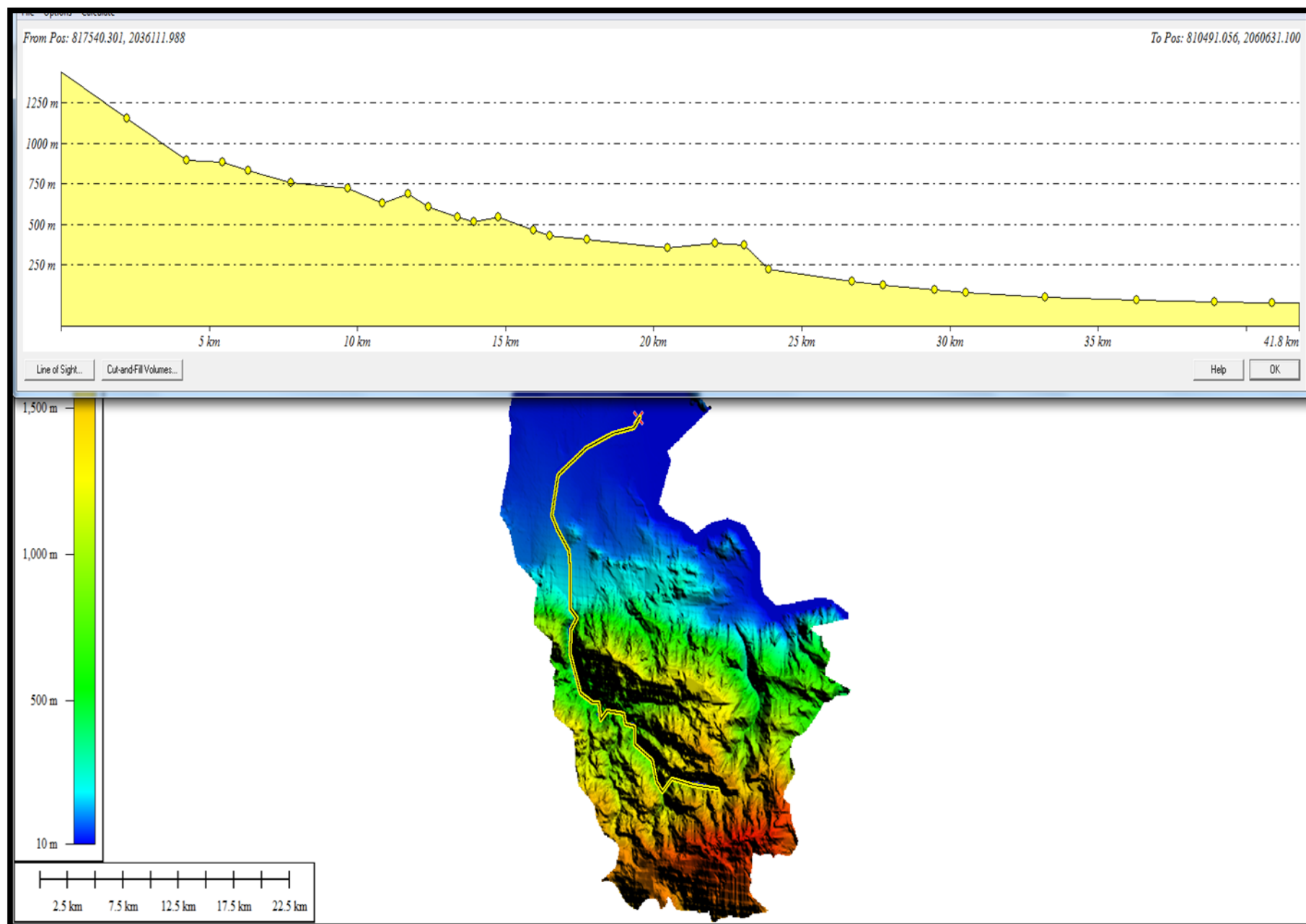
Où :

Pmoy : pente moyenne du cours d'eau [m/km] ;

DHmax : dénivellation maximale de la rivière [m] (différence d'altitude entre le point le plus éloigné et l'émissaire) ;

La pente moyenne du cours d'eau principal est de : **201.54m/km**

Profil en Long de la rivière principale



4-3-3-La densité de drainage

La densité de drainage, introduite par Horton, est la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant :

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

Avec

Dd densité de drainage [km/km²] ;

Li: longueur des cours d'eau [km] ;

A: surface du bassin versant [km²].

La densité de drainage dépend de la géologie (structure et lithologie) des caractéristiques topographiques du bassin versant et, dans une certaine mesure, des conditions climatiques et anthropiques.

En pratique, les valeurs de la densité de drainage varient de 3 à 4 pour des régions où l'écoulement n'a atteint qu'un développement très limité et se trouve centralisé ; elles dépassent 1000 pour certaines zones où l'écoulement est très ramifié avec peu d'infiltration.

Selon Schumm, la valeur inverse de la densité de drainage, $C=1/D_d$, s'appelle « constante de stabilité du cours d'eau ». Physiquement, elle représente la surface du bassin nécessaire pour maintenir des conditions hydrologiques stables dans un vecteur hydrographique unitaire (section du réseau).

4-3-4- Densité hydrographique

La densité hydrographique représente le nombre des cours d'eau par unité de surface.

$$F = \frac{\sum N_i}{A}$$

Où :

F : densité hydrographique [km⁻²]

Ni: nombre des cours d'eau ;

A: superficie du bassin [km²]

Densité de drainage	0.82 Km/ Km ²
Densité hydrographique	0.3 drain / Km ²

Les valeurs obtenues pour Dd et F Traduisent que chaque km² de bassin versant est drainé naturellement par 0.82 km de rivière ou ravine et dispose de moins d'un drain pour évacuer l'eau vers l'exutoire.



En fait, la densité hydrographique et la densité de drainage marche souvent de paire. Une région hydrographique ayant une haute densité de drainage et une haute densité hydrographique présentent en général une roche mère imperméable, un couvert végétal restreint et un relief montagneux. L'opposé, c'est-à-dire faible densité de drainage et faible densité hydrographique, se rencontre en région à substratum très perméable, à couvert végétal important et à relief peu accentué.

Dans le cas du bassin versant de la Rivière Blanche les caractéristiques du réseau hydrographique (202 cours d'eau d'ordre 1) sont en partie expliquées par la combinaison de divers facteurs :

- ✓ caractéristiques géologiques (substratum avec 48 % de calcaire dur)
- ✓ Couverture végétale : 58 % de la superficie du bassin sont occupés par des cultures annuelles (voir carte d'occupation de sol de 2010 du projet WINNER)
- ✓ Pente : 28 % de la superficie du bassin possède une pente comprise entre 30 et 60%

4-4-Les caractéristiques Agro pédologiques

4-4-1-Occupation et utilisation des sols

On mélange souvent dans les Systèmes d'information (SI) Occupations des sols et utilisation des sols. L'occupation des sols est une description physique de l'espace; elle correspond à l'occupation biophysique observe sur la surface de la terre (DI GREGORIO et JASEN 1997), c'est-a- dire ce qui recouvre le sol. Cependant l'utilisation des sols renvoie à une description des zones selon leur finalité socio-économique: superficie a vocation résidentielle industrielle ou commerciales, agricoles ou forestière. Dans le cadre de détermination des caractéristiques physique de bassins versants, parmi les classes d'occupation de sols qui peuvent avoir une influence sur l'écoulement des eaux superficielles, on peut citer :

4-4-1-2- La couverture végétale

L'action combinée de l'activité végétative et du type de sol influe considérablement sur l'écoulement en surface. Le couvert végétal retient, selon sa densité, sa nature et l'importance de la précipitation, une proportion variable de l'eau atmosphérique. Cette eau d'interception est en partie soustraite à l'écoulement.

La forêt, par exemple, intercepte une partie de l'averse par le feuillage des arbres et exerce ainsi une action réductrice notable sur le ruissellement superficiel. A l'inverse, le sol nu, de faible capacité de rétention favorise un ruissellement très rapide. L'érosion de la terre va généralement de paire avec l'absence de couverture végétale.

Etant donné l'importance du rôle joué par la forêt, on traduit parfois sa présence par un indice de couverture forestière noté :

$$K = \frac{\text{Surface des forets}}{\text{Surface totale du bassin}}$$

Pour le bassin versant de la rivière Blanche l'indice forestier est 1.29%

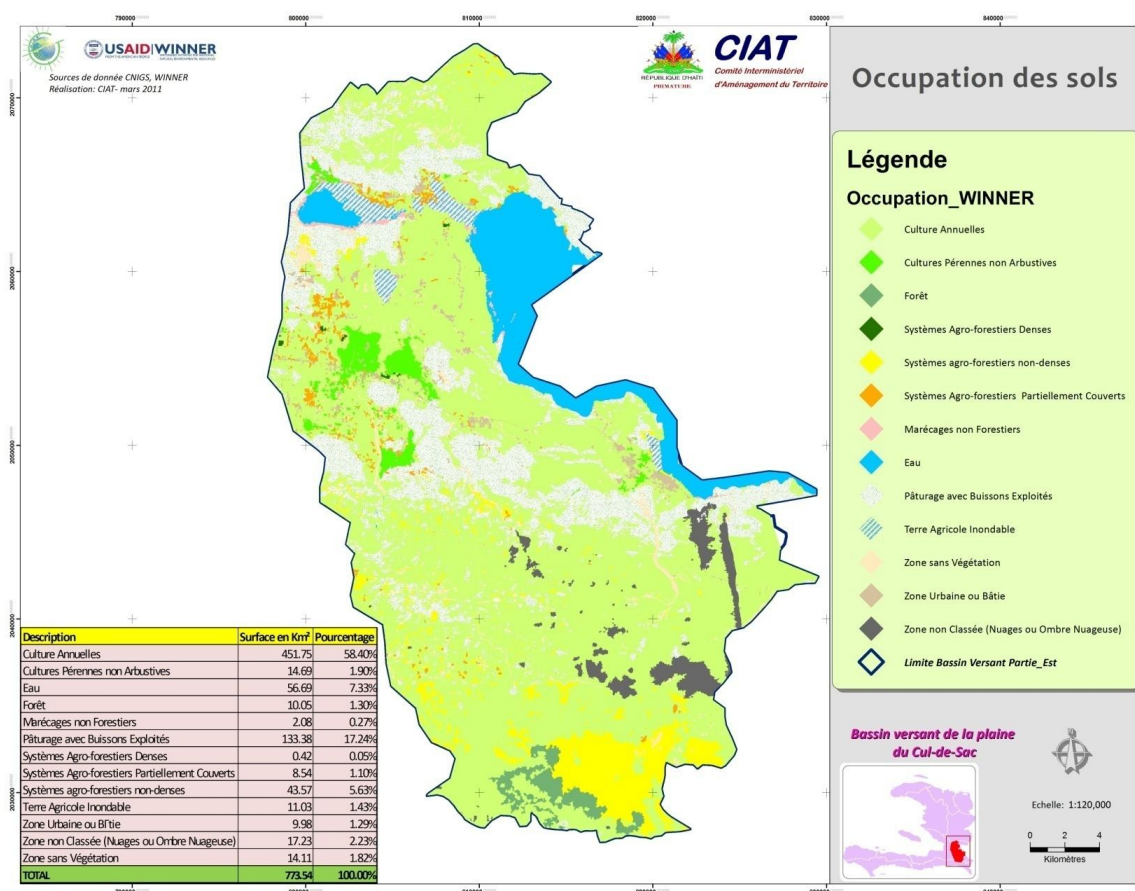
Ce type d'indice peut être calculé avec d'autres couvertures végétales telles les cultures par exemple

4-4-1-2- Les surfaces urbanisées ou revêtues

Les surfaces imperméables jouent un très grand rôle en hydrologie urbaine. Elles augmentent l'écoulement de surface, réduisent les infiltrations et la recharge des nappes, et diminuent le temps de concentration. Comme pour les forêts, on calcule souvent un taux d'imperméabilité qui est le rapport entre les surfaces imperméables et la surface totale.

La superficie totale de la surface revêtue pour le bassin versant sous étude est d'environ 10 km² soit 1.3%.

Carte d'occupation des sols 2010 du Bassin versant de la Rivière Grise réalisé par le projet USAID/WINNER

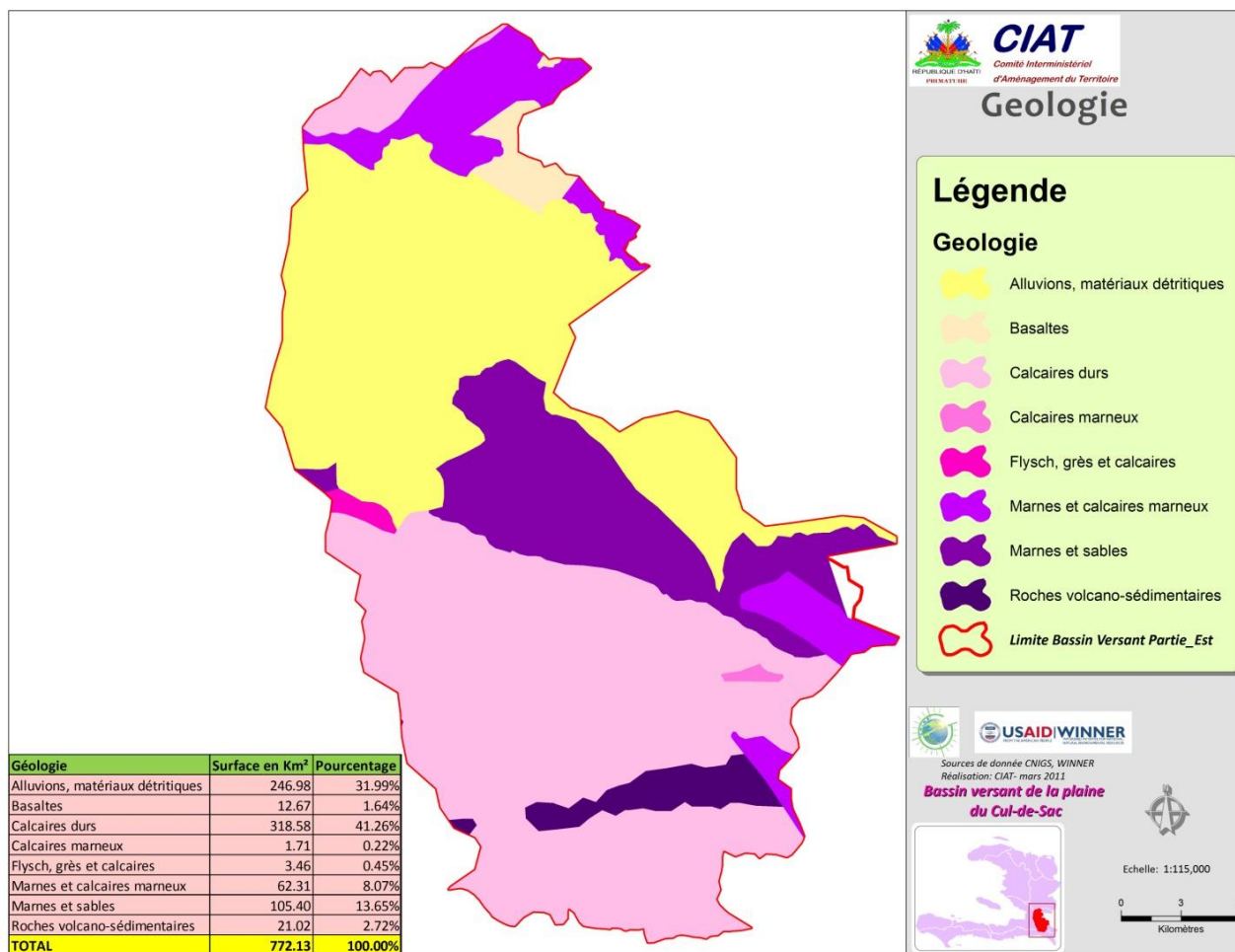


La géologie du substratum

La connaissance de la géologie d'un bassin versant relève d'une importance capitale pour cerner l'influence des caractéristiques physiographiques. Elle influe non seulement sur l'écoulement de l'eau souterraine mais également sur le ruissellement de surface. Dans ce dernier cas, les caractères géologiques principaux à considérer sont la lithologie (nature de la roche mère) et la structure tectonique du substratum (existence de fissures, de diaclases).

Dans le cadre de la caractérisation d'un bassin versant, il serait intéressant de disposer des informations sur le niveau de perméabilité du substratum rocheux. Celle-ci intervient sur la vitesse de montée des crues, sur leur volume et sur le soutien apporté aux débits d'étiage par les nappes souterraines. Un bassin à substratum imperméable présente une crue plus rapide et plus violente qu'un bassin à substratum perméable, soumis à une même averse. Ce dernier retient l'eau plus aisément, et en période de sécheresse, un débit de base sera ainsi assuré plus longtemps.

Carte Géologique du Bassin versant de la Rivière Blanche





ANNEXE III

Lexique des termes techniques utilisés dans le Guide

Diagnostic d'un bassin versant

Le diagnostic d'un bassin versant est un exercice présentant un état initial du bassin versant. Il met en évidence les problèmes et questions qui doivent être traités lors de la planification des actions à mener sur le bassin versant.

Bassin versant

Le bassin versant est la portion de territoire limitée par des lignes de crêtes et drainée par un fleuve, une rivière, un lac ou directement la mer.

Chaque bassin versant se subdivise en un certain nombre de bassins élémentaires (parfois appelés « sous-bassin versant ») correspondant à la surface d'alimentation des affluents se jetant dans le cours d'eau principal.

Hydrologie

C'est la science de la terre s'intéressant au cycle de l'eau, c'est-à-dire aux échanges entre l'atmosphère, la surface terrestre et son sous-sol.

Au titre des échanges entre l'atmosphère, et la surface terrestre, l'hydrologie s'intéresse aux précipitations (pluie et neige), à la transpiration des végétaux et à l'évaporation directe de la couche terrestre superficielle.

Filière agricole

Par "filière agricole", on entend: l'ensemble des activités liées à la production, la transformation et la distribution d'un produit agricole ou d'une gamme de produits agricoles.

Système de production

Un système de production agricole est selon la FAO, la représentation qui s'approche de la réalité dont nous disposons sur la manière de penser et de décider des agriculteurs.

Considérer l'agriculture comme étant un système signifie intégrer les dimensions biologiques et physiques comme par exemple les nutriments du sol et les bilans hydrologiques et les aspects socio-économiques au niveau de l'exploitation où sont prises la plupart des décisions concernant la production et la consommation (FAO, juin 2002)



Exploitation agricole

Une exploitation agricole, dans le domaine de l'économie agricole, est une entreprise, ou partie d'une entreprise, constituée en vue de la production agricole et caractérisée par une gestion unique et des moyens de production propre.

Dans le recensement agricole, l'exploitation agricole est définie comme une unité de production remplissant les trois critères suivants:

- produire des produits agricoles;
- avoir une gestion courante indépendante;
- atteindre un certain seuil en superficie, en production ou en nombre d'animaux

Aménagement du territoire

C'est l'action et la pratique de disposer avec ordre, à travers l'espace d'un pays et dans une vision prospective, les hommes et leurs activités, les équipements et les moyens de communication qu'ils peuvent utiliser, en prenant en compte les contraintes naturelles, humaines et économiques voire stratégiques.

Topographie/relief

La topographie représente la configuration et la forme d'un milieu. Dans ce cas il se confond avec le terme relief.

Pente

En topographie, la pente est l'inclinaison d'une surface topographique mesurée par rapport à l'horizontale.

Pédologie

C'est une discipline qui s'appuie sur l'étude des réactions réciproques entre les différentes phases (liquide, gazeuse, solide) composant le sol. Elle trouve des applications certes dans l'agriculture, l'horticulture, la sylviculture mais aussi dans l'hydrologie (rétention de l'eau par le sol), dans la pollution (filtration des eaux), dans l'archéologie (conservation d'archives végétales, animales, restes d'industries humaines), dans la construction (dans le Monde, les maisons sont très souvent en terre), dans l'industrie minière (le sol est le résidu de la roche sous-jacente et concentre certains éléments, l'or par exemple). En donnant, par la cartographie, une image de la répartition des sols, la discipline intéresse encore la géographie, l'écologie du paysage et même la climatologie (échange d'eau avec l'atmosphère), enfin le changement climatique (échange de carbone entre le sol et l'atmosphère via le CO₂).



Formations lithologiques

La lithologie est la branche de la géologie qui étudie la nature des roches d'une formation. Elle est indispensable à la compréhension des modelés et de l'érosion.

Géomorphologie

La géomorphologie a pour principal objet l'étude des formes du relief terrestre et des processus les modifiant. Les géomorphologues cherchent à comprendre les variations et l'évolution des formes du relief ainsi que l'impact sur les populations humaines des processus géomorphologiques, y compris des événements dangereux tels que les glissement de terrain et les crues des cours d'eau qui peuvent s'intensifier à l'avenir en raison du changement de climat.

Altimétrie

L'altimétrie est la détermination et la mesure des altitudes d'un lieu ou d'une région donnée. Sa détermination débouche généralement sur la conception d'une carte topographique où les altitudes sont indiquées sous la forme de points locaux ou sous la forme d'isohypses (ensemble des points de même altitude).

Climat

Le climat correspond à la distribution statistique des conditions atmosphériques dans une région donnée pendant une période de temps donnée. Il se distingue de la météorologie qui désigne l'étude du temps à court terme et dans des zones ponctuelles. L'étude du climat est la climatologie.

La détermination du climat est effectuée à l'aide de moyennes établies à partir de mesures statistiques annuelles et mensuelles sur des données atmosphériques locales : température, précipitations, ensoleillement, humidité, vitesse du vent. Sont également pris en compte leur récurrence ainsi que les phénomènes exceptionnels.

Pluviométrie

La pluviométrie est la mesure de la pluie. L'outil utilisé est le pluviomètre/pluviographe. La mesure utilisée est généralement le millimètre.

Humidité relative

L'humidité relative de l'air (ou degré d'hygrométrie), couramment notée ϕ , correspond au rapport de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante (ou tension de vapeur) à la même température et pression. Elle est donc une mesure



du rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale à en contenir dans ces conditions. Ce rapport changera si on change la température ou la pression bien que l'humidité absolue de l'air n'ait pas changée. L'humidité relative est souvent appelée degré hygrométrique. Elle est mesurée à l'aide d'un hygromètre.

Evapotranspiration

L'évapotranspiration correspond à la quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes. Elle joue un grand rôle dans les climats et microclimats.

Bilan hydrique

Un bilan hydrique est le résultat chiffré de la comparaison du total des précipitations tombées dans une région et l'évapotranspiration potentielle (Etp.) évaluée en laboratoire. Le bilan hydrique permet d'apprécier la faisabilité d'une culture donnée dans une région donnée. Voir aussi bilan massique, bilan sédimentaire.

Démographie

La démographie est l'étude quantitative de l'âge des populations et de leurs dynamiques, à partir de caractéristiques telles que la natalité, la fécondité, la mortalité, la nuptialité (ou conjugalité) et la migration. Le démographe analyse les variations de ces phénomènes dans le temps et dans l'espace, en fonction des milieux socio-économiques et culturels

Ménage

Un ménage, au sens économique, est une personne physique ou plusieurs personnes physiques (famille...) vivant sous le même toit et dépendant économiquement les uns des autres. Le ménage est l'unité de base dans de nombreux modèles microéconomiques.

Système foncier /Mode de Faire valoir

Il s'agit de la nature des liens contractuels qui existent entre le détenteur du droit d'usage sur une terre et le détenteur de la maîtrise foncière (propriété) sur cette terre. Il existe en principe deux mode de faire valoir:



1. Faire valoir direct: Mode d'exploitation de la terre par celui qui en est propriétaire
2. Faire valoir indirect: Mode d'exploitation de la terre par un locataire fermier ou métayer

Vulnérabilité

La notion de vulnérabilité recouvre diverses acceptions qui ont en commun de faire apparaître une notion d'attaque par un élément extérieur et une notion de difficulté, voire d'impossibilité à y opposer une défense.

Ainsi, dans l'étude des risques naturels ou technologiques, la vulnérabilité se définit comme la sensibilité d'un territoire à un aléa. Cette sensibilité se décline en termes de dommages aux personnes et aux biens, et de perturbation de l'activité socio-économique.

Utilisation/Occupation des sols

On mélange souvent dans les Systèmes d'information Occupations des sols et utilisation des sols. L'occupation des sols est une description physique de l'espace; elle correspond à l'occupation biophysique observée sur la surface de la terre (DI GREGORIO et JASEN 1997), c'est-à-dire ce qui recouvre le sol. Cependant l'utilisation des sols renvoie à une description des zones selon leurs finalités socio-économiques: superficie à vocation résidentielle industrielle ou commerciales, agricoles ou forestière etc.

Gestion des ressources naturelles

C'est l'action sur les ressources naturelles envisagée dans l'optique de leur valorisation dynamique pour le développement humain et économique.

Cette gestion est dite durable quand elle peut se poursuivre dans le long terme humain sans dégradation notable de la base de ressources globale.

Zonage agro-écologique

Autrement exprimé, c'est une unité utilisée pour la cartographie des ressources des terres, définie sur la base du climat, du relief et des sols, et/ou de la couverture de ceux-ci; pour l'utilisation des terres, elle présente des potentiels et des contraintes spécifiques.

Image/photographie aérienne

La photographie aérienne est l'enregistrement de l'image d'une certaine partie de la terre. Avec le recul donné par l'altitude, elle offre, comparativement à une photo prise du sol, une vision plus globale du sujet.



Transect

Le terme transect (ou Coupe) désigne un dispositif d'observation de terrain ou la représentation d'un espace, le long d'un tracé linéaire et selon la dimension verticale, destiné à mettre en évidence une superposition, une succession spatiale ou des relations entre phénomènes : coupe géologique, coupe (ou transect) biogéographique.

Itinéraire technique

Un itinéraire technique est une combinaison logique et ordonnée de techniques culturales utilisées sur une parcelle, qui permet, par le contrôle du milieu écologique, d'atteindre un objectif de production donné, en quantité et en qualité.

Il décrit le déroulement dans le temps et les modalités d'application des actions agricoles à mettre en œuvre pour le déroulement d'une culture.

Système de culture

La notion de système de culture constitue en quelque sorte une extension de la notion d'itinéraire technique à un pas de temps plus long, celui de la succession de culture. Le système de culture intègre ainsi la nature et l'ordre des cultures qui se suivent sur une parcelle en plus des itinéraires techniques de ces cultures.

La notion de système de culture conserve les propriétés de celle d'itinéraire technique ; elle est employée par les agronomes pour traiter des questions qui prennent un sens pour des durées supérieures à celle du cycle cultural. On a de plus en plus recours à cette notion pour évaluer la durabilité de l'agriculture.

Système d'élevage

Un système d'élevage peut être défini comme l'ensemble des techniques et des pratiques mise en œuvre par une communauté pour faire exploiter des ressources végétales par des animaux dans un espace donné, en tenant compte de ses objectifs et de ces contraintes. La caractérisation d'un système d'élevage passe alors par trois pôles constitutifs et leurs relations : l'éleveur, le troupeau et leur territoire.

Systèmes d'information géographique

Définition américaine

La définition américaine émane du comité fédéral de coordination inter-agences pour la cartographie numérique (FICCDC 1988):

Un système d'information géographique est un "système informatique de matériels, de logiciels, et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion".

Définition française

La définition française est due à l'économiste Michel Didier (1990), dans une étude réalisée à la demande du CNIG:

Un système d'information géographique est un "ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision".

En conclusion on peut dire qu'un SIG a pour but d'informer sur la géographie d'un espace donné. Il s'appuie donc sur un certain nombre de bases de données géographiques, qu'il permet d'intégrer, de gérer, de traiter et de représenter sous forme de cartes.