

Identification et délimitation des zones humides dans les Départements et Régions d'Outre-mer

Fascicule 2

Contextes physiques et écologiques des DROM et implications

**Frédéric Feder
Déborah Viry
Guillaume Gayet
Marine Porteneuve**

Décembre 2024



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

PATRINAT

Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel

Un service commun
de l'Office français de la biodiversité,
du Muséum national d'Histoire naturelle,
du Centre national de la recherche scientifique
et de l'Institut pour la recherche et le développement



Nom du Projet : Identification et délimitation des zones humides dans les Départements et Régions d'Outre-Mer.

Financeurs : Office français de la Biodiversité et Ministère de la Transition Ecologique.

Responsables de l'étude : Marine Porteneuve et Guillaume Gayet.

Chefs de l'équipe en charge du programme : Remy Poncet et Stanislas Wroza.

Spécialistes mobilisés : M. Porteneuve (PatriNat - pilotage global du projet), G. Gayet (PatriNat - écologue spécialiste des milieux humides), D. Andreis (ARBIG - botaniste), L. Bonin, C. Hoarau, (Biotope La Réunion et Mayotte, - botanistes), V. Bouillet (botaniste indépendant), B. Ferlay (CBN Martinique), E. Fonty, N. Servientis (Biotope Guyane et Caraïbes, - botanistes), S. Gonzalez (IRD de Guyane et Herbiers de Cayenne – botaniste), M. Lacoste (CBN Mascarin – botaniste), F. Feder (pédologue), O. Péglerin (Biotope métropole - écologue spécialiste des milieux humides, pilotage des tests), D. Viry (écologue indépendante).

Relecteurs : Pierre Caessteker (Office français de la Biodiversité - Direction de la Police et du Permis de Chasser), Odile Cruz et Hélène Udo (Office français de la Biodiversité - Direction de l'Outre-mer), Ghislaine Ferrère (Ministère de la Transition Ecologique), Valentin Le Tellier (DEAL de La Réunion), Stéphan Lerider (DEAL Martinique), Nicolas Heitz, Ophélie Postillon (DGTM Guyane) et Anne Philipczyk (DEALM Mayotte), Rémy Poncet (PatriNat).

Référence du rapport conseillée : Feder Frédéric, Viry Déborah, Gayet Guillaume, Porteneuve Marine. 2024. Identification et délimitation des zones humides dans les Départements et Régions d'Outre-Mer – Fascicule 2 : Contextes physiques et écologiques des DROM et implications.

Crédits photos non spécifiés dans tout le rapport : G. Gayet & M. Porteneuve (PatriNat OFB – MNHN).

PatriNat

Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel



Dans une unité scientifique associant des ingénieurs, des experts et des spécialistes de la donnée, PatriNat rapproche les compétences et les moyens de ses quatre tutelles que sont l'OFB, le MNHN, le CNRS et l'IRD.

PatriNat coordonne des programmes nationaux d'acquisition de connaissance pour cartographier les écosystèmes, les espèces et les aires protégées, surveiller les tendances de la biodiversité terrestre et marine, répertorier les zones clefs pour la conservation de la nature (Znieff), et produire des référentiels scientifiques et techniques (TaxRef, HabRef, etc.). Ces programmes associent de nombreux partenaires et fédèrent les citoyens à travers des observatoires de sciences participatives (tels que Vigie-Nature, INPN espèces ou Vigie-terre).

PatriNat développe des systèmes d'information permettant de standardiser, partager, découvrir, synthétiser et archiver les données aussi bien pour les politiques publiques (SIB, SINP) que pour la recherche (PNDB) en assurant le lien avec les systèmes internationaux (GBIF, CDDA, etc.)

PatriNat apporte son expertise dans l'interprétation des données pour accompagner les acteurs et aider les décideurs à orienter leurs politiques : production d'indicateurs, notamment pour l'[Observatoire national de la biodiversité](#) (ONB) et des livrets de chiffres clés, élaboration des Listes rouges des espèces et écosystèmes menacés, revues systématiques, préparation des rapportages pour les directives européennes, élaboration d'outils de diagnostic de la biodiversité pour les acteurs des territoires, ou encore évaluation de l'efficacité des mesures de restauration. PatriNat organise également l'autorité scientifique CITES pour la France.

L'ensemble des informations (de la donnée brute à la donnée de synthèse) est rendu publique dans les portails NatureFrance, INPN et Compteur BIOM.

En savoir plus : www.patrinat.fr

Direction : Laurent PONCET et Julien TOUROULT

Naturefrance

Le service public d'information sur la biodiversité



Naturefrance représente le service public d'information sur les politiques publiques de biodiversité en France. Il se décline dans plusieurs portails d'information, dont le portail général naturefrance.fr. Destiné à un public aussi large que possible, il propose des clés de lecture des grands enjeux liés à la biodiversité et à son évolution, aux pressions qu'elle subit, et aux réponses de la société. Naturefrance présente des chiffres clés, des indicateurs développés dans le cadre de l'ONB (Observatoire national de la biodiversité), des articles et des publications, issus de l'analyse scientifique des données provenant des politiques publiques de conservation ou d'activités socio-économiques favorables ou défavorables à la biodiversité.

Dans le cadre de cette mission confiée par l'OFB, PatriNat gère ce portail et participe au traitement, à l'analyse et à l'interprétation d'une partie des données versées sur Naturefrance : par exemple, celles provenant du Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel (SINP) ou encore du Système d'information de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (SI CITES).

En savoir plus : naturefrance.fr

Inventaire national du patrimoine naturel

Le portail de la biodiversité et de la géodiversité françaises, de métropole et d'outre-mer



Dans le cadre de Naturefrance, l'Inventaire national du patrimoine naturel (INPN) est le portail de la biodiversité et de la géodiversité françaises, de métropole et d'outre-mer (www.inpn.fr). Il regroupe et diffuse les informations sur l'état et les tendances du patrimoine naturel français terrestre et marin (espèces animales, végétales, fongiques et microbiennes actuelles et anciennes, habitats naturels, espaces protégés et géologie) en France métropolitaine et ultramarine.

Les données proviennent du Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel (SINP) et de l'ensemble des réseaux associés. PatriNat organise au niveau national la gestion, la validation, la centralisation et la diffusion de ces informations. L'inventaire consolidé qui en résulte est l'aboutissement d'un travail associant scientifiques, collectivités territoriales, naturalistes et associations de protection de la nature, en vue d'établir une synthèse régulièrement mise à jour du patrimoine naturel en France.

L'INPN est un dispositif de référence français pour la connaissance naturaliste, l'expertise, la recherche en macroécologie et l'élaboration de stratégies de conservation efficaces du patrimoine naturel. L'ensemble de ces informations sont mises à la disposition de tous, professionnels, amateurs et citoyens.

En savoir plus : www.inpn.fr

Compteur Biodiversité Outre-mer

Le portail des indicateurs, des enjeux et des initiatives sur la biodiversité en outre-mer



Dans le cadre de Naturefrance, le Compteur de la biodiversité Outre-mer (BiOM) développe une entrée dédiée aux territoires ultramarins français qui abritent une part importante de la biodiversité mondiale. Portail accessible, actualisé et pérenne, il favorise la rencontre des citoyens et des acteurs de la biodiversité, autour de trois objectifs : partager la connaissance scientifique, valoriser les actions des territoires ultramarins, et encourager chacun à agir. Cette démarche vise à relater les contextes culturels et mettre en avant des enjeux spécifiques de chaque territoire, pour répondre à un engagement du Livre bleu des Outre-mer.

Des études auprès des citoyens viennent compléter l'initiative : par exemple le premier panorama des programmes de sciences participatives dans les territoires, et une enquête sur la perception de la nature et l'utilisation des outils numériques.

PatriNat assure la mise en œuvre du projet et avec la participation des acteurs des outre-mer, suivant trois axes : production d'indicateurs de biodiversité (connaissances, espèces menacées, espaces protégés, etc.), relai des actions de mobilisation et de sciences participatives (écogestes, inventaires participatifs, etc.) et gestion technique du portail.

En savoir plus : biodiversite-outre-mer.fr

Précautions valables sur les données brutes présentées dans les Fascicules

Toutes les données brutes présentées dans les Fascicules 4 et 5 ont été collectées sur le terrain dans le cadre du présent projet de Recherche et Développement visant à proposer des protocoles et listes de référence pour l'identification et la délimitation des zones humides dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM). Il ne saurait être considéré que les données brutes relevées sur le terrain engagent de quelque manière les agents de l'OFB, du MNHN ou les partenaires associés au projet sur la présence ou l'absence d'une zone humide, sur un site donné, comme cela est requis par ex. dans un dossier d'autorisation environnementale et de déclaration. Les données brutes relevées sur le terrain ne peuvent donc pas être utilisées directement dans un contexte réglementaire et judiciaire. A ces fins, il est impératif de réaliser des relevés sur le terrain sur les sites concernés.

Le contenu du Fascicule 5 fournit les informations scientifiques et techniques en perspective de la publication d'un arrêté interministériel au sujet des protocoles et listes de référence à mobiliser pour identifier et délimiter les zones humides dans les DROM. Ce contenu peut déjà être utilisé par des acteurs techniques sur le terrain, avant un arrêté interministériel. Il constitue le meilleur état de l'art sur le sujet, au moment de la parution des présents Fascicules. Cependant, ce contenu n'a pas de valeur opposable à l'État ou à un tiers, il n'est pas obligatoire d'y recourir, tant qu'un arrêté interministériel n'y fait pas référence.

Remerciements

Ce projet a bénéficié d'un double financement de l'Office français de la biodiversité et du Ministère de la Transition Écologique.

Nous remercions Sébastien Abric, Ghislaine Ferrère et Claire-Cécile Garnier au Ministère chargé de la Transition Écologique pour avoir participé activement au projet.

Nous remercions les services de l'État de chacun des DROM pour avoir accompagné la démarche : Jérôme Valérin (DEAL Guadeloupe), Laurent Chaulvet, Stéphan Lerider (DEAL Martinique), Grégoire De-Saint-Romain, Mélodie Gosset, Valentin Le Tellier (DEAL de La Réunion), Nicolas Heitz, Ophélie Postillon (DGTM Guyane) et Anne Philipczyk (DEALM Mayotte).

Nous remercions les services de l'État de Mayotte et de La Réunion pour avoir pris les arrêtés préfectoraux nécessaires aux campagnes de terrain. Nous remercions la DEALM de Mayotte pour le soutien concernant les conditions de sécurité réunies durant la campagne de terrain à Mayotte.

Des relevés ont été réalisés dans des espaces naturels protégés (par ex. zone cœur du Parc National de La Réunion, Réserve Naturelle Nationale de l'étang de Saint Paul et Conservatoire du littoral à Mayotte) durant le projet. Des demandes d'accès spécifique ont été formulées auprès des gestionnaires de ces sites. Nous remercions les gestionnaires et acteurs sur ces espaces naturels qui ont donné les autorisations nécessaires. Merci à Pascal Hoarau, directeur de la Réserve Naturelle Nationale de l'étang de Saint Paul pour l'organisation de la journée de terrain et son aide précieuse pour les autorisations et la sélection des sites. Merci au Parc national de La Réunion pour les autorisations données, ainsi qu'à William Riviere et Julien Triolo (ONF de La Réunion) pour les autorisations d'accès et leurs apports sur le choix des sites de prospection. Merci à Julie Erudel du Conservatoire du littoral à Mayotte pour son autorisation d'accès.

Nous remercions Marc Gayot du CB Guadeloupe, pour son accompagnement précieux.

Nous remercions l'ensemble des partenaires du projet pour leurs précieuses contributions, leur temps, leurs réactivités et leurs expertises : Vincent Boulet (botaniste indépendant), Frédéric Feder (CIRAD), Benjamin Ferlay (CBN Martinique), Darlionei Andreis (ARBIG), Sophie Gonzalez (IRD de Guyane), Marie Lacoste (CBN Mascarin) Bertrand Laroche (INRAe).

Nous remercions Olivier Brunaux (ONF), Julien Engel (IRD, UMR AMAP), Jean-François Molino (ex IRD, UMR AMAP), Hélène Richard (ONF) et Daniel Sabatier (ex IRD, UMR AMAP) pour leurs expertises concernant les espèces arborescentes de Guyane ainsi que Michel Boudrie (Ptéridologue indépendant) pour son expertise des fougères de la liste des espèces de Guyane.

Nous remercions également le bureau d'études Biotope pour sa contribution sur les terrains et leurs expertises concernant les listes de référence d'espèces végétales : Justine Michel, Daniel Pinelli, Vincent Ruffray, Mathieu Souquet. Merci à Anthony Montée pour l'application Qfield développée en prévision des relevés sur le terrain.

Nous remercions Odile Cruz, Lucie D'Eurvillier et Hélène Udo, à la Direction des Outre-mer de l'OFB pour avoir suivi ce projet de façon rapprochée.

Nous remercions également Eric Céciliot et Pierre Antoine David à la Direction des Outre-mer de l'OFB pour leur soutien concernant le projet.

Nous remercions Florence Baptist (Soltis), Pierre Caessteker (OFB), Bertrand Laroche (INRAe), Eric Lucot (Université de Franche-Comté) et Ottone Scammacca (IRD) pour leur expertise lors de la relecture de la synthèse bibliographique réalisée par Frédéric Feder (Cirad) sur le sol et les zones humides dans les DROM. Merci à César Delnatte pour son avis sur les listes d'espèces végétales des Antilles et de la Guyane.

Pour la relecture et l'appui sur les questions réglementaires, nous remercions Pierre Caessteker (OFB).

Nous remercions Claudine Ah-Peng (UMR PVBMT du Cirad), pour le temps accordé concernant la réflexion sur les Sphaignes, et leur éventuelle inclusion dans la liste de référence d'espèces végétales caractéristiques des zones humides de La Réunion.

Nous remercions les partenaires locaux et les acteurs locaux intéressés qui ont participé à la campagne de terrain :

- Service départemental (SD) de l'OFB de Mayotte : Mahamoud Attoumani, Ségolène Come, Prince Ismaël Harouna, Loïc Thouvignon, Anli Toilbou ;
- SD OFB Guyane et UTC Guyane : Stéphanie Barthe, Philippe Florentine, Olivier Nadaud, Orphée Walburger ;
- SD OFB La Réunion : Victor Détienne ;
- SD OFB Guadeloupe et UTC Antilles : Félicia Bandou, Fabian Rateau, Sandy Sébastien ;
- SD OFB Martinique : Bruno Agache, Baptiste Anselin, Sophie Brugneaux, Martin Dubernet, Jean-Yves Janise, François Marguet ;
- DEAL Guadeloupe : Jérôme Valérin ;
- DEAL Martinique : Laurent Chaulvet et Stephan Lerider ;
- DEALM Mayotte : Mélissa Conord et Erell Dos-Santos ;
- DGTM Guyane : Nicolas Heitz et Ophélie Postillon ;
- PatriNat : Marine Didier ;
- tous les autres agents qui ont participé à la collecte de données...

Ces partenaires ont alimenté des retours critiques précieux pour parvenir aux protocoles et listes de référence finaux.

Nous remercions les acteurs locaux rencontrés sur le terrain, pour les échanges riches et le partage de leur connaissance du territoire. Nous remercions également les spécialistes ainsi que les polices municipales de Mayotte qui nous ont accompagnés sur le terrain.

Nous remercions Maxime Cammas (PatriNat) et son équipe pour nous avoir orientés sur la bancarisation des données sur le site de l'INPN et nous avoir permis d'obtenir les couches SIG sur tablette aux Antilles. Merci à Paul Bezes (expert indépendant) pour son appui concernant le SIG.

Merci à Christophe Ferrier (OFB), pour sa contribution à la préparation des missions sur le terrain, pour ses conseils et la préparation des couches SIG sur tablette en Guyane, à La Réunion et à Mayotte.

Merci également à Jessica Thevenot (PatriNat), pour l'extraction des photos de l'INPN des taxons appartenant à la liste de référence d'« espèces végétales » des zones humides dans les DROM. Ces

photos ont permis d'aider à la reconnaissance d'espèces végétales dans les DROM. Merci à Guillaume Gigot (PatriNat) pour son expertise sur TaxRef.

Merci à Rémy Poncet, Julien Touroult et Stanislas Wroza (PatriNat) pour l'aide précieuse apportée durant ce travail.

Nous souhaiterions également à travers ces remerciements rendre hommage au regretté Vincent Boulet (Botaniste indépendant) pour son aide très précieuse au cours du projet et sa grande expertise concernant l'aspect botanique à Mayotte en particulier.

Table des matières

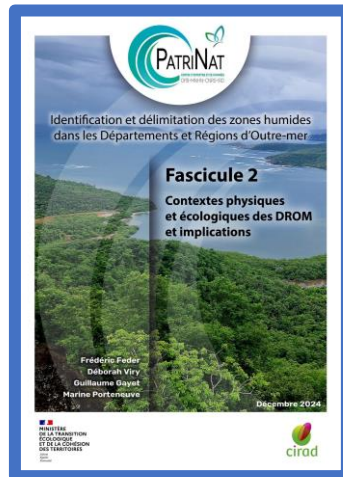
<u>Précautions valables sur les données brutes présentées dans les Fascicules</u>	<u>4</u>
<u>Remerciements</u>	<u>5</u>
<u>Introduction spécifique du Fascicule 2.....</u>	<u>15</u>
I. Environnement physique des territoires ultramarins français	16
I.1. La Guyane	16
I.1.1. Climat de la Guyane	16
I.1.2. Hydrographie de la Guyane	22
I.1.3. Aperçu géomorphologique de la Guyane.....	25
I.1.4. Aperçu géologique de la Guyane.....	27
I.1.5. Aperçu pédologique de la Guyane.....	30
I.1.6. Aperçu des paysages en Guyane	37
I.1.7. Aperçu de la biodiversité en Guyane	39
I.1.8. Aperçu des pressions et menaces sur les milieux naturels guyanais	40
I.2. La Martinique	45
I.2.1. Climat de la Martinique	45
I.2.2. Hydrographie de la Martinique	50
I.2.3. Aperçu géomorphologique de la Martinique	51
I.2.4. Aperçu géologique de la Martinique	52
I.2.5. Aperçu pédologique de la Martinique	55
I.2.6. Aperçu des paysages de Martinique.....	57
I.2.7. Aperçu de la biodiversité en Martinique	59
I.2.8. Aperçu des pressions et menaces sur les milieux naturels martiniquais.....	61
I.3. La Guadeloupe	65
I.3.1. Climat de la Guadeloupe.....	65
I.3.2. Hydrographie de la Guadeloupe	67
I.3.3. Aperçus géomorphologique et géologique de la Guadeloupe.....	69
I.3.4. Aperçu pédologique de la Guadeloupe.....	70
I.3.5. Aperçu des paysages en Guadeloupe	74
I.3.6. Aperçu de la biodiversité en Guadeloupe	77
I.3.7. Aperçu des pressions et menaces sur les milieux naturels guadeloupéens.....	79
I.4. La Réunion	83

I.4.1.	Climat de La Réunion	83
I.4.2.	Hydrographie de La Réunion	93
I.4.3.	Aperçus géomorphologique et géologique de La Réunion	95
I.4.4.	Aperçu pédologique de La Réunion	100
I.4.5.	Aperçu des paysages de La Réunion	120
I.4.6.	Aperçu de la biodiversité de La Réunion	124
I.4.7.	Aperçu des pressions et menaces sur les milieux naturels réunionnais	126
I.5.	Mayotte	130
I.5.1.	Climat de Mayotte	130
I.5.2.	Hydrographie de Mayotte	133
I.5.3.	Contextes géologiques de Mayotte	135
I.5.4.	Aperçu géomorphologique et pédologique de Mayotte	138
I.5.5.	Aperçu des paysages de Mayotte	143
I.5.6.	Aperçu de la biodiversité de Mayotte	146
I.5.7.	Aperçu des pressions et menaces sur les milieux naturels mahorais	149
II.	<u>Fonctions et types de zones humides dans les DROM</u>	153
II.1.	Fonctions et services des zones humides	153
II.2.	Présentation des zones humides dans les territoires ultramarins français	154
II.2.1.	Typologie des zones humides en Guyane	155
II.2.2.	Typologie des zones humides en Martinique	158
II.2.3.	Typologie des zones humides en Guadeloupe	160
II.2.4.	Typologie des zones humides de La Réunion	164
II.2.5.	Typologie des zones humides à Mayotte	167
III.	<u>Définitions de l'hydromorphie, de ses causes et des conséquences dans les sols</u>	172
III.1.	Définition de l'engorgement des sols et de l'hydromorphie	172
III.2.	Les différentes causes des engorgements	173
III.3.	Les processus géochimiques dans les sols hydromorphes	174
III.3.1.	Horizons rédoxiques et traits liés à la redistribution du fer	177
III.3.2.	Sols particuliers sans traits d'hydromorphie rédoxiques	182
III.3.3.	Horizons réductiques et traits liés à la réduction du fer	183
III.3.4.	Horizons histiques	189
III.4.	Les processus écologiques dans les sols hydromorphes	190

<u>IV. Inventaire et conditions pédologiques de reconnaissance des sols des zones humides dans les territoires ultramarins français</u>	<u>192</u>
<u>V. Définitions des termes et notions utilisés</u>	<u>202</u>
V.1. Sols dominés par la chimie du fer et de l'aluminium et affectés par une nappe phréatique, par les marées ou submergés ou avec eau stagnante, différence structurale et/ou différence texturale modérée	207
V.2. Sols dominés par la chimie du fer et de l'aluminium et avec allophanes ou des complexes Al-humus	209
V.3. Sols dominés par la chimie du fer et de l'aluminium et avec accumulation en profondeur d'humus et/ou d'oxydes	210
V.4. Sols dominés par la chimie du fer et de l'aluminium avec des argiles à faible activité, une fixation du phosphore, de nombreux oxydes de fer et une structure forte	211
V.5. Sols dominés par la chimie du fer et de l'aluminium et avec une accumulation et une redistribution du fer ou une dominance de la kaolinite et d'oxydes	213
V.6. Sols avec couches organiques épaisses	215
V.7. Sols avec limitations du développement racinaire et des conditions humidité-sécheresse alternantes ou un gonflement-retrait des argiles	216
V.8. Sols à sous-sol enrichi en argiles à faible activité, à faible ou forte teneur en bases	217
V.9. Sols à différenciation de profil faible ou nulle modérément développés	220
V.10. Sols à différenciation de profil faible ou nulle sableux	221
V.11. Sols à différenciation de profil faible ou nulle et à sédiments stratifiés fluviatiles, marins ou lacustres ou à colluvions	222
V.12. Sols à différenciation de profil faible ou nulle et sans développement de profil significatif	224
<u>VI. Applications opérationnelles des connaissances physiques des territoires pour des protocoles et listes de référence d'identification des zones humides d'après le sol</u>	<u>225</u>
<u>Bibliographie.....</u>	<u>228</u>
<u>Résumé des Fascicules.....</u>	<u>238</u>

Ce Fascicule 2 constitue un élément de la série de 5 Fascicules restituant les résultats du projet de Protocoles et listes de référence pour identifier et délimiter les zones humides dans les DROM :

- **Fascicule 1** : Introduction générale et objectifs
- **Fascicule 2** : Contextes physiques et écologiques des DROM et implication
- **Fascicule 3** : Un panorama de 20 ans de connaissances sur les zones humides dans les DROM et appropriations
- **Fascicule 4** : Démarche de Recherche & Développement pour élaborer les protocoles et listes de référence
- **Fascicule 5** : Protocoles et listes de référence



Introduction spécifique du Fascicule 2

Ce Fascicule s'attache à décrire la diversité des contextes physiques, écologiques et anthropiques dans chacun des DROM. La synthèse bibliographique ainsi établie permet ensuite d'intégrer cette diversité aux listes de référence proposées dans le Fascicule 4 pour identifier avec fiabilité les zones humides, et aussi pour appréhender les limites de chaque critère proposé.

Comment intégrer la diversité des contextes écologiques des DROM à la proposition de protocoles et listes de référence pour identifier et délimiter les zones humides ?

Ce Fascicule est décomposé en parties complémentaires :

1. La première partie décrit l'environnement physique de chaque DROM : climatique, hydrologique, géomorphologique, géologique et pédologique. Les contextes écologiques sont présentés en soulignant les particularités écologiques, paysagères et anthropiques de chaque DROM ;
2. La seconde partie précise les caractéristiques générales et spécifiques des zones humides de ces territoires afin d'aborder leur diversité en vue d'identifier les zones humides sur le terrain ;
3. La troisième partie présente l'hydromorphie et comment une variété de fonctionnements écologiques dans les sols y génèrent des manifestations variables ;
4. La quatrième partie présente une synthèse des inventaires des sols des zones humides déjà recensées dans les DROM ;
5. La cinquième partie rappelle quelques définitions des sols identifiés et des notions utilisées relatives à ceux-ci.
6. La sixième partie tire profit des parties précédentes. Elle permet de proposer des protocoles et des listes de référence sur le sol, les habitats et les espèces végétales pour identifier les zones humides dans cette diversité de contextes tropicaux. **Une discussion globale clôt alors le Fascicule, en vue de l'intégration de ces informations de contexte à un prototype à tester sur le terrain pour en évaluer la fiabilité et la faisabilité sur une variété de zones humides dans chaque DROM (Fascicule 4). C'est la conclusion opérationnelle du Fascicule.**

I. Environnement physique des territoires ultramarins français

I.1. La Guyane

La Guyane se situe au Nord-Est du continent Sud-américain, à la différence des autres DROM qui sont des îles. **Elle est située dans la zone équatoriale de l'hémisphère Nord, et s'étend entre 2° et 6° de latitude Nord et entre 52° et 54° de longitude Ouest (Barret et al., 2001).** Elle s'intègre dans le plateau des Guyanes qui s'étend du Sud du Venezuela au Nord-Est du Brésil. D'une superficie de 83 846 km², la Guyane occupe seulement 0,5 % de la surface du continent alors qu'elle constitue le plus vaste territoire ultramarin français (16 % du territoire de métropole). La Guyane est bordée au Nord par l'océan Atlantique sur 320 km environ, à l'Ouest, par le Suriname sur 520 km de frontière commune sur le fleuve Maroni et au Sud et à l'Est, par le Brésil avec lequel elle partage 580 km de frontière. La frontière avec le Brésil est constituée par le fleuve Oyapock (IEDOM, 2015).

I.1.1. Climat de la Guyane

La Guyane présente un cycle saisonnier de quatre périodes inégales, soit quatre saisons réparties comme suit (OEG, 2020 ; Barret et al., 2001) :

- La petite saison des pluies, appelée « l'hiver boréal », de mi-novembre à mi-février ;
- La petite saison sèche appelée « le petit été de mars », de mi-février à mars ;
- La grande saison des pluies, d'avril à mi-août : les précipitations fortes à très fortes peuvent perdurer plusieurs jours ;
- La grande saison sèche, bien établie de mi-août à mi-novembre : les pluies sont plus rares mais elles ne sont pas inexistantes et peuvent être fortes surtout dans l'intérieur où des orages d'origine thermique peuvent être violents.

Les précipitations varient de 1 700 mm/an dans le Nord-Ouest à 3 800 mm dans la région de Régina-Cacao. La pluviométrie est de 3 000 mm/an en moyenne sur la bande côtière de Kourou à Cayenne, alors qu'elle atteint 2 500 mm/an dans les régions de l'intérieur (Figure ci-après).

Les températures moyennes sont de l'ordre de 26,5°C tout au long de l'année : les minima sont de 16 à 18°C, le matin sur l'intérieur du pays et les maxima de 34 à 36°C en début d'après-midi, surtout en période sèche. L'amplitude thermique quotidienne est de l'ordre de 8,5°C en moyenne, mais peut atteindre 17°C en saison sèche à l'intérieur du pays.

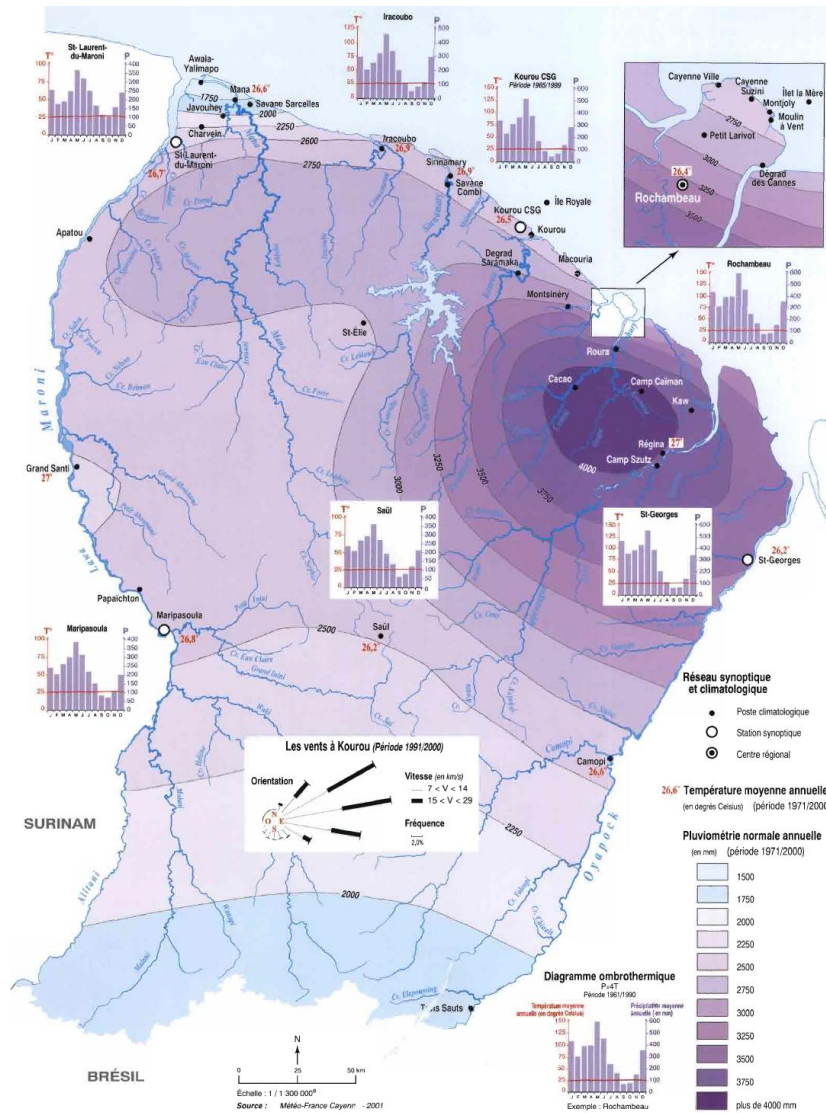


Figure 1 : Carte climatologique de la Guyane (Barret et al., 2001).

La succession de la petite saison des pluies, de la petite saison sèche, de la grande saison des pluies et de la grande saison sèche est facile à distinguer sur les diagrammes ombrothermiques des stations météorologiques illustrées ci-après par les différentes figures. Des mois dits secs sont observables en septembre et octobre, sur des stations météorologiques de Kourou, Cayenne, Saint-Georges et Camopi.

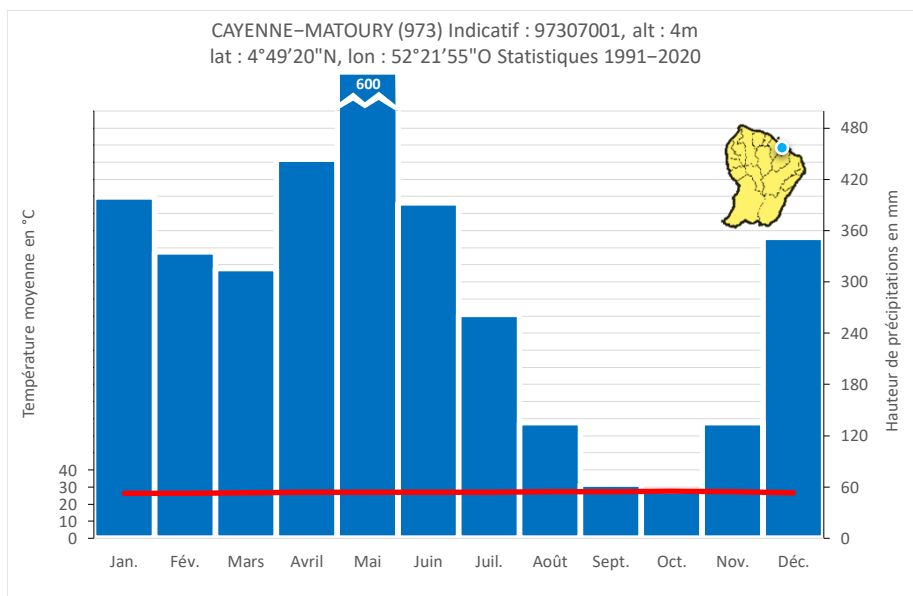


Figure 2 : Diagramme ombrothermique à Cayenne (1/2). Source : Météo-France.

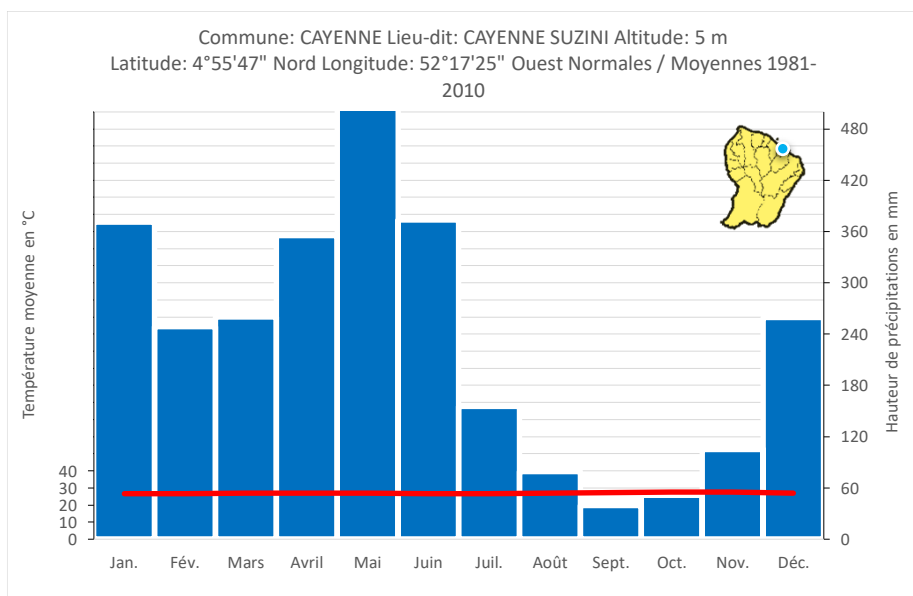


Figure 3 : Diagramme ombrothermique à Cayenne (2/2). Source : Météociel.

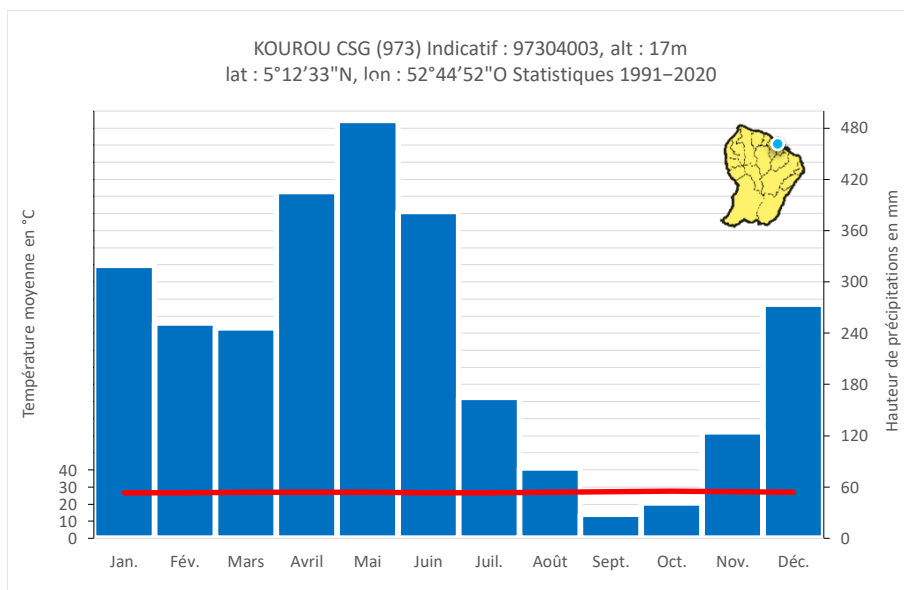


Figure 4: Diagramme ombrothermique à Kourou (1/3). Source : Météo-France.

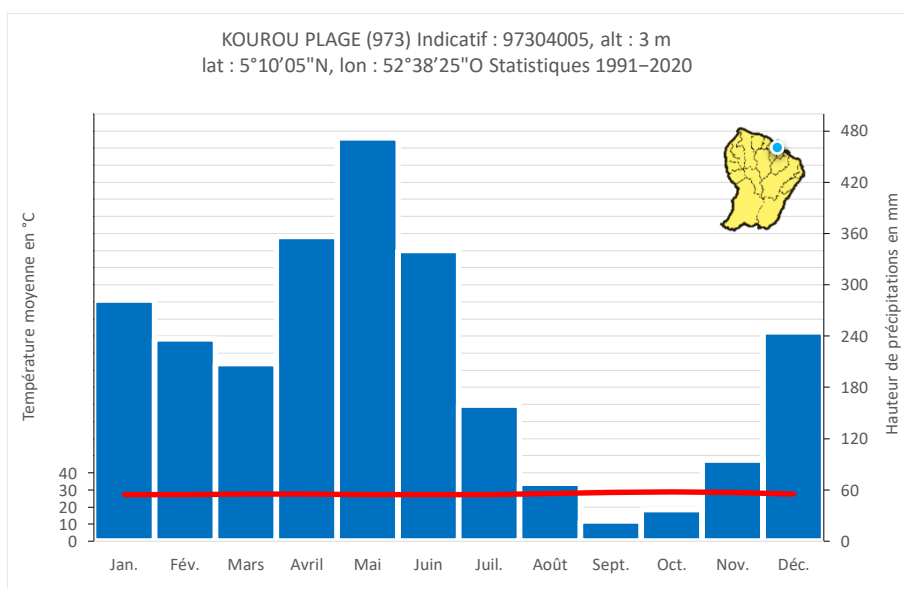


Figure 5 : Diagramme ombrothermique à Kourou (2/3). Source : Météo-France.

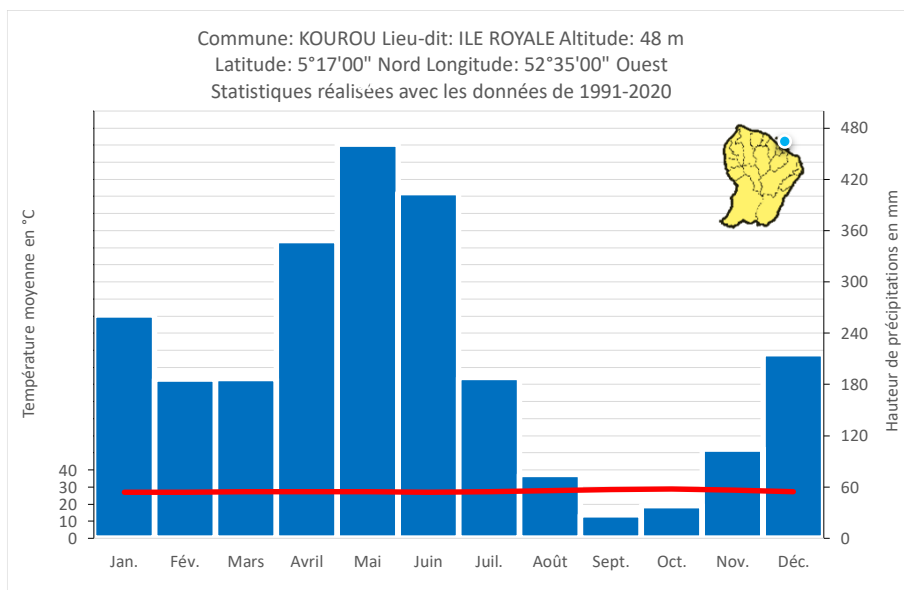


Figure 6 : Diagramme ombrothermique à Kourou (3/3). Source : Météociel.

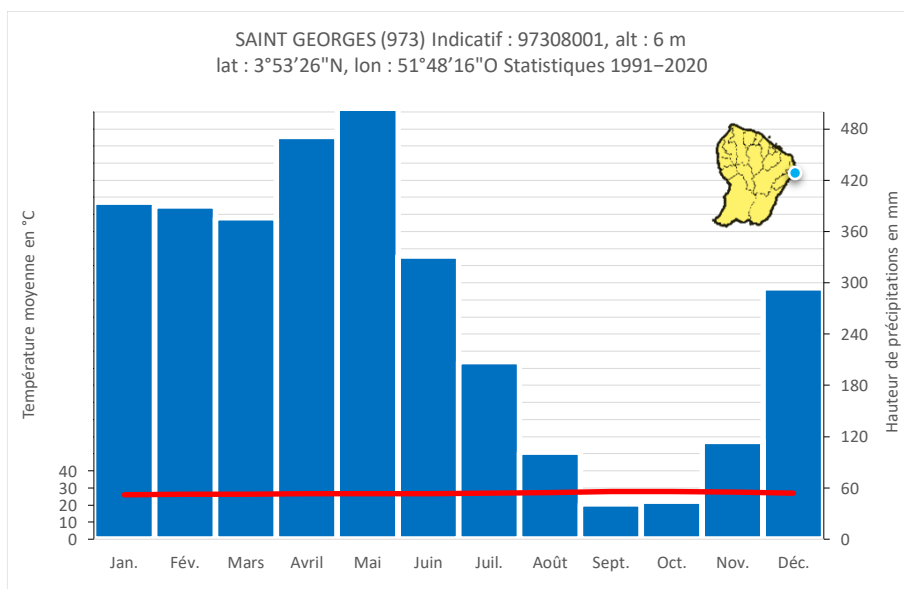


Figure 7 : Diagramme ombrothermique à Saint Georges. Source : Météo-France.

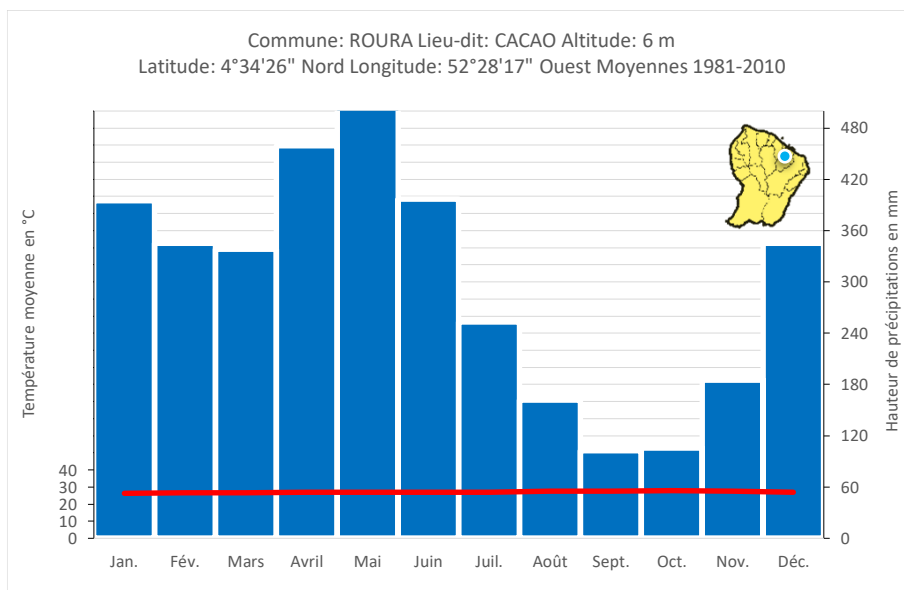


Figure 8 : Diagramme ombrothermique à Roura. Source : Météociel.

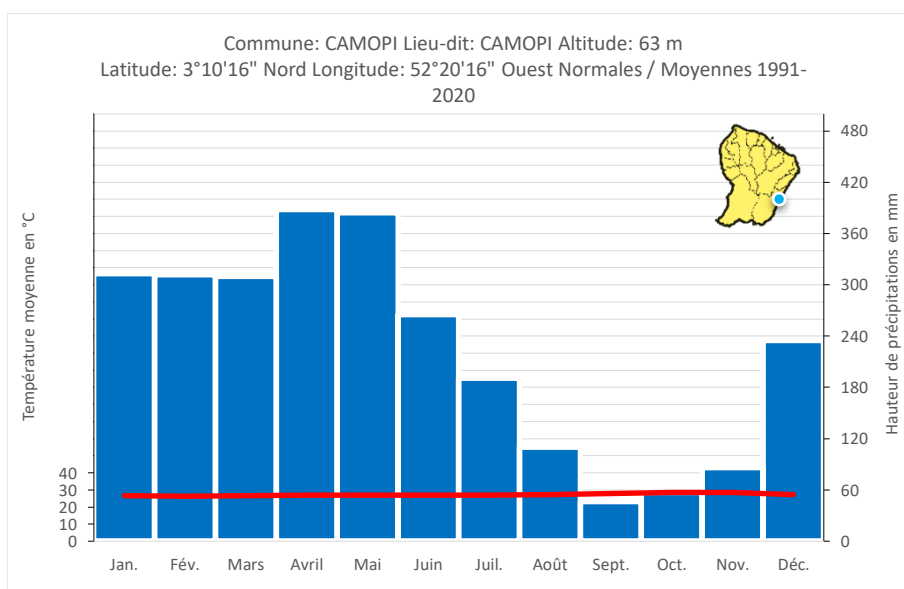


Figure 9 : Diagramme ombrothermique à Camopi. Source : Météociel.

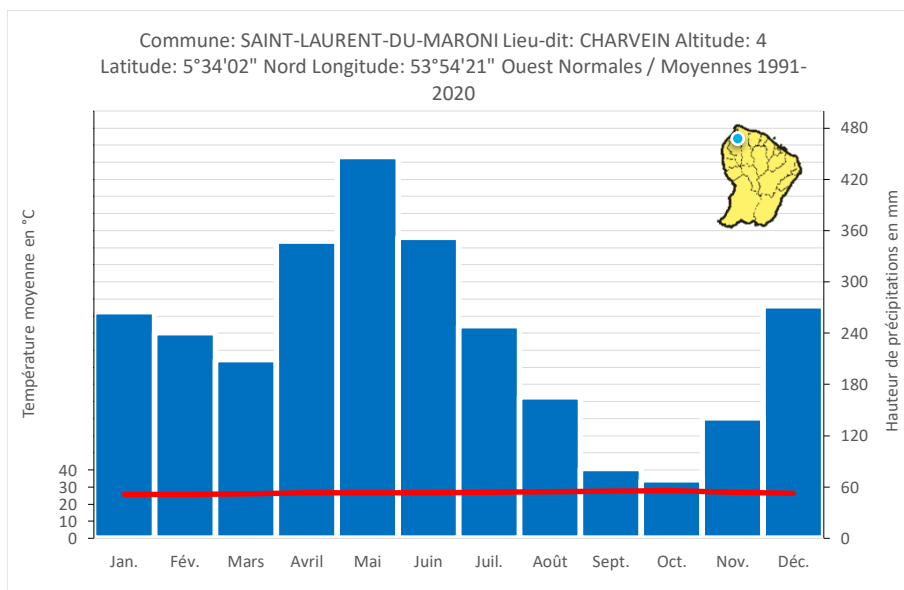


Figure 10 : Diagramme ombrothermique à Saint-Laurent-du-Maroni. Source : Météociel.

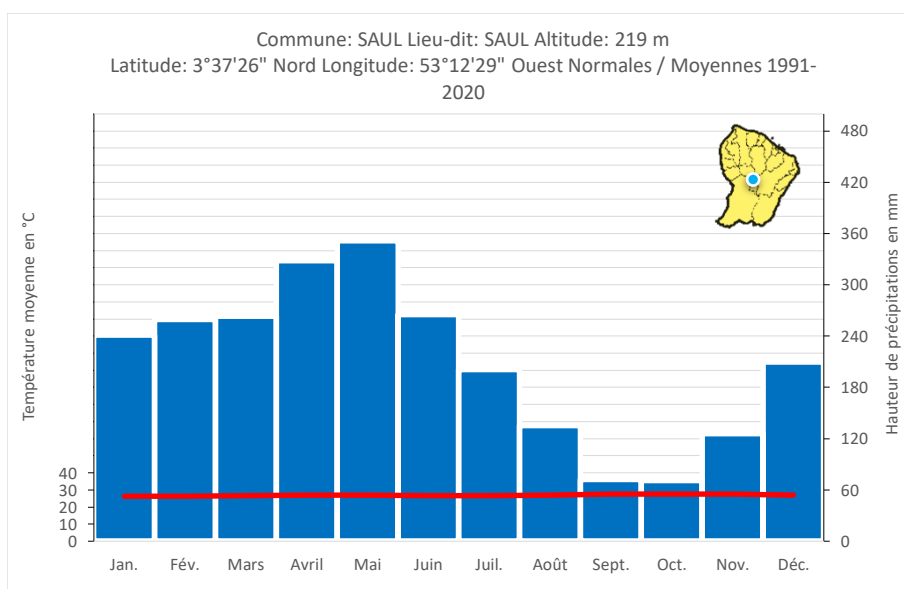


Figure 11 : Diagramme ombrothermique à Saul. Source : Météociel.

I.1.2. Hydrographie de la Guyane

Le réseau hydrographique de la Guyane est très dense, comme dans toutes les régions de type équatorial, et l'ensemble des fleuves se jetant au Nord dans l'océan Atlantique présente des variations annuelles de débits quasi unimodales avec de hautes eaux en mai et un étiage marqué en octobre. Cette tendance annuelle est toutefois marquée par une légère baisse des débits durant la période de petit été de mars (OEG, 2020).

Plusieurs découpages et actualisations du référentiel BD Carthage® ont eu lieu. Mourguiart et Linares (2013) ont homogénéisé la connaissance géographique du réseau à l'échelle du territoire. Ce

référentiel répertorie 112 000 km de cours d'eau et distingue en Guyane, quatre régions hydrographiques majeures :

- le bassin versant du Maroni ;
- le bassin versant de la Mana ;
- les fleuves côtiers (Sinnamary, Comté, Kourou, Orapu, Tonegrande, Korossibo) ;
- le bassin versant de l'Approuague et le bassin versant de l'Oyapock.

Ce découpage est à rapprocher des sept régions hydrographiques définies par Barret et al. (2001) (Figure ci-après). À noter que d'autres « découpages » existent en Guyane comme par exemple les découpages en masses d'eau pour répondre à la Directive Cadre sur l'Eau (851 masses d'eau de type « cours d'eau ») et les régions hydrographiques de l'Office de l'Eau¹.

¹ <https://eauguyane.fr/l-eau-en-guyane/presentation-du-bassin-hydrographique-guyanais>

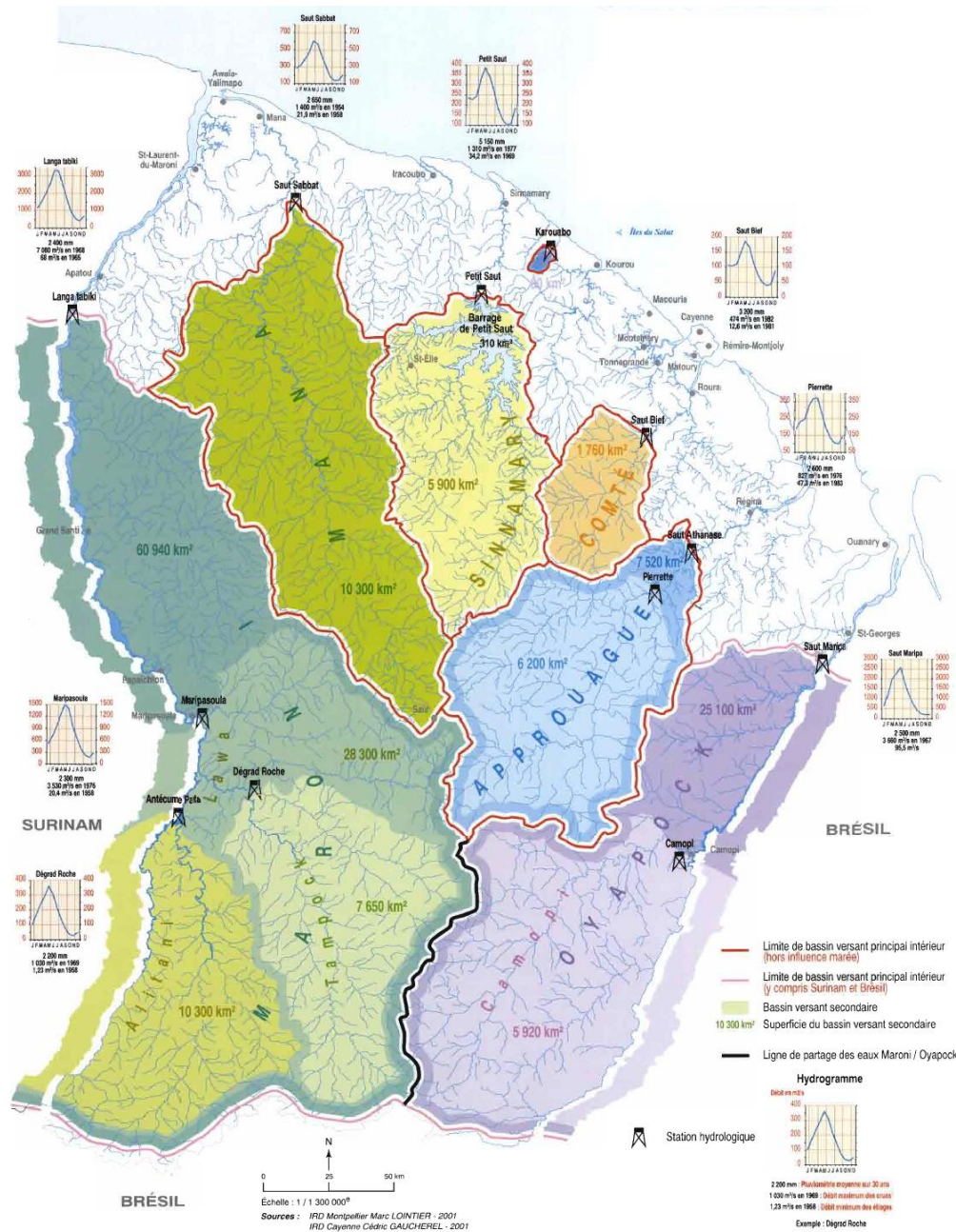


Figure 12 : Carte hydrologique de la Guyane (Barret et al., 2001).

Le fleuve Maroni sert de frontière entre la Guyane française à l'Est et le Suriname à l'Ouest. Avec 520 km, le Maroni est le plus long fleuve présentant le bassin versant le plus étendu de Guyane. Il prend sa source dans le Tumuc-Humac au Suriname, à environ 700 m d'altitude, où il est dénommé Alitany, et son bassin versant est réparti de façon relativement équitable entre les deux pays limitrophes. Lorsqu'il est rejoint par l'Inini, il prend l'appellation de fleuve Lawa, et devient Maroni lors de sa réunion à Grand-Santi avec le fleuve Tapanahoni (OEG, 2020). Le fleuve Mana, long de 462 km, est le premier des fleuves intérieurs de la Guyane, et prend sa source dans la montagne Bellevue de l'Inini au pied du mont Galbao au Nord-Ouest du bourg de Saül à environ 300 m d'altitude. Le fleuve Approuague, long de 335 km, est le deuxième des fleuves intérieurs, et prend sa source dans le massif Emerillon à 423 m d'altitude (OEG, 2020). Le fleuve Oyapock, long de 403 km, prenant sa source au Brésil au Nord des monts Tumuc-Humac à 297 m d'altitude, délimite sur la majeure partie de son cours

la frontière entre la Guyane française et le Brésil. Il se jette dans l'océan Atlantique dans une large baie qu'il partage avec le fleuve brésilien Uaçá (OEG, 2020). La région hydrographique des fleuves côtiers, de taille plus modeste, rassemble les bassins versants du fleuve Iracoubo, du Kourou, de la rivière de Cayenne, du fleuve Mahury et de leurs affluents (OEG, 2020).

I.1.3. Aperçu géomorphologique de la Guyane

Le relief de la Guyane s'est modelé à partir d'un socle ancien bordé par une plaine littorale, signe d'une très ancienne évolution géomorphologique dont résulte la faiblesse des contrastes topographiques (Figure ci-après). L'altitude moyenne est ainsi comprise entre 100 et 200 mètres et lorsque les altitudes dépassent 500 mètres, les montagnes dominent un relief collinaire le plus souvent revêtu d'un couvert végétal d'une trentaine de mètres d'épaisseur. Schématiquement, le relief s'organise en bandes parallèles au rivage atlantique entre lesquelles s'inscrit une forte opposition entre les « terres basses » (6 % de la superficie) et les « terres hautes » (94 % de la superficie, et rassemblant les collines et chaînons de la chaîne septentrionale, le Massif central, les montagnes Inini-Camopi, et la pénéplaine méridionale) (Filleron et al., 2003).

Les terres basses s'observent au niveau de la plaine littorale de 5 à 40 km de large, d'altitude souvent inférieure à 30 mètres, constituées de sédiments quaternaires et actuels, plus ou moins inondée tout au long de la côte, très mouvante, s'élargissant quelque peu au-delà d'Organabo, et se rétrécissant vers l'Est. Fréquemment parsemée de points hauts dans la région de Cayenne (mont Matoury 234 mètres, mont Mahury 162 mètres) et de Kourou (montagne des Pères 152 mètres) correspondant à des roches très anciennes d'origine volcanique métamorphosées, les « roches vertes », cette plaine côtière est couverte d'une végétation variée et basse (mangrove, savanes, forêts inondées) (Barret et al., 2001).

Les collines et chaînons de la chaîne septentrionale sont en retrait de la stricte frange côtière ; cette bande étroite se présente comme un moutonnement de collines atteignant rarement 100 mètres d'altitude. Ce paysage de collines aux versants fortement dissymétriques, portant une forêt dense assez haute et collines au classique modelé en demi-orange (selon que l'on se trouve sur des schistes ou des granites altérés) est sillonné de vallées à fond plat souvent marécageux, inférieures à 50 mètres dont certaines pénètrent profondément à l'intérieur (Oyapock, Maroni). Les roches les plus anciennes sont liées à des massifs allongés disposés en chaînes, d'allure plus montagneuse quoique d'altitude modeste (355 mètres pour la montagne Plomb, 341 mètres pour la montagne des Trois Pitons) et parfois couverts d'une dalle sommitale latéritique ou de bauxite (310 mètres pour la montagne de Kaw) (Barret et al., 2001).

Le Massif central est la région de l'ancienne plate-forme et de sa couverture cratonisée ayant connu tous les cycles d'orogénèse et de granitisation, depuis l'âge hyléen jusqu'au Caraïbe compris. Ce massif forme une bande d'une centaine de kilomètres de profondeur articulée autour de la dorsale méridienne des montagnes de la Trinité qui culminent à 400 mètres entre la Mana et le Haut Sinnamary. À l'Ouest, des massifs compartimentés pouvant dépasser 500 mètres s'organisent en une sorte d'amphithéâtre limité par les montagnes de Kotika, les montagnes Françaises, le massif Décou-Décou, et le massif Lucifer. À l'Est, des plateaux compris entre 100 et 200 mètres portent des collines, entaillées par les vallées plus vigoureuses de l'Approuague et de ses affluents, et séparées de celle de l'Oyapock par une étroite dorsale secondaire (Barret et al., 2001).

Les montagnes Inini-Camopi forment de Maripasoula à Camopi la seule véritable chaîne de hauteurs atteignant parfois 800 mètres (851 mètres pour la montagne Bellevue de l'Inini). Orienté grossièrement Ouest Nord-Ouest/Est Sud-Est, le relief, composé de massifs assez vastes et

profondément disséqués, s'articule en deux ensembles séparés par la haute vallée de l'Approuague, beaucoup plus basse, dans des affleurements de granites. À l'Ouest, tous les massifs (760 mètres pour le mont Belvédère, 775 mètres pour la montagne Messialine, 640 mètres pour la montagne Continent, et 750 mètres pour le mont Galbao) sont constitués de roches (sédimentaires pour l'inférieur et volcaniques pour le supérieur) souvent surmontées de sols ferrallitiques et offrent de bonnes conditions au développement des plus belles futaies de Guyane dans la région de Saül. À l'Est, le massif Tabulaire (850 mètres) et le massif des Émerillons (650 mètres) présentent les mêmes caractéristiques. Si les formes de relief diffèrent peu de celles rencontrées dans le Massif central, elles sont cependant plus vigoureuses et peuvent même rappeler les formes volcaniques initiales (Barret et al., 2001).

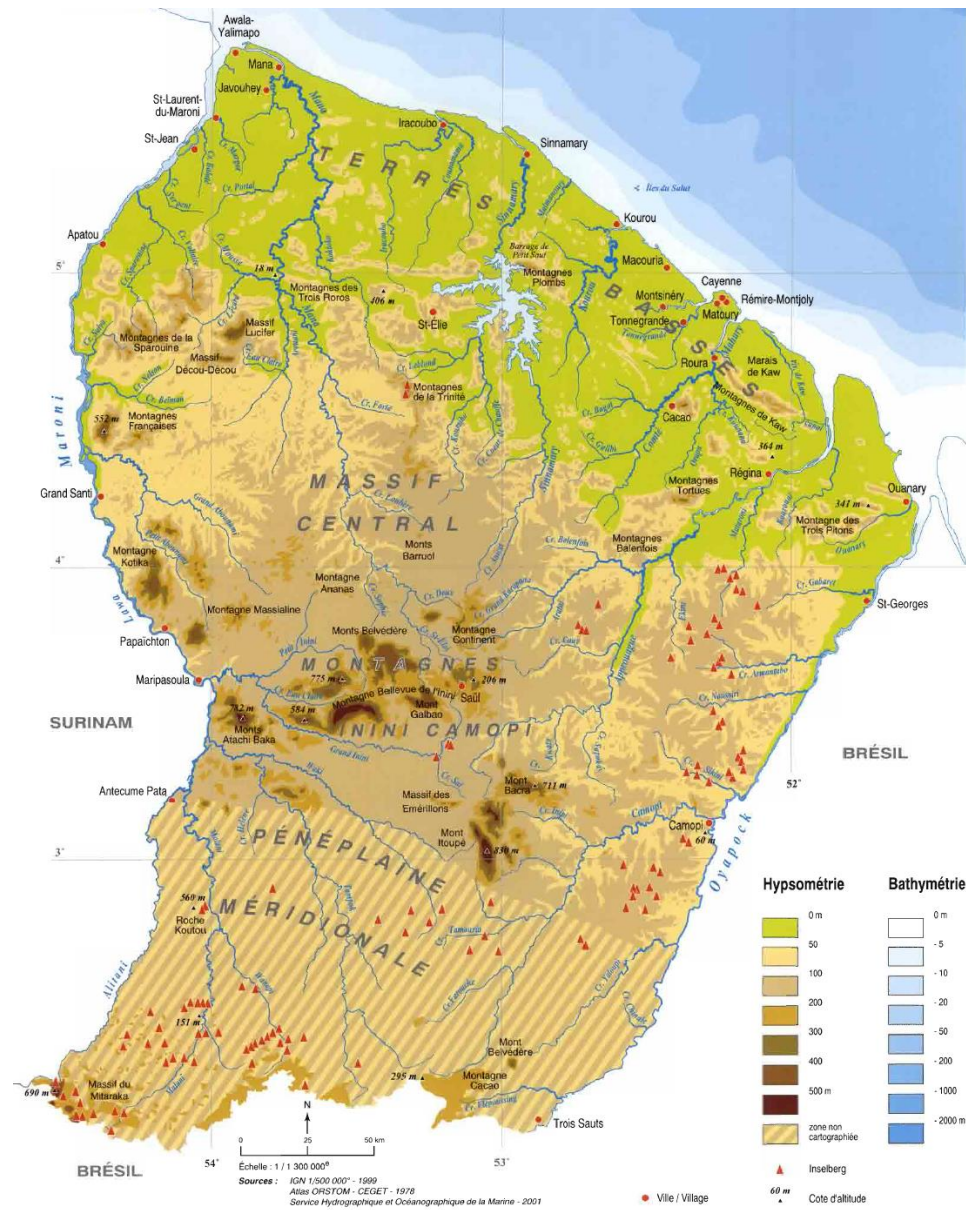


Figure 13 : Carte du relief de la Guyane (Barret et al., 2001).

La *pénéplaine méridionale* couvre 1/5 du territoire guyanais et prend l'apparence d'un moutonnement monotone de collines convexes surbaissées, inférieures à 250 mètres, aux flancs raides, mais d'altitudes faibles (40 mètres en moyenne).

I.1.4. Aperçu géologique de la Guyane

La Guyane fait partie du bouclier ou craton guyanais (Figure ci-après), un vaste ensemble géologique d'une superficie totale de plus de 1,5 million de km², qui couvre la partie Nord-amazonienne du Brésil (620 000 km²), la pointe orientale de la Colombie et du Venezuela (415 000 km²), le Guyana, le Suriname et la Guyane. **En Guyane, ce domaine est constitué de roches magmatiques (granitoïdes, granites, gabbros², diorites), volcaniques, volcano-sédimentaires et sédimentaires (schistes, grès, siltites, conglomérats, quartzites) vieilles de 2 à 2,2 milliards d'années (Paléoprotérozoïque) (Roig et Moisan, 2011 ; Barret et al., 2001).** Ces roches sont localement métamorphisées et transformées en gneiss, en amphibolites ou en micaschistes. Ce socle ancien est recoupé par des filons de dolérite subverticaux, peu épais, dont la mise en place témoigne de la fracturation du supercontinent du Gondwana au début du Jurassique (entre -200 et -190 millions d'années), prélude à l'ouverture de la partie centrale de l'océan Atlantique. Tous ces terrains du socle et les dolérites, ont subi une altération importante sous climat tropical et équatorial humide et sont presque partout recouverts par une formation latéritique épaisse de quelques mètres à plus de cent mètres dans certains cas. La plaine littorale, d'une largeur inférieure à 20 km, est constituée par des formations sableuses et argileuses quaternaires peu épaisses, d'où émergent localement quelques pointements de roches anciennes (Barret et al., 2001). D'après ces auteurs, cinq ensembles lithologiques ont été différenciés en Guyane :

- **des formations détritiques fluviolacustres** (conglomérats, grès, pélites, argilites), parfois d'origine torrentielle, remplissant les bassins étroits allongés Est-Ouest au Nord de la Guyane. Ces dépôts sont plus jeunes que -2 115 millions d'années et leur épaisseur est comprise entre 2 500 à 3 000 mètres dans le secteur de Régina et supérieure à 5000 mètres le long de la Mana ;
- **de formations volcaniques**, volcano-sédimentaires et sédimentaires constituant deux bandes orientées Ouest Nord-Ouest-Est Sud-Est, l'une au Nord entre Apatou et Saint-Georges (montagne Plomb, montagne des Chevaux, montagne des Serpents, montagne de Kaw, Cacao, Maripa, etc.) et l'autre au Sud entre Maripasoula et Camopi. Les âges de ces formations sont compris entre 2 200 à 2 150 millions d'années
- **des roches plutoniques variées** (gabbros, diorites, granites, etc.) recoupant les formations volcaniques, volcano-sédimentaires et sédimentaires d'âge entre 2 180 et 2 060 millions d'années. Ces roches couvrent de très vastes surfaces dans les parties centrale et méridionale de la Guyane, de part et d'autre du sillon Maripasoula-Camopi. Les pointements granitiques observés le long de la côte dans le secteur de Kourou (carrières Roche Corail et Rémy) appartiennent à cet ensemble ;
- **des roches subvolcaniques filoniennes** de type dolérite, microgabbro et basalte, matérialisant la fracturation du socle paléoprotérozoïque. Plus abondants à l'Est qu'à l'Ouest du département, ces filons subverticaux sont en général peu épais (quelques mètres) et orientés Nord Nord-Ouest-Sud Sud-Est ou plus rarement Nord Nord-Est-Sud Sud-Ouest ou Nord-Ouest-

² Le gabbro est une roche ignée compacte grenue d'origine plutonique chimiquement équivalent aux basaltes.

Sud-Est. Cependant, certains d'entre eux peuvent atteindre 500 mètres d'épaisseur et se suivre sur plusieurs dizaines de kilomètres (montagne Bagot) ;

- **des terrains sédimentaires récents** composés de trois séries d'origine continentale et/ou marine occupent la plaine littorale, comprenant la « série détritique de base » (terme générique d'un ensemble hétérogène de sables, argiles kaoliniques, galets et graviers déposés en milieu continental ou littoral), la série de Coswine (dépôts fluviomarins de sables fins et d'argiles) et la série de Démérara (dépôts fluviomarins récents, inférieurs à 60 000 ans, d'argiles et de vases). Le lecteur se tournera utilement vers Bourbon et Moisan (2013) pour une synthèse sur la géomorphologie et l'évolution côtière de la Guyane au quaternaire.

Globalement, ces formations se superposent, depuis la côte vers l'intérieur, dans les savanes exondées intermédiaires. **De manière simplifiée et par ordre chronologique se distinguent les phases plutoniques avec le complexe de l'île de Cayenne** (le plus ancien, avec des amphibolites, métagabbros, orthogneiss d'âge 2,216-2,208 Ga environ (associé à des dolérites d'âge jurassique), puis les complexes de tonalite-trondhjémite-granodiorite (TTG) migmatisés de Laussat (2,18 Ga) (pegmatites) et de Tamouri (2,16 Ga) (gneiss à biotite, grenat et sillimanite), puis le complexe TTG central (plagioclases, quartz, biotites, amphiboles) (2,12 Ga) et les séries basiques et ultrabasiques de Tampok et Mahury (gabbros, etc.) (2,14 Ga), ensuite des phases volcaniques et détritiques avec la ceinture de roches vertes et des premiers produits d'érosion du socle archéen et des TTG, puis l'unité détritique de Rosebel Bonidoro avec des grès, quartzites, conglomérats... et des associations granite/migmatite (fusion des TTG préexistants) avant les dykes et sills basiques sur plusieurs événements tectoniques. Finalement, surviennent les formations quaternaires de Coswine et Démérara.

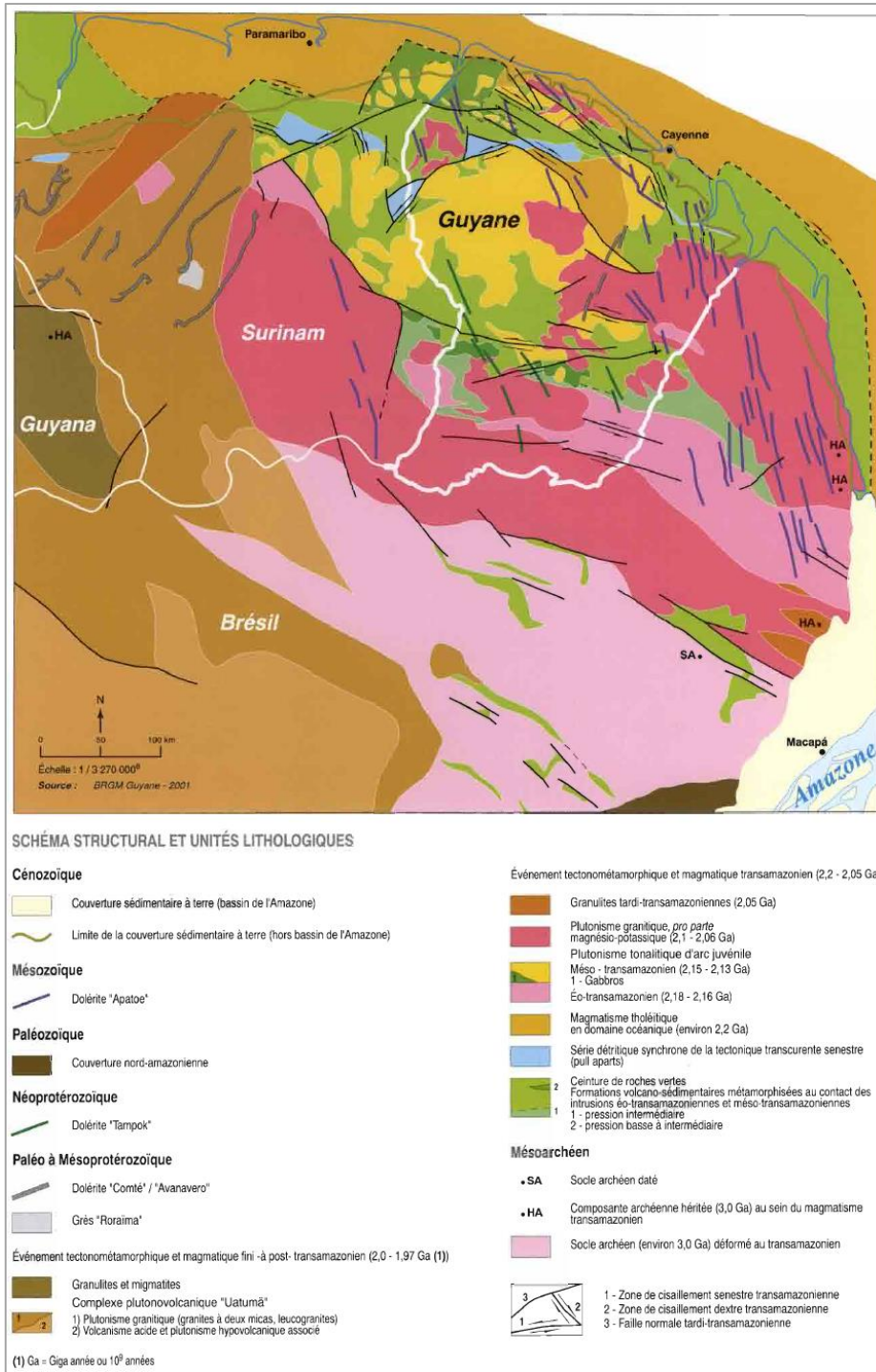


Figure 14 : Place de la Guyane dans le cadre géologique du « bouclier des Guyanes » (BRGM Guyane, 2001).

Le lecteur se tournera utilement vers les références suivantes pour des informations complémentaires : Choubert (1949), Delor et al. (2003), Cassard et al. (2008), Scammacca et al. (2022).

I.1.5. Aperçu pédologique de la Guyane

En se basant sur la littérature scientifique et technique produite par les équipes de recherche de l'Ifat puis de l'Orstom depuis sa création en 1944 (actuellement IRD), et sur la classification de la Commission de Pédologie et Cartographie des Sols ou CPCS (1967), **Leprun et al. (2001) ont répertorié en Guyane cinq principales classes de sols que sont les sols minéraux bruts, les sols peu évolués, les sols podzolisés/podzols, les sols ferrallitiques et les sols hydromorphes.**

La Figure ci-après illustre la distribution spatiale de ces sols (Blancaneaux, 1979). Cette carte est aussi disponible sur Géoguyane³.

³ <https://www.geoguyane.fr/accueil>

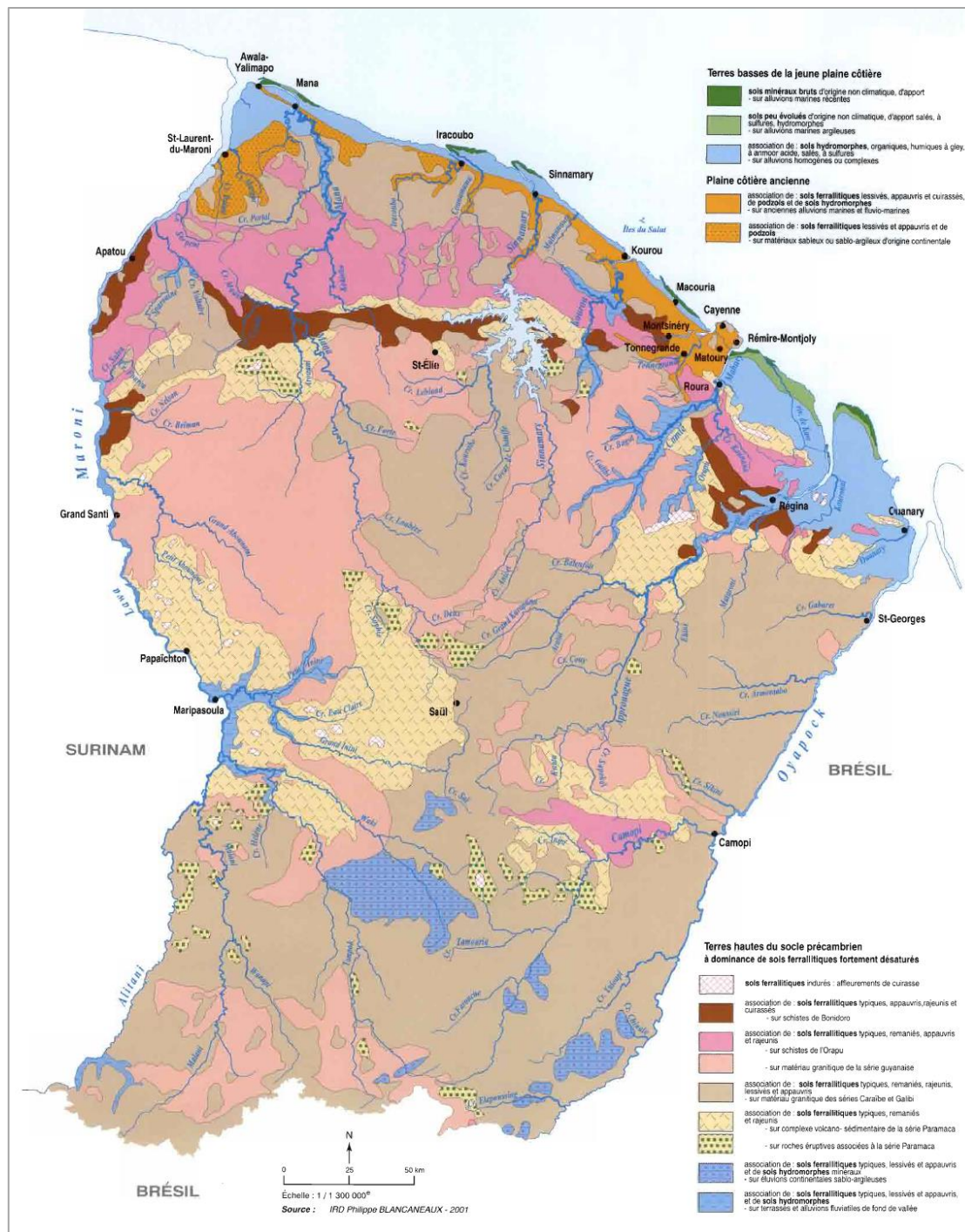


Figure 15 : Carte pédologique de la Guyane (Blancaneaux, 1979).

Le Tableau ci-après résume les principales classes et sous-classes de sols répertoriées en Guyane, leurs distributions et propriétés (Leprun et al., 2001), ainsi que leurs appellations correspondantes dans la WRB (2015) et le référentiel pédologique de 2008 (Baize et al., 2009).

À noter qu'il existe aussi d'autres approches pour distinguer les sols de Guyane, comme par exemple celle réalisée selon le type d'écoulement d'eau dans les sols (sols à infiltration verticale profonde, sols à infiltration verticale de surface, sols à infiltration latérale...) de Boulet et al. (1979). De plus, Ferry et al. (2003) ont proposé une vision synthétique des connaissances actuelles sur les

mécanismes de formation et de fonctionnement hydrique des sols sur socle cristallin, où se trouve la plus grande partie des forêts aménagées par l'ONF. Les exemples ont été pris dans la Guyane septentrionale centrale.

Tableau 1 : Classification, distribution et propriétés des sols de la Guyane.

Principaux sols répertoriés par Leprun et al. (2001) en se basant sur la classification CPCS (1967)			Positionnement possible dans les classifications récentes		Distribution et propriétés (Leprun et al., 2001)
Classe	Sous-classe	Sous-groupe	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique de 2008 (Baize et al., 2009)	
Sols minéraux bruts	Sols minéraux bruts d'érosion	Lithosols	Leptosols	Lithosols	

Principaux sols répertoriés par Leprun et al. (2001) en se basant sur la classification CPCS (1967)			Positionnement possible dans les classifications récentes		Distribution et propriétés (Leprun et al., 2001)
Classe	Sous-classe	Sous-groupe	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique de 2008 (Baize et al., 2009)	
	Sols minéraux bruts d'apport	Un seul groupe alluvial et sous-groupe modal	Tidalic Fluvisols	Thalassosols bruts	<p>Ces sols se situent à l'extrémité de la plaine côtière qui est en contact avec l'océan et le long des estuaires. Ils sont donc soumis à l'influence de la marée et le plus souvent inondés. Leurs limites et leurs superficies dépendent des alternances envasement-dévasement et sont donc variables rapidement dans le temps. Le profil de ces sols n'est pas différencié (absence d'horizons). Il s'agit plus de couches de sédiments que d'horizons. L'argile est bleu gris (phénomène de réduction du fer en milieu hydromorphe anaérobie) à taches brunes à brun noir diffuses (légère oxydation du fer en phase temporaire d'aérobie à marée basse). Le pH est neutre. Ils sont le plus souvent salés. Les seuls phénomènes d'évolution de ces sols à partir de la vase molle sont la diffusion des sels solubles et de cations adsorbés (Na surtout) lorsque l'eau inonde le terrain en saison des pluies, le dépôt d'une couche de « pégasse* », la réduction des sulfates en sulfures au contact de matières organiques enterrées, l'affermissement des couches superficielles de l'argile par tassement (réduction de la porosité), le virage de leur couleur vers le bleu. À ces phénomènes vient s'ajouter l'apparition de quelques taches d'oxydation du fer dans quelques zones restreintes où la circulation de l'eau est activée (eau beaucoup plus oxygénée) grâce à une position topographique légèrement plus haute (10 à 20 centimètres).</p> <p>* « sorte de tourbe plus ou moins fibreuse à spongieuse, surmontant directement l'argile sans aucune autre transition que l'évolution un peu plus poussée de la matière organique au contact du sol minéral. La pégasse, de par son acidité, sa composition, son C/N, se range plutôt dans le groupe des tourbes basses acides ; le niveau de l'eau atteint et dépasse son niveau supérieur la plus grande partie de l'année (toute l'année pour la grande majorité de la superficie des terres basses). Cette pégasse est surtout composée de débris végétaux encore organisés et du réseau des racines de la végétation qui la surmonte. Sa couleur est le plus souvent brun-rouge et sa structure plus souvent fibreuse que spongieuse. » Lévêque, A. (1962).</p>
Sols peu évolués	Sols peu évolués d'apport	Sols peu évolués d'apport modaux	Fluvis Cambisols	Fluvisols typiques	Ce sont des sols peu différenciés en horizons (un à deux horizons). On peut trouver sur quelques zones restreintes un petit horizon A1 de quelques centimètres ; il semble qu'il ne puisse se former que là où

Principaux sols répertoriés par Leprun et al. (2001) en se basant sur la classification CPCS (1967)			Positionnement possible dans les classifications récentes		Distribution et propriétés (Leprun et al., 2001)
Classe	Sous-classe	Sous-groupe	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique de 2008 (Baize et al., 2009)	
		Sols peu évolués d'apport hydromorphes	Gleyic Cambisols	Fluvisols rédoxiques ou réductiques	le déracinement des arbres a permis le mélange de la matière organique à l'argile sous-jacente. Des concrétions ferrugineuses, plus ou moins durcies, formées à partir des alluvions marines, argileuses peuvent être rencontrées. Du point de vue agronomique, deux critères sont importants : l'épaisseur de la couche de tourbe pégame et la présence de sulfures. Leur évolution est liée à la disparition de la submersion par la marée, au dessalement partiel ou total et à l'oxydation progressive du matériau quand la végétation colonise plus intensément les sols et lorsque la submersion qui était permanente devient temporaire.
		Sols peu évolués d'apport salés	Salic Cambisols		
	Sols peu évolués d'érosion	Sols lithiques	Skeletal Umbrisols	Rankosols d'érosion	Ces sols, souvent situés sur le sommet des collines de schistes ou quartzites cuirassés (Bonidoro et Paramaca en particulier), sont constitués d'un mélange de terre fine et d'éléments grossiers (gravillons et débris de cuirasse ferrugineuse) issus d'une cuirasse partiellement ou totalement démantelée. Ils représentent un stade plus évolué que celui des lithosols.
Sols podzolisés et Podzols*	Sols podzolisés de climat tropical	Podzols modaux	Albic Podzols	Podzols meubles	Les sols podzoliques modaux, localisés préférentiellement sur les sables des cordons littoraux subcôtiers et des sables détritiques continentaux, représentent le premier stade de la pédogenèse podzolisante : attaque du complexe argilo-humique par l'humus brut de surface, formation d'un horizon A2 blanchi, migration de l'argile, accumulation de la matière organique et du fer vers la profondeur sans atteindre un durcissement type alios.
		Podzols à hydromorphie profonde (alios)	Gleyic Podzols	Podzols réductiques ou rédoxiques	Les Podzols à hydromorphie profonde à alios ferrugineux caractérisent les zones assez bien drainées et aérées (bord de plateaux, changements de pente). Sous un épais horizon A2 sableux blanchi, on trouve un horizon durci, riche en fer qui peut atteindre plusieurs décimètres d'épaisseur, l'alios qui peut être très dur et imperméable.
		Podzols humiques	Histic Podzols	Podzols humiques	Les Podzols humiques sont caractérisés par un horizon humifère épais (mor), un horizon A2 blanchi et un horizon profond d'accumulation de matière organique (Sh).

Principaux sols répertoriés par Leprun et al. (2001) en se basant sur la classification CPCS (1967)			Positionnement possible dans les classifications récentes		Distribution et propriétés (Leprun et al., 2001)
Classe	Sous-classe	Sous-groupe	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique de 2008 (Baize et al., 2009)	
* Des affleurements de sols sur sables blancs (e.g. Kourou etc.) sont également classés dans cette catégorie alors que l'horizon Bp, dépourvu d'aliots n'est pas toujours visible. La podzolisation ne paraît pas évidente alors et on parlera plutôt d'Arenosols (albiqes) dans ce cas.					
Sols ferrallitiques	Sols ferrallitiques désaturés	Cinq groupes : sols typiques, sols appauvris, sols lessivés, sols rajeunis, et sols remaniés	Acrisols	Ferrallitols	Les sols ferrallitiques sont en général très épais et possèdent parfois des accumulations de fer et/ou d'aluminium sous forme de cuirasses, carapace, gravillons. La capacité d'échange cationique est faible. Les teneurs en bases sont faibles (inférieure à 1 cmol ₍₊₎ /kg de sol dans l'horizon S), ainsi que la valeur du taux de saturation. Le pH est souvent acide, voire très acide. Ils sont souvent affectés par le lessivage, et par la podzolisation.
Sols hydromorphes	Sols hydromorphes organiques		Histosols	Histosols leptiques	Les sols hydromorphes organiques sont caractérisés par une matière organique de type tourbe (différente de la pégasse) : plus de 30 % sur au moins 40 cm si la matière minérale est argileuse, ou plus de 20% si la matière minérale est sableuse.
	Sols hydromorphes moyennement organiques	Deux sous-groupes : sols humiques à gley à anmoor acide, et sols humiques à gley salés	Gleysols	Réductisols humiques à anmoor ou épihistiques	Les sols hydromorphes moyennement organiques sont caractérisés par : <ul style="list-style-type: none"> – une matière organique de type anmoor (C/N < 20) ; teneur en matière organique variant de 8 à 30 % sur 20 cm ; – une hydromorphie totale, mais temporaire en surface.
	Sols hydromorphes peu humifères ou minéraux		Gleysols	Réductisols typiques	Les sols hydromorphes peu humifères possèdent moins de 8 % de matière organique sur une épaisseur de 20 cm. L'hydromorphie s'exprime par des caractères de couleur (taches de réduction et oxydation).

I.1.6. Aperçu des paysages en Guyane

La Guyane fait partie de l'immense forêt amazonienne, la plus vaste forêt tropicale humide au monde, dont la diversité floristique est due en grande partie au climat chaud et humide dont elle bénéficie. Les précipitations constituent la principale variation saisonnière. Elle serait couverte par au moins 80 % de forêts et à 90 % de milieux naturels, abritant une grande diversité d'habitats avec les forêts tropicales humides, les mangroves, les savanes, etc.

L'atlas des paysages guyanais de 2007, identifie deux grandes unités paysagères regroupant divers types de milieux et habitats :

- **La mosaïque du bloc forestier**, omniprésente, fait partie de l'identité du territoire. Avec un couvert forestier dense, le sous-bois est largement dominé par une flore ombrophile. On peut distinguer plusieurs types de milieux forestiers allant des plus humides sur sols hydromorphes marécageux aux forêts plus sèches des pentes et des crêtes, sur roches éruptives basiques.
- **Des forêts marécageuses** sont notamment observables en de nombreuses localités du territoire guyanais, mais plus fréquentes sur les terres basses de la plaine côtière. Elles se développent en présence des nappes d'eau permanentes en arrière des mangroves. Avec l'altitude et la perte de l'influence de la marée, la forêt marécageuse laisse place progressivement aux forêts ripicoles, qui s'étendent jusqu'au littoral. Ces milieux de forêts sont changeants en fonction des crues et des basses-eaux.
- **Les forêts des plateaux** couvrent plus d'un tiers du territoire et s'étendent sur de vastes surfaces relativement planes et d'altitudes modérées (150 et 200 m). Elles abritent plus de la moitié des petits inselbergs et des savanes-roches recensés en Guyane. Les forêts des hauts-reliefs sont quant à elles entre 100 et 500 m d'altitude. Enfin, au-dessus de 500 m d'altitude, où la brume est quasi-constante, la forêt devient sub-montagnarde (forêt à nuages) et se caractérise par la forte présence de mousses, fougères et plantes épiphytes. Les reliefs, composés de collines plus ou moins marquées et de petits plateaux entaillés par un réseau hydrographique dense, forment des reliefs et des vallées jointives qui concourent à la complexité des paysages forestiers du territoire. Les secteurs très plats et inondables encadrés de hauts-reliefs, correspondent à des zones constellées de micro-dépressions périodiquement inondées, appelées Djougoun-pété. Le territoire présente un grand nombre d'inselbergs, dômes granitiques hébergeant une flore particulière, xérophile et très différente de celle des forêts qui les entourent. Elles sont mieux connues en zone côtière que dans le reste du territoire.
- **Le lac de Petit Saut** constitue un paysage néoformé en lien avec la mise en service d'un barrage hydroélectrique. Il présente une surface de 365 km² avec un rivage très découpé et de nombreux îlots, composés de milieux globalement homogènes car plutôt récents (1994). L'ennoiement de la zone a laissé place à un paysage de forêt engloutie, où les arbres morts émergent de la surface de l'eau (cimetière végétal). Le lac fait l'objet d'un marnage de plusieurs mètres, faisant évoluer le paysage au fil des saisons (voir photo ci-dessus).
- **La mosaïque littorale** s'articule en bande paysagère parallèle à la côte en lien avec la configuration géomorphologique des sédiments. L'articulation de cette bande littorale est très lisible en alternant des milieux ouverts (plages, pripris, marais et savanes humides ou sèches) et fermés (mangrove et forêts marécageuses) entrecoupés de bâtis plus ou moins denses.
- **La bande littorale** se caractérise en premier lieu par son ourlet (parfois épais) de mangroves côtières. Ces milieux très variables et originaux se composent de boisements de palétuviers

fixant les vasières sur lesquels ils s'installent. Les mangroves peuvent être mobiles et dépendent fortement de la dynamique côtière et donc de la mobilité des bancs de vase. Leur disparition laisse place à des plages qui peuvent être recolonisées au gré de la dynamique côtière. En zone rétro littorale, dans les secteurs où la salinité est plus faible, les mangroves peinent à se maintenir et forment de grandes forêts « fantomatiques » composées d'arbres sénescents. En plus, des mangroves estuariennes, qui seraient plus stables existent, mais elles sont soumises à une pression plus forte de l'urbanisation.

En arrière mangrove, suivant le degré de saturation en eau des sols, il est possible d'observer plusieurs types de milieux : les forêts marécageuses, des prairies rétro-littorales et des savanes humides. En arrière de ces zones humides, de grandes plaines littorales ou savanes, avec des conditions sèches temporaires, se développent. Elles sont le support de nombreuses activités humaines (agriculture intensive, élevage, urbanisation...).

Au sein de cette bande littorale, il est indispensable de citer la « plaine spatiale », qui a été localement très modifiée pour le développement de l'activité aérospatiale. Cependant ce secteur présente aussi un large périmètre de protection qui a permis de protéger le littoral des autres activités, avec un ensemble de savanes et de forêts qui seraient en bon état écologique.

Ci-après, une illustration de la pinotière à Lamirande près de Cayenne.



Figure 16 : Pinotière à Lamirande près de Cayenne.

I.1.7. Aperçu de la biodiversité en Guyane

D'après le compteur de la biodiversité Outre-mer⁴ en 2024, le territoire de 83 846 km² compte 27 794 espèces indigènes recensées à ce jour. Un endémisme serait important sur certains taxons, au niveau de la Guyane elle-même (par ex. espèces de poissons) ou du plateau des Guyane. La diversité biologique reste encore faiblement connue et le nombre d'espèces total est difficilement estimable encore aujourd'hui. Cependant la Guyane accueille sur son territoire 11 des espèces les plus envahissantes au monde. Le territoire est recouvert à plus de 80 % de forêts et 600 km² de mangroves qui participent à l'accueil de plus de 500 espèces de poissons d'eau douce et saumâtre.

Selon l'herbier de Guyane (IRD), la flore présente un patrimoine écologique exceptionnel avec environ 6 000 espèces de plantes vasculaires indigènes (contre 4 400 répertoriées dans la flore de France métropolitaine), avec plus de 1 700 d'espèces d'arbres (28 fois plus qu'en Europe) et des centaines d'espèces seraient inféodées aux zones humides. Un peu plus de 160 espèces vasculaires sont actuellement considérées comme endémiques de Guyane, réparties principalement dans les zones montagneuses et fortement accidentées. 83 espèces végétales sont actuellement protégées.

La flore de Guyane reste encore très mal connue avec une partie importante du territoire qui n'a pratiquement jamais fait l'objet de prospections floristiques. De nouvelles espèces sont, en effet, découvertes chaque année. Il n'existe pas encore de « flore de Guyane » au sens de la flore complète et pratique permettant d'identifier les espèces. Pour l'instant, aucune liste rouge régionale pour la flore n'a été proposée, les travaux sont en cours.

La forêt primaire accueille une faune très diversifiée. Ainsi, le territoire abrite notamment plus de 150 espèces de reptiles, 100 d'amphibiens, 700 d'oiseaux, 180 de mammifères (autant que dans toute l'Europe). Sur les 1 500 espèces de faune vertébrée que compte la Guyane, l'état des lieux révèle qu'environ 10 % d'entre elles sont menacées (166 espèces de la faune de Guyane identifiées comme menacées). Parmi elles, se trouvent des mammifères emblématiques comme le tapir terrestre (*Tapirus terrestris* (Linnaeus, 1758) - vulnérable) et la loutre géante du Brésil (*Pteronura brasiliensis* (Gmelin, 1788) - en danger), ou encore plusieurs espèces d'oiseaux liées aux savanes « en danger critique » comme le Tyranneau barbu (*Polystictus pectoralis* (Vieillot, 1817)) ou la Bécassine géante (*Gallinago undulata* (Boddaert, 1783)) et des reptiles comme le Crotale Sud-américain (*Crotalus durissus* Linnaeus, 1758), classé « en danger ». Un Plan national d'actions 2023-2032 est en cours en faveur des *Harttiella* et des *Anomaloglossus* de Guyane. L'assèchement des zones humides de la bande côtière et le défrichement des forêts littorales, réduisent également l'habitat naturel du Petit Noctilion (*Noctilio albiventris* Desmarest, 1818), une chauve-souris en catégorie « vulnérable », et de la Rainette des pripris (*Boana raniceps* (Cope, 1862)), classée « en danger » (UICN,2017).

La Guyane compte de nombreuses zones naturelles inscrites, classées ou incluses dans des périmètres de gestion de la biodiversité⁵ :

- **185 ZNIEFF I et II (marine et terrestre) ;**
- **1 réserve naturelle régionale ;**
- **6 réserves naturelles nationales ;**
- **2 réserves biologiques intégrales ;**
- **3 sites Ramsar ;**

⁴ <https://biodiversite-outre-mer.fr/>

⁵ <https://inpn.mnhn.fr/docs/communication/Carte-Panorama-biodiversite-et-aires-protgees-2020-IGN.pdf>

- 1 parc national terrestre ;
- 1 parc naturel régional ;
- des arrêtés de protection de biotope et des terrains, propriétés du Conservatoire du Littoral.

I.1.8. Aperçu des pressions et menaces sur les milieux naturels guyanais

Avec une canopée qui couvre plus de 90 % du territoire, la Guyane est le territoire de l'Union européenne le plus vert. Pourtant, les pressions et les menaces qui pèsent sur celui-ci ne font que s'accroître.

Le développement urbain, corrélé à la démographie, est l'une des causes majeures de dégradation des milieux, en particulier sur le littoral où se concentre la majorité de la population. Au 1^{er} janvier 2020, avec 285 100 habitants, la Guyane est la région de France (hors Mayotte) où la croissance démographique est la plus forte (2,1 % entre 2014 et 2020 - INSEE, 2023). Le déficit en logement et le manque d'organisation et de planification urbaine favorisent le phénomène d'urbanisation spontanée, prenant la forme de constructions précaires et/ou implantées de manière très diffuse en poche ou en linéaire le long des axes routiers (Observatoire de l'habitat de la Guyane, 2018 d'après des chiffres de 2015). Bien que la forêt reste peu impactée, notamment au regard des pays voisins (Brésil notamment), de nouvelles pistes ouvrent des accès à des zones autrefois préservées (Observatoire de l'habitat de la Guyane, 2018 d'après des chiffres de 2015).

Les activités agricoles et forestières sont en plein essor afin de couvrir les besoins croissants liés à la démographie du territoire. La Guyane connaît une augmentation continue du nombre d'exploitations (+109 %) et des surfaces agricoles utilisées (+89 %) depuis 30 ans. En 10 ans, les grandes exploitations ont triplé en nombre et augmenté leur SAU de plus de 60 % et valorisent actuellement 23 % du territoire agricole (Agreste, 2021). Près d'une exploitation sur quatre, est spécialisée en cultures fruitières et en 10 ans la SAU de ces cultures a plus que doublé (+62 %). L'agriculture sur brûlis traditionnels est encore utilisée et de plus en plus de clairières horticoles se développent dans les plaines et le long de nouveaux grands itinéraires forestiers.

De nombreuses clairières horticoles sont liées à l'implantation des réfugiés Hmong, arrivés en Guyane entre 1977 et 1981. Installés en majeure partie dans des vallées alluviales telles que celle de la commune de Cacao, ils ont développé un type d'agriculture rationalisée et communautaire sur terrasses alluviales notamment, créant de ce fait un paysage qui tranche nettement avec les forêts denses des alentours, en créant des clairières horticoles à l'accent asiatique (culture du riz autrefois, des fruits et des légumes). Actuellement, les Hmong qui ne représentent que 2 % de la population guyanaise, produisent 70 % des besoins en fruits et légumes du département. Les cultures traditionnelles et vivrières ont laissé place à une production plus intensive pour la vente sur les marchés de Cayenne (Agreste, 2021).

La filière forêt-bois (3^e filière économique de la Guyane) compte environ 250 entreprises, exploitant en moyenne 80 000 m³ de grumes annuellement, sur des parcelles du domaine forestier permanent géré par l'ONF de manière sélective. Parmi les 70 essences exploitées en Guyane, 3 d'entre elles représentent 72 % du volume récolté : l'Angélique (*Dicorynia guianensis* Amshoff, 1939), les Gonfolos (*Qualea sp.*) et le Grignon Franc (*Sextonia rubra* (Mez) van der Werff, 1997). Le bois exploité est en grande partie destiné à la construction ou à la rénovation résidentielle pour des marchés locaux ou exporté dans les Antilles françaises (DAAF Guyane, 2018).

Ces populations d'espèces, de taille exploitable, ne se renouvellent pas au rythme auquel elles sont exploitées, et l'ouverture des pistes de desserte ainsi que les dégâts occasionnés lors de l'abattage et le débardage des arbres par l'exploitation sélective, peuvent avoir des conséquences parfois difficiles à maîtriser, en permettant notamment l'accès à des endroits reculés. Ces ouvertures dans la

forêt peuvent amener d'autres usages comme la chasse, qui participe à la diminution de la grande faune, et son rôle dans la dispersion des graines, réduisant ainsi la capacité naturelle de la forêt à se régénérer ou encore l'incursion et le développement d'espèces exotiques envahissantes (Calmont, 2012).

Les seules dispositions du Code de l'environnement applicables à la chasse en Guyane sont celles traitant du permis de chasser rendu obligatoire depuis 2017. L'activité de chasse est de façon générale assez prégnante en Guyane y compris en dehors de l'activité de chasse traditionnelle des peuples autochtones. Le permis de chasser n'a été rendu obligatoire que depuis janvier 2017 sur le territoire. La chasse et la pêche sont des activités traditionnelles et de subsistance des différents peuples autochtones amérindiens de l'Amazonie. Parmi les espèces prélevées de manière traditionnelle, on peut citer : le singe Atèle (*Ateles paniscus* (Linnaeus, 1758)), les Aras et les sakis ou encore la Harpie féroce (*Harpia harpyja* (Linnaeus, 1758)) dont les plumes sont utilisées pour les coiffes traditionnelles. Cette activité ancestrale se maintient de manière assez anecdotique et opportuniste et reste assez stable. En parallèle de cette activité ancestrale, se développe un commerce plus organisé et tourné vers le commerce illicite et le trafic d'espèces protégées ou réglementées (UICN, 2017) ; site internet de la CITES).

Certaines espèces souffrent de la pression de la chasse comme le tapir terrestre (*Tapirus terrestris* (Linnaeus, 1758)) qui malgré son statut d'espèce vulnérable, est encore chassable et chassé. Du braconnage s'exerce parfois sur les tortues marines dont les œufs sont parfois récoltés sur les sites de pontes. Le braconnage (quotas, espèces chassables mais non-commercialisables, périodes de chasse) est une infraction régulièrement observée qui impacte la survie des espèces menacées. De plus, le commerce illégal d'espèces sauvages est la quatrième activité transnationale organisée la plus lucrative après le trafic de drogues, de biens contrefaits et d'êtres humains selon la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvage menacée d'extinction (CITES). Les tortues ne sont pas chassées (pas de consommation d'adultes, comme il peut y en avoir ailleurs) mais leurs œufs sont en effet récoltés dans certains secteurs.

La pêche est la 2^e filière économique de Guyane notamment grâce à la pêche crevette, dont l'exploitation reste encore mal contrôlée. De plus, la pêche illégale, qui proviendrait surtout de pays limitrophes, non déclarée et non réglementée est très présente dans les secteurs Ouest et Est de la Guyane, fragilisant l'état de la ressource et les pratiques de pêche autorisées (BRL ingénierie, 2019). Elle est également responsable de nombreuses captures accidentelles d'espèces à enjeux, dont les tortues marines comme la tortue luth *Dermochelys coriacea* (Vandellius, 1761) (qui présenteraient un effondrement de 97 % de la population dans l'Ouest de la Guyane) (Chevalier et Kelle, 2023).

La construction du barrage de Petit Saut en 1994, pour combler les besoins en électricité de la population guyanaise, a eu un fort impact sur l'équilibre écologique de la région. Cette retenue d'eau de 310 km² a modifié en profondeur le paysage. L'inondation brutale de la forêt, la dégradation progressive de la matière organique provoquant des rejets de gaz (dioxyde de carbone, méthane, sulfure d'hydrogène) et la diminution des taux d'oxygène dans l'eau, sont des paramètres encore étudiés aujourd'hui afin de suivre l'impact de la construction du barrage à long terme (Dambrine et al., 2024). La continuité écologique a également été rompue entre l'amont et l'aval du fleuve.

Depuis près de 20 ans, la Guyane connaît une nouvelle ruée vers l'or avec les développements des activités minières et de l'orpaillage illégal (voir Melun et Le Bihan, 2020). Cette activité d'extraction, qu'elle soit légale ou non, présente un fort impact sur les milieux naturels forestiers et aquatiques, comme la déforestation, la destruction d'espèces ou encore la destruction et la pollution des cours d'eau. Elle est responsable de la majorité du risque de non-atteinte du bon état des eaux en Guyane. En lien avec la forte augmentation du cours de l'or, de nouveaux projets d'exploitation aurifère industriels ont été proposés comme le projet très controversé de la Montagne d'or, qui a fait l'objet d'une importante opposition de la population locale et des associations

environnementales. Les activités à plus petites échelles ont également des impacts environnementaux, qui peuvent perdurer dans le temps du fait d'un cadre technique lacunaire notamment pour une réhabilitation efficace. C'est particulièrement le cas sur le milieu aquatique, pour lesquels l'amplification des phénomènes d'érosions engendre une dégradation de la qualité de l'eau.

L'orpaillage illégal, quant à lui, reste une préoccupation majeure sur le territoire et constitue une part importante des atteintes à la biodiversité en Guyane. L'utilisation du mercure pour amalgamer l'or pollue durablement les cours d'eau et les organismes aquatiques que consomment les populations locales ce qui constitue un enjeu majeur pour la santé des populations isolées du territoire. La qualité de l'eau est également impactée par le défrichement non raisonné de la forêt qui favorise l'érosion et le lessivage des sols. Depuis 2008, l'opération Harpie, impliquant de nombreux acteurs du territoire (armée, police, justice, douanes, ONF, Parc Amazonien de Guyane) vise à juguler le problème en coupant les filières d'approvisionnement et de vente de cet or illégal. Ce problème complexe nécessite une coopération à l'échelle régionale, les orpailleurs clandestins et le matériel provenant majoritairement des pays limitrophes. Cette opération permet de contenir le phénomène à l'échelle globale (Le Tourneau, 2020).

En Guyane, 37 espèces floristiques sont considérées comme des espèces exotiques envahissantes (EEE) dont 23 espèces interdites à la fois en Union européenne et non-indigènes en Guyane (Cambou et Bourgeois 2010 et CIRAD, 2011). Les plus préoccupantes à l'heure actuelle sont le Mangium (*Acacia mangium* Willd., 1806) et le Niaouli (*Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S.T.Blake, 1958). Ces espèces contribuent à la fermeture des savanes qui ne représentent que 3 % du territoire, mais qui abritent pourtant 16 % de la flore guyanaise. Avec leurs fructifications permanentes et leur expansion rapide, ces plantes sont particulièrement difficiles à éradiquer et menacent tous les milieux ouverts de Guyane. 87 espèces animales sont considérées comme des EEE, dont une grande proportion d'espèces de poisson d'eau douce comme la Carpe amour (*Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844), le Black bass - *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) ou encore le silure glane - *Silurus glanis* Linnaeus, 1758 (voir arrêté du 28 novembre 2019 pour la faune et l'arrêté du 01 avril 2019 flore <https://www.guyane.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Environnement-Energie-et-Amenagement/Especies-exotiques-envahissantes/La-reglementation>).

Comme partout ailleurs sur la planète, le changement climatique constitue également une menace pour la biodiversité de Guyane. Les travaux du BRGM en 2022 dans le cadre du projet GuyaClimat, ont permis d'identifier les différentes atteintes comme la réduction des habitats naturels favorables (érosion côtière et submersion marine), la modification de l'abondance et de la répartition de certaines espèces (due par exemple à l'élévation de la température de l'océan) et la modification de la pluviométrie (multiplication des sécheresses pouvant être suivies de pluies diluviennes...). Toutes ces modifications auront une influence sur les peuplements forestiers, menaçant la structuration de la forêt et à terme sa capacité à capter le CO₂, intensifiant encore le réchauffement. Des études sont en cours sur la capacité de la forêt amazonienne à rester un puits de carbone, mais il semblerait que les atteintes aux milieux forestiers amazoniens aient inversé ce phénomène transformant l'Amazonie en forêt émettrice de CO₂ (Gatti et al., 2021). Des milieux assez rares en Guyane, avec des espèces spécifiques et parfois micro-endémiques, risquent d'être particulièrement touchés par les modifications des régimes des précipitations.

Quelques exemples d'activités anthropiques, d'ampleur très variable, pouvant parfois porter atteinte aux fonctions et services associés aux zones humides, sont illustrées sur les Figures ci-après.



Figure 17 : Savane en zone humide drainée par des fossés à Stoupan.



Figure 18 : Aménagement d'infrastructure de transport dans un secteur forestier incluant des zones humides.



Figure 19 : Brulis sur une savane, près du Grand Macoua.



Figure 20 : Ancien placier en zone humide, site d'orpaillage, à Roura.

I.2. La Martinique

La Martinique est une île au cœur de l'arc antillais, entre la Dominique au Nord et Sainte-Lucie au Sud. Bordée par l'océan Atlantique à l'Est et la mer des Caraïbes à l'Ouest. L'île est à 6 900 km de Paris, 1 470 km de la Guyane et 200 km de la Guadeloupe. **D'une superficie de 1 128 km², la Martinique se distingue des autres DROM par sa petite taille et sa forte densité de population (IEDOM, 2021).**

I.2.1. Climat de la Martinique

Le climat de la Martinique est de type insulaire, tropical chaud et humide, et se caractérise par un très fort gradient pluviométrique (entre 1 500 et 7 000 mm/an) (DEAL Martinique, 2017). En raison de la topographie, la répartition pluviométrique est spatialement hétérogène (Figure ci-après).

Trois zones se distinguent :

- une zone très pluvieuse représentée par la moitié Nord de l'île (excepté la bande côtière), où le relief, de type montagneux (pitons du Carbet, montagne Pelée, plateau du Morne Rouge), favorise les fortes précipitations (pluviométrie supérieure à 4 000 mm/an) ;
- une zone moyennement pluvieuse (pluviométrie moyenne comprise entre 1 500 et 2 500 mm/an) représentée par la moitié Sud de l'île, la bande côtière Nord Atlantique et une bande littorale Nord Caraïbes ;
- une zone sèche peu pluvieuse (pluviométrie moyenne inférieure à 1 500 mm/an) représentée par la bande côtière étroite du Sud et du Nord Caraïbes.

L'Est de l'île (côte-au-vent) subit l'influence des alizés (vents dominants, réguliers, humides et relativement frais, dirigés sur les Antilles par l'anticyclone des Açores ; tandis que l'Ouest de l'île (côte-sous-le-vent) profite de la protection offerte par les hauts reliefs martiniquais.

Deux périodes se distinguent annuellement : le carême, la saison sèche, qui s'étend approximativement de décembre à mai et l'hivernage, et la saison humide de juin à novembre.

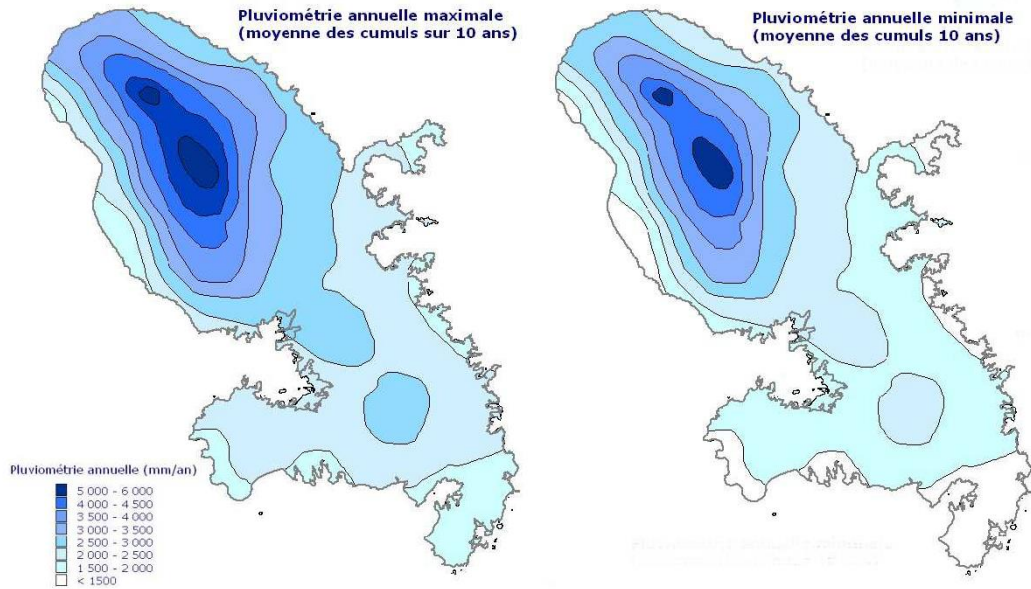


Figure 21 : Carte pluviométrique de la Martinique (Diren de la Martinique, 2004).

Le carême et l’hivernage sont clairement observables sur les diagrammes ombrothermiques (figures ci-après). Les mois les moins pluvieux étant de janvier à mars, voire avril en certaines localités. De véritables mois secs ne sont pas observables, sauf à la station météorologique de Vauclin, et quasiment observable à la station météorologique du François en février ou mars, à proximité du littoral marin au Sud-Est de l’île.

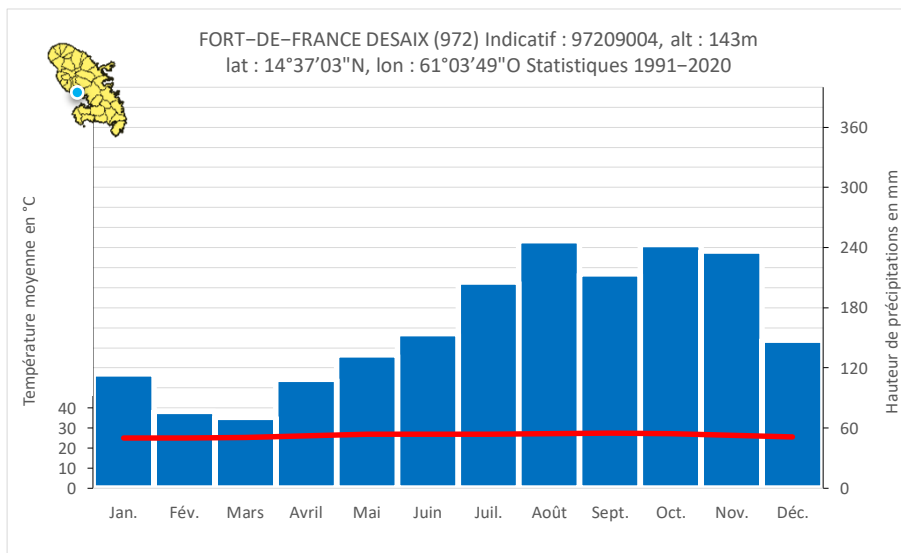


Figure 22 : Diagramme ombrothermique à Fort-de-France. Source : Météo-France.

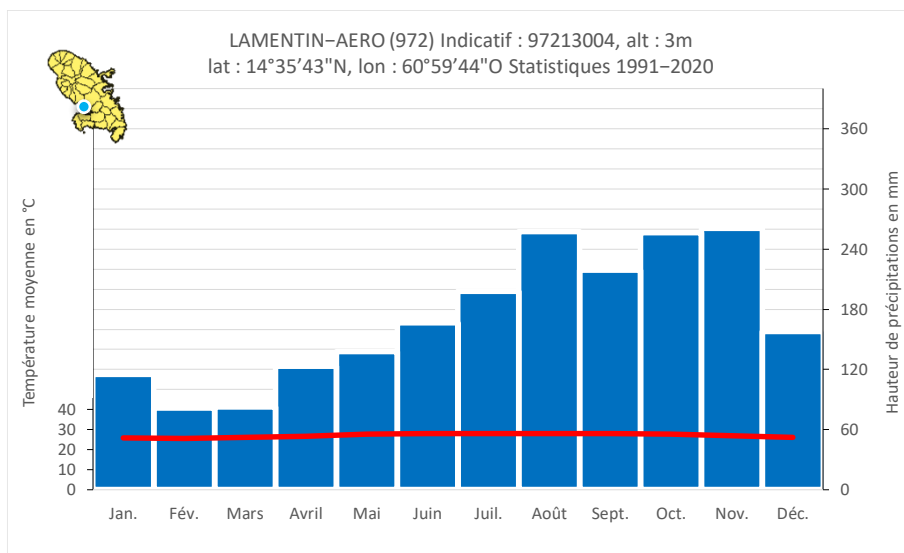


Figure 23 : Diagramme ombrothermique au Lamentin. Source : Météo-France.

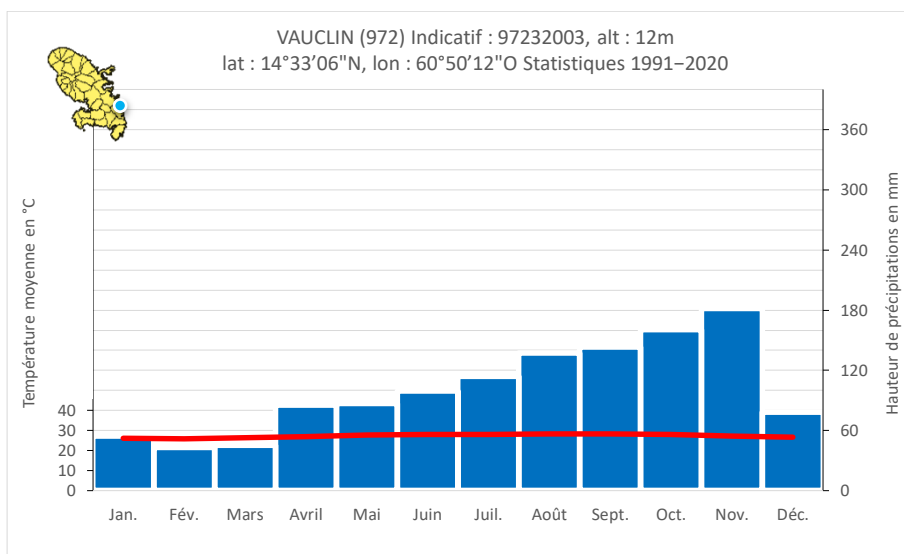


Figure 24 : Diagramme ombrothermique au Vauclin. Source : Météo-France.

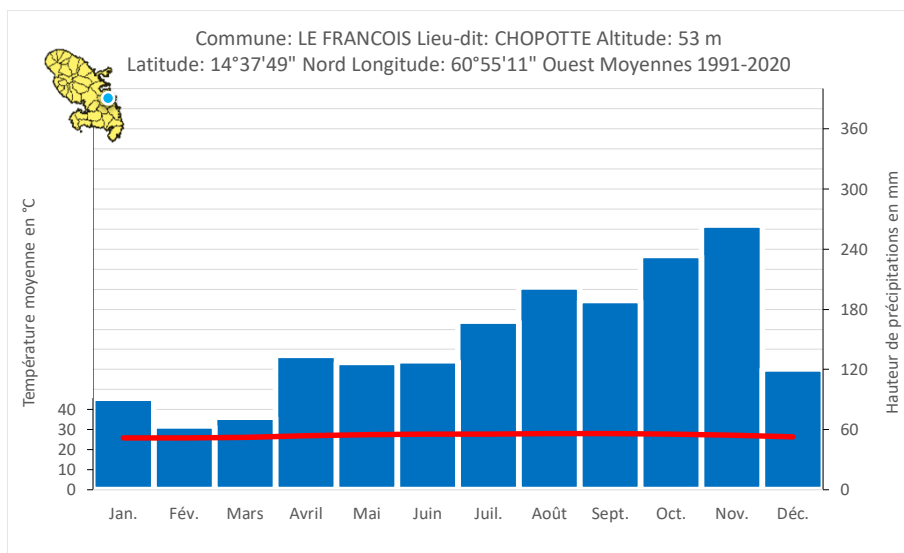


Figure 25 : Diagramme ombrothermique au François. Source : Meteociel.fr.

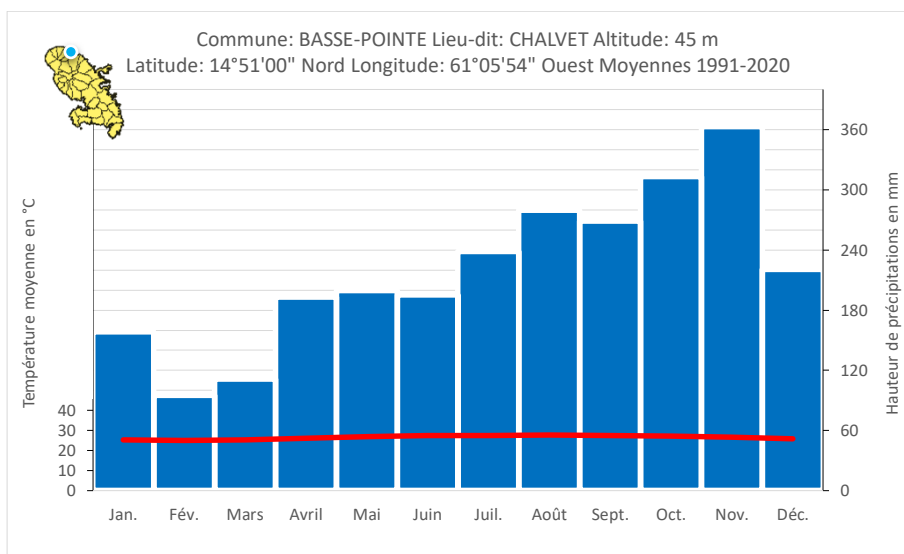


Figure 26 : Diagramme ombrothermique à Basse-Pointe. Source : Meteociel.fr.

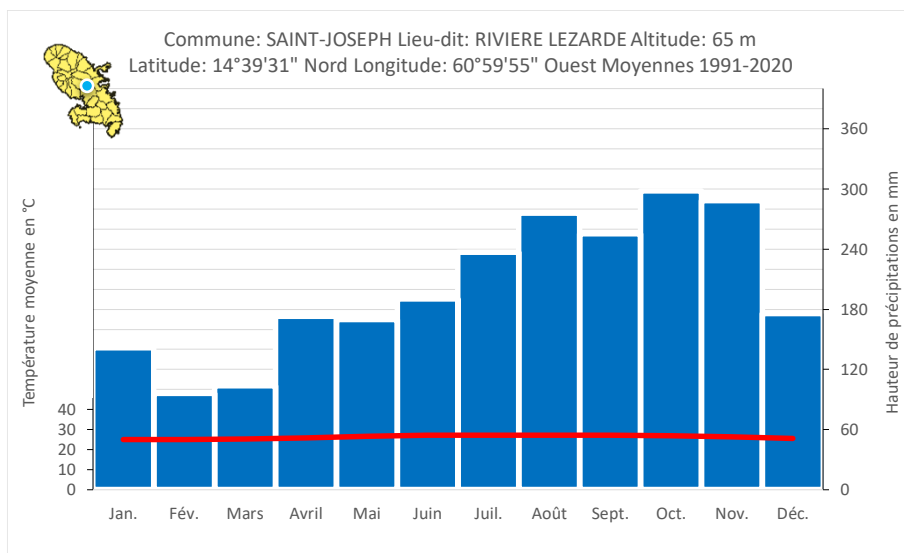


Figure 27 : Diagramme ombrothermique à Saint-Joseph. Source : Meteociel.fr.

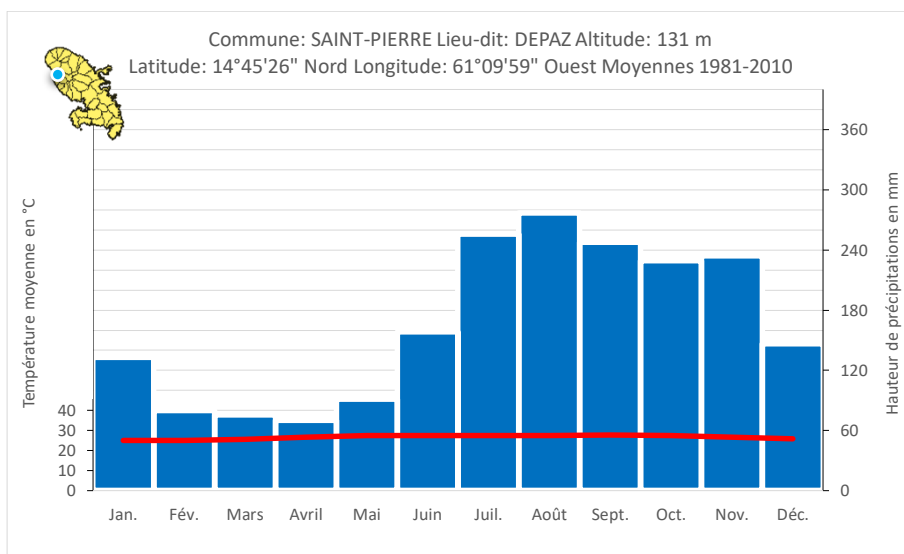


Figure 28 : Diagramme ombrothermique à Saint-Pierre. Source : Meteociel.fr.

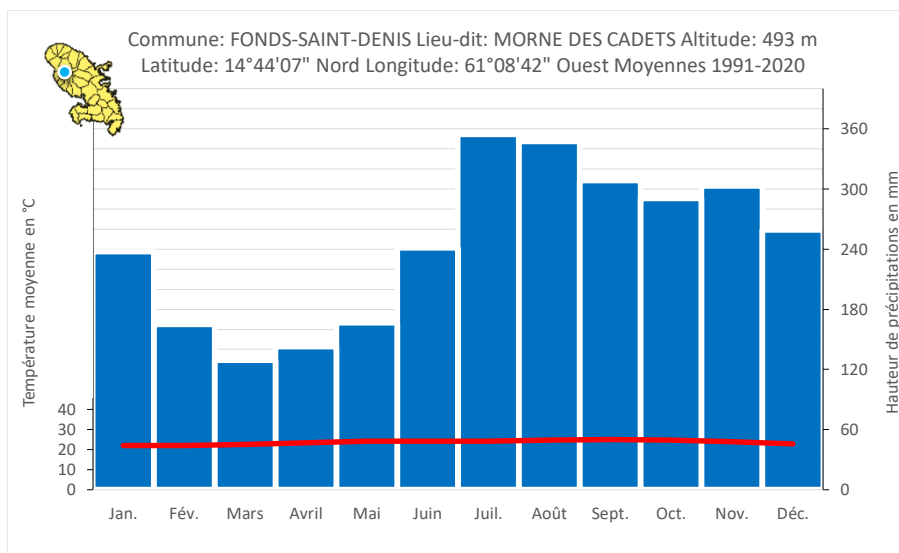


Figure 29 : Diagramme ombrothermique à Fonds-Saint-Denis. Source : Meteociel.fr.

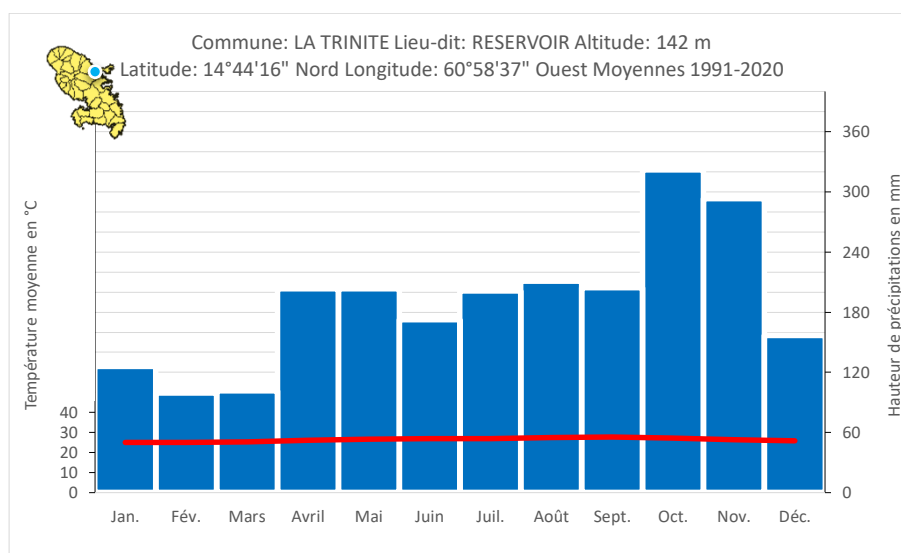


Figure 30 : Diagramme ombrothermique à La Trinité. Source : Meteociel.fr.

1.2.2. Hydrographie de la Martinique

Les hydrosystèmes de la Martinique sont classés en deux catégories : aquatique terrestre et marin littoral. L'hydrosystème aquatique terrestre regroupe les cours d'eau avec leurs bassins versants et les plans d'eau tandis que l'hydrosystème marin littoral regroupe les mangroves, les baies et les récifs coralliens (Office de l'eau Martinique, 2019).

Le réseau hydrographique de la Martinique compte environ 70 cours d'eau et bassins versants indépendants, dont le plus important est celui de la Lézarde (116 km²). 90 % des ressources en eau sont concentrées sur sept bassins versants : la Lézarde, la Capot (57 km²), le Lorrain (35 km²), le Galion (37 km²), la rivière Salée (36 km²), la rivière Pilote (35 km²) et la Roxelane (20 km²). Tous les autres bassins versants sont d'une taille inférieure à 15 km² (Diren de la Martinique, 2004).

Les rivières du Nord issues de la montagne Pelée et du piton du Carbet sont de taille importante et coulent dans des vallées encaissées, générant ainsi un écoulement torrentiel de forte énergie. La nature des sols, et notamment leur capacité de réserve en eau, induit des étiages significatifs. Les rivières du Sud de type « rivière de plaine et de mangrove » ont des bassins versants moins allongés, avec des vallées élargies, un relief doux et des pentes plus faibles (inférieures à 3,5 %). Ces rivières connaissent des étiages rapides en raison du climat, du relief, de la nature argileuse des sols et de la faiblesse des réserves en eaux souterraines.

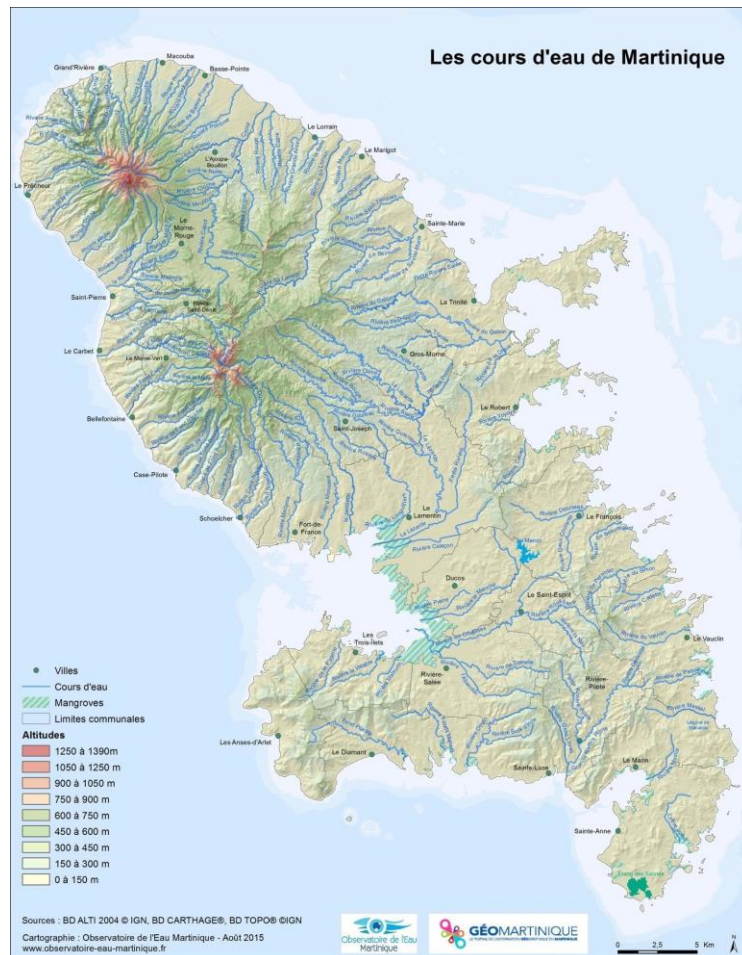


Figure 31 : Carte hydrographique de la Martinique (Office de l'eau Martinique, 2019).

1.2.3. Aperçu géomorphologique de la Martinique

L'île de la Martinique s'étend sur une longueur de 60 km et une largeur de 30 km, et se caractérise par un relief varié et accidenté. Le Nord de l'île est caractérisé par la présence d'un relief montagneux développé, concentrant les plus hauts massifs volcaniques d'où s'écoulent les principales rivières : la montagne Pelée, volcan culminant à 1 397 m, considérée comme étant en sommeil, les pitons du Carbet (1 196 m), l'édifice du morne Jacob (784 m) et le mont Conil, tous inactifs (Figure ci-après). Les côtes, peu découpées, se présentent sous forme de falaises abruptes. Au Sud, le relief est moins accidenté et présente une alternance de plaines et de mornes⁶ excédant rarement 500 m d'altitude. Seule la montagne du Vauclin se dégage de cet ensemble (504 m). Les côtes très découpées

⁶ Aux Antilles, désigne toute hauteur de forme arrondie (Larousse).

offrent de nombreuses baies et anses. Le centre de l'île se singularise par la présence des plaines, peu étendues et fragmentées. Leur superficie totale représente 10 % de l'étendue de l'île (IEDOM, 2010).

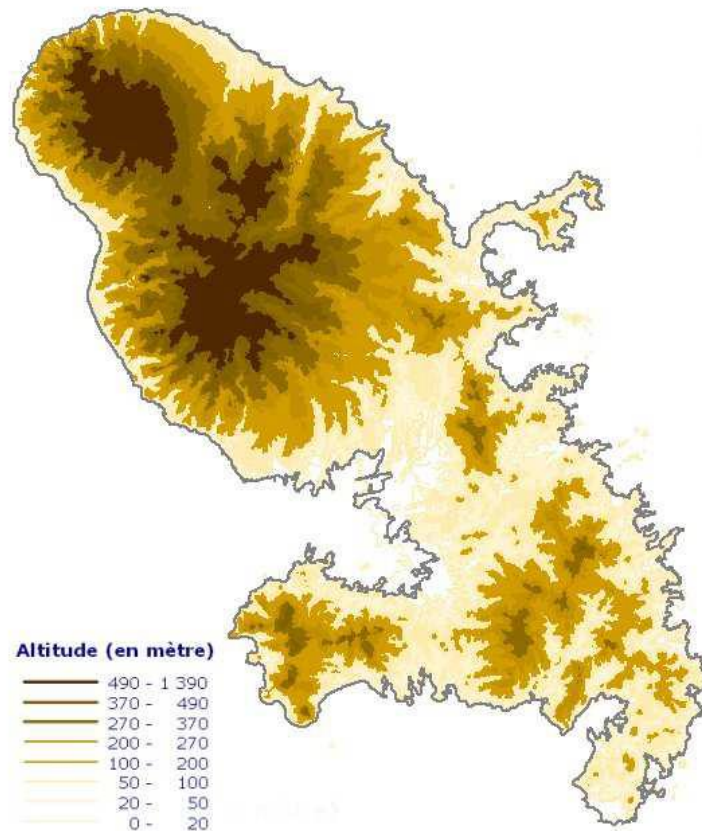


Figure 32 : Carte géomorphologique de la Martinique (Diren de la Martinique, 2004).

1.2.4. Aperçu géologique de la Martinique

La carte géologique de la Martinique au 1/50 000 établie par Grunevald (1961) révèle que l'île est formée d'une multitude d'édifices volcaniques ayant chacun ses caractéristiques et individualités. Par conséquent, il serait difficile de parler d'une tectonique générale, les interactions locales des édifices entre eux ayant modifié leur édification. L'essentiel des formations affleurantes de l'île est d'origine volcanique et datée du miocène ; la mise en place de deux systèmes étant suivie d'une phase de repos de plusieurs millions d'années, la reprise de l'activité vers 2 millions et 1 million d'années concerne la partie Sud et Ouest de la presqu'île du Sud (Figure ci-après) (Office de l'eau Martinique, 2019).

Guiscafre et al. (1976) ont rapporté que les différentes formations géologiques de l'île peuvent être classées en quatre catégories :

- les formations actuelles et quaternaires (-2,6 Ma à aujourd'hui) résultant de phénomènes rapides, volcaniques ou coralliens, qui sont en évolution sensible et qui représentent une accélération notable des phénomènes géologiques classiques ;
- les formations volcaniques postérieures à l'Éocène (i.e. plus jeunes que -34 Ma), dont la destruction n'est pas encore achevée ni la stabilité géologique atteinte ;

- les formations sédimentaires qui comportent toute la gamme des mélanges de sédiments volcaniques, de l'Éocène (-56 à -34 Ma) au Miocène (-23 à -5 Ma) ;
- les formations volcaniques anciennes servant de soubassement à l'île et géologiquement liées aux séries sédimentaires.

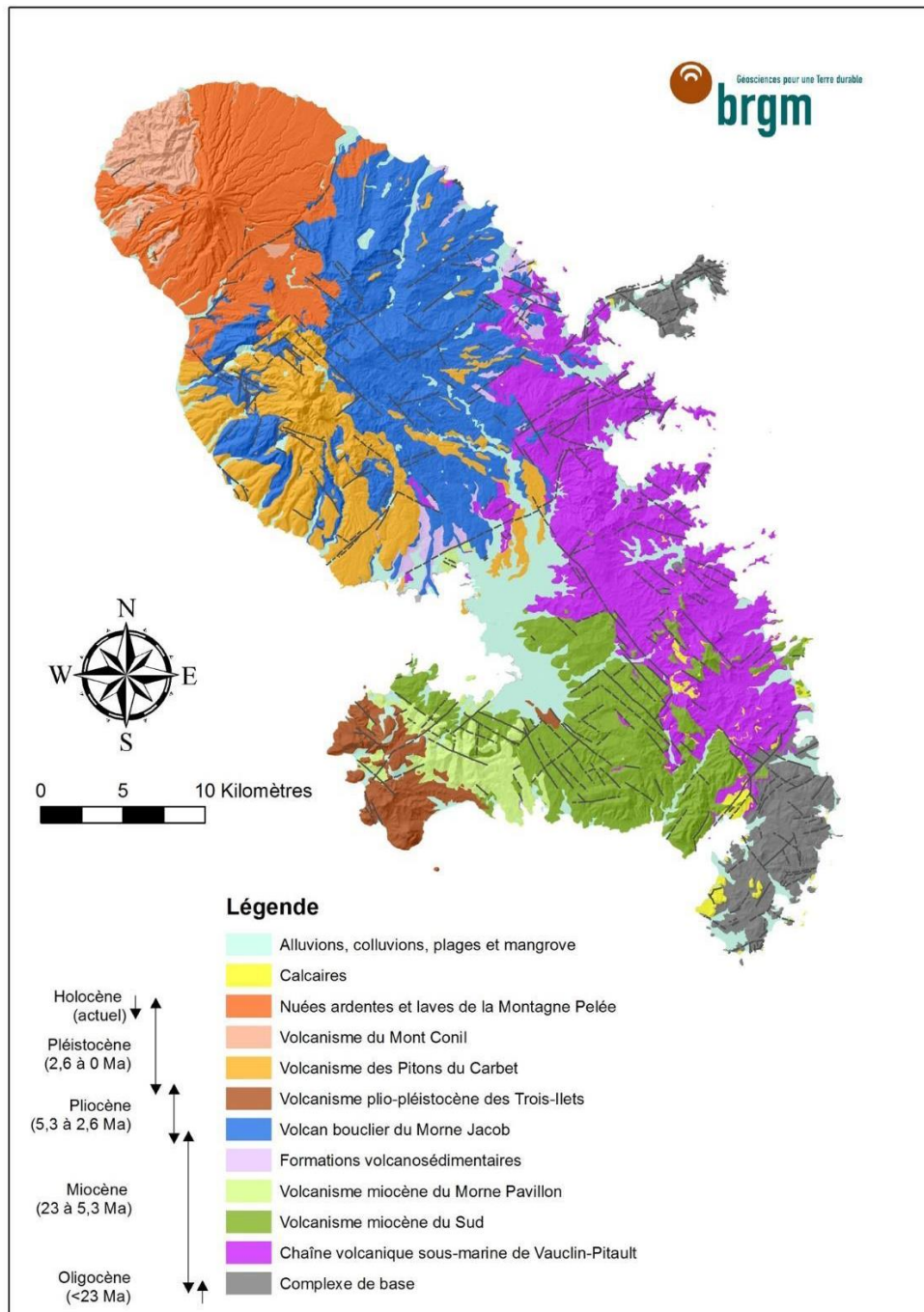


Figure 33 : Carte géologique de la Martinique (Office de l'eau Martinique, 2019).

Les formations actuelles englobent les alluvions torrentielles, les marécages, les mangroves, les cônes d'éboullis de tous types, les plages et les calcaires soulevés récents. De la terre vers la mer

se succèdent les alluvions torrentielles, les marécages d'eau douce, les mangroves à palétuviers d'eau saumâtre et les vases noires. Les récents calcaires soulevés sont soit des plages où l'on trouve fréquemment des morceaux de coquillages encore colorés, soit des îlets récemment émergés présentant le même type de couverture que l'on trouve dans les grandes baies (Marin et Lamentin). Ces formations mettent en évidence une série de mouvements relatifs récents sol-mer importants.

Les formations volcaniques post-Éocènes sont :

- le volcan en activité de l'île, la montagne Pelée, de composition moyenne andésitique⁷ ;
- les pitons du Carbet, surtout dacitiques⁸, encore très riches en sources thermales ;
- la série andési-labradoritique⁹ dite du morne Jacob au Nord, et du morne des Pères au Sud ;
- la série principalement labradoritique dite du Vauclin, situé sur la côte Est de l'île.

Les formations sédimentaires montrent des faciès très particuliers avec un manque de continuité correspondant à l'échelle des édifices. Les plus développés sont les tufs¹⁰ du Vauclin rattachés à la formation volcanique du Vauclin qui représentent une phase initiale de l'édifice et se sont déposés sur une grande surface, en zone marine peu profonde. De Macabou au Sud à la pointe du Simon au Nord, et de la côte atlantique à l'Est à Saint-Esprit à l'Ouest, on observe de très nombreux gisements calcaires inclus et mélangés à une cendre labradoritique¹¹, de granulométrie homogène et souvent litée. Ces tufs reposent sur des calcaires de trois types, nettement séparés et ne représentant que des faciès latéraux de mêmes âges : calcaire à concentration de *Lepidocyclina trinitatis*¹², calcaire massif à algues et calcaire massif d'origine corallienne. Sur une très grande partie du Sud de l'île, on observe l'affleurement d'une série des argiles issues de l'altération des tufs. Cette série, bien qu'assez variable localement, comporte en général, de bas en haut, trois subdivisions assez nettes : i) une argile claire, particulièrement autour de la baie du Lamentin, ii) une argile veinée de rouge et de blanc, et iii) une argile à plus grande tendance latéritique¹³, très brune, dont l'extension surtout au Nord est nettement plus grande que celle des précédentes. Elle donne des granules plus ferrugineux que manganésifères aux environs de Fort-de-France. Stratigraphiquement, ces formations sédimentaires se classent comme suit :

- début Tertiaire (ca. -66 Ma) : le conglomérat ;
- Éocène (-56 à -34 Ma) : la série des argiles, assez postérieure au conglomérat ;
- Oligocène final (-34 à -23 Ma) : la grande série des calcaires ;
- Miocène inférieur à moyen (-23 à -11 Ma) : les affleurements de Bassignac.

Les formations volcaniques anciennes sont antérieures au Miocène. Le morne Conil, un massif au Nord-Ouest de l'actuel édifice de la montagne Pelée, est constitué par des formations stromboliennes et vulcaniennes¹⁴ riches en coulées, et comporte également des filons, des dykes¹⁵ et

⁷ Les andésites sont des roches volcaniques dont la teneur en SiO₂ est comprise entre 57 et 63 % et en éléments alcalins entre 0 et 7 %.

⁸ Les dacites sont des roches volcaniques dont la teneur en SiO₂ est comprise entre 63 et 68 % et en éléments alcalins entre 0 et 7 %.

⁹ La labradorite est un minéral de la famille des feldspaths plagioclases présents dans les roches volcaniques.

¹⁰ Roche résultant de l'accumulation de projections volcaniques de taille variée (de la cendre au bloc), consolidée ultérieurement par les eaux d'infiltration (Larousse).

¹¹ De composition proche de la labradorite (cf. note 9).

¹² Foraminifères ; protozoaire, surtout marin, caractérisés par leurs coquilles le plus souvent calcaires.

¹³ Cf définition de la latérite dans la quatrième partie. Les grands types de sols nommés dans ce document sont définis dans la quatrième partie.

¹⁴ Types d'éruptions volcaniques se différenciant par les propriétés des magmas (teneur en gaz dissous et viscosité essentiellement).

¹⁵ Filon de roche magmatique, mis en relief par l'érosion.

un cône de brèches¹⁶, à rares très gros éléments noyés dans la cendre fine, et de tufs. Au Sud de l'île, on trouve des édifices andésitiques anciens et basiques anciens donnant lieu à une multitude d'affleurements allant de la côte Atlantique aux anses d'Arlets. À cela s'ajoutent dans la région du Diamant des formations dacitiques anciennes avec cônes (morne Larcmer) et aiguilles (rocher du Diamant), brèches et tufs et ponces, ces derniers s'étendant au Nord du Diamant.

1.2.5. Aperçu pédologique de la Martinique

La forte variabilité spatiale des précipitations et des formations géologiques de l'île de la Martinique a conduit à une diversité des sols. On rencontre des sols issus de matériaux volcaniques analogues évoluant sous des climats différents ou sous un même climat, des sols issus de matériaux volcaniques de composition minéralogique analogue, mais d'âge différent (Colmet-Daage et Lagache, 1965). **D'après la carte pédologique établie au 1/20 000 (Figure ci-après) par Colmet-Daage (1969), les sols de ce territoire insulaire peuvent être regroupés en trois grands ensembles :**

- **les sols jeunes développés sur des projections volcaniques perméables**, récentes dont le degré d'évolution et d'argilisation¹⁷ est variable. Il s'agit des sols brun rouille à halloysite¹⁸, des sols à allophanes¹⁹ avec gibbsite²⁰ sur tufs fins, des sols à allophanes sans gibbsite sur cendres et ponces, et des sols peu évolués sur cendres ;
- **les sols évolués issus de l'altération de roches volcaniques anciennes**, et qui se distinguent par la nature de leurs argiles. Il s'agit des Ferrisols²¹ constitués de kaolinite et halloysite, des Vertisols²² constitués de smectites²³ ou argiles gonflantes, des intergrades Ferrisols-Vertisols, des sols rouges ou bruns à montmorillonite²⁴ constitués de kaolinite et d'une importante quantité de smectites, des sols vertiques et Mollisols²⁵ ;
- **les sols récents d'apports qui sont localisés sur des surfaces très réduites**, dans les fonds de vallée et dans la plaine du Lamentin. Il s'agit des alluvions continentales, des colluvions, et des alluvions marines et de marécages.

Le Tableau synthétise les principaux types de sols identifiés par Colmet-Daage (1969), leurs appellations correspondantes dans la *World Reference Base for Soil Resources* ou WRB (2015) et le référentiel pédologique français (Baize et al., 2009), ainsi que leurs répartitions climatiques et positions topographiques (Venkatapen, 2012) sur l'île de la Martinique.

¹⁶ Roche (la famille des conglomérats) constituée de fragments grossiers et anguleux cimentés par des cendres.

¹⁷ Processus d'altération des roches conduisant à la formation d'argiles.

¹⁸ Minéral argileux (silicate d'aluminium hydraté) qui diffère de la kaolinite par la présence d'une couche d'eau supplémentaire dans l'espace interfoliaire.

¹⁹ Silicate d'aluminium hydraté mal cristallisé, typique de l'altération des roches et cendres volcaniques.

²⁰ Hydroxyde d'aluminium, de formule $Al(OH)_3$, fréquemment observé dans les sols tropicaux suite à une altération longue et intense.

²¹ Cf définition et différences avec les sols ferrallitiques dans la quatrième partie.

²² Les grands types de sols nommés dans ce document sont définis dans la quatrième partie.

²³ Minéraux argileux gonflants, à forte capacité d'échange cationique et fréquents dans les sols des régions tropicales et méditerranéennes dans les zones mal drainées.

²⁴ Minéral de la famille des smectites.

²⁵ Les grands types de sols nommés dans ce document sont définis dans la quatrième partie.

Tableau 2 : Correspondances des principaux types de sols de la Martinique entre les classifications pédologiques ainsi que leurs répartitions climatiques et positions topographiques. Se référer également aux définitions dans la quatrième partie.

Principaux types de sols caractérisés par Colmet-Daage (1969)	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)	Répartitions climatiques et positions topographiques (Venkatapen, 2012)
Les sols à allophanes	Andosol	Andosol	Sous climat humide à très humide avec une pluviométrie moyenne supérieure à 2 500 mm/an ; répartis sur les flancs des montagnes et hauts reliefs du Nord de l'île.
Les sols brun rouille à halloysite	Nitisol	Nitisol	Sous pluviométrie variant de 1 300 à 2 500 mm/an à une saison sèche peu marquée ; répartis sous forme d'une auréole autour des reliefs montagneux.
Les sols peu évolués sur cendres et ponces	Regosol	Régosol	Sous pluviométrie faible allant de 1 000 à 1 300 mm/an avec une saison sèche marquée ; répartis sur les flancs des montagnes du Nord.
Les Ferrisols	Ferralsol	Ferrallisol et Oxydisol	Sous climat humide à saison sèche peu marquée avec une pluviométrie moyenne variant de 1 600 à 2 300 mm/an ; répartis sur reliefs plats à vallons.
Les Vertisols	Vertisol	Vertisol	Répartis dans les régions sèches avec une pluviométrie moyenne inférieure à 1 300 mm/an, avec plusieurs mois sans pluie sur une grande partie du Sud, ainsi qu'une partie de la côte sous-le-vent.
Les sols rouges à montmorillonite	Alisol	Fersialisol	Répartis dans les régions humides recevant une pluviométrie moyenne de 1 800 à 2 000 mm/an, et le plus souvent dans la zone intermédiaire entre les zones à Vertisols et les zones à Ferrisols.
Les sols alluviaux	Fluvisol	Fluvisol	Répartis dans les fonds de vallée et dans la plaine du Lamentin, et caractérisés par une position basse dans les paysages et par la présence d'une nappe permanente ou temporaire à fortes oscillations.

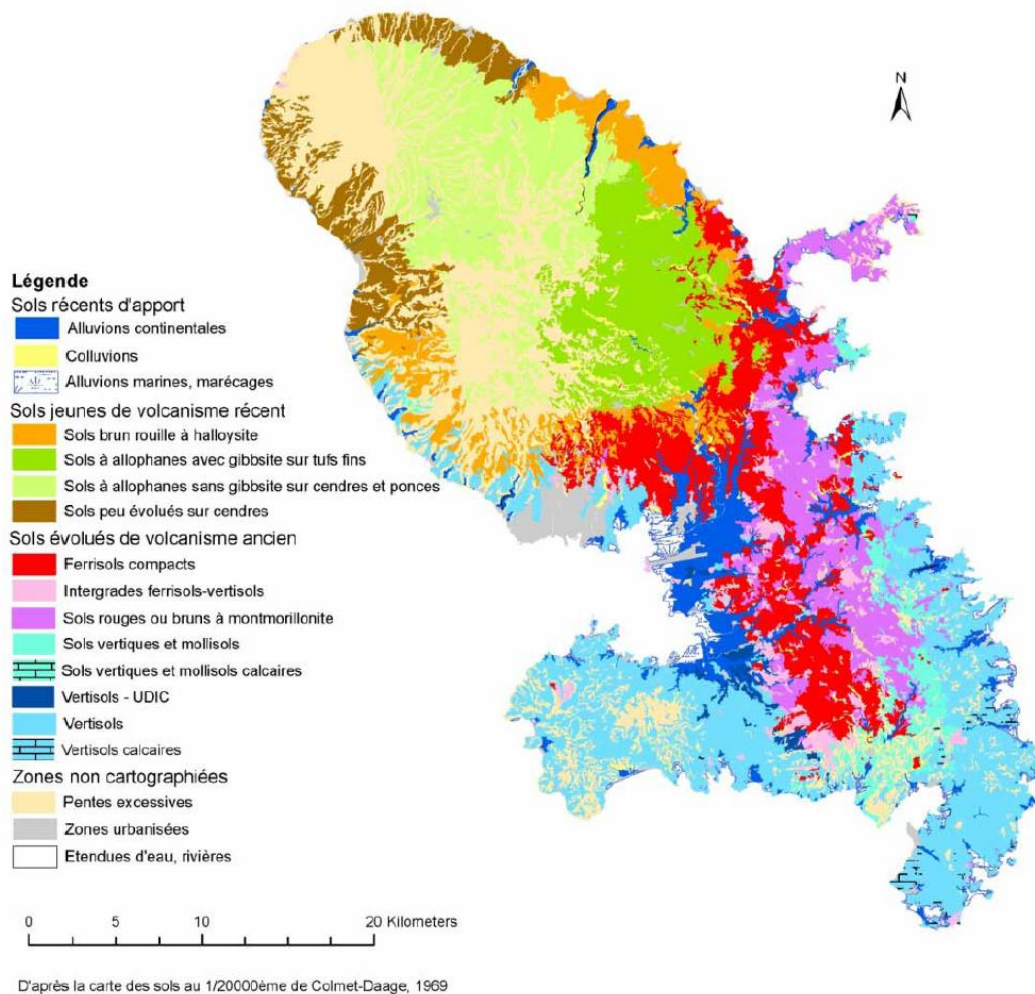


Figure 34 : Carte pédologique de la Martinique établie au 1/20 000 (Colmet-Daage,1969).

1.2.6. Aperçu des paysages de la Martinique

La pluralité des paysages martiniquais s'explique entre autres par son histoire géologique, ses reliefs variés et son climat. Le Nord de l'île avec ses reliefs élevés et leurs humidités permanentes, comportent un couvert forestier tropical hygrophile (le terme « hygrophile » dans ce territoire est à comprendre comme le fait que la flore est associée à une humidité atmosphérique ambiante importante et prolongée voire permanente, le terme « hygrophile » n'indique pas nécessairement ici des conditions d'engorgement du sol prolongée voire permanente comme en métropole). Ce couvert forestier est dense et luxuriant, montrant un parfait état de conservation aux altitudes élevées (tout comme les pointes littorales et les mangroves les moins accessibles). Le Sud de l'île n'excède pas 500 m d'altitude avec de grandes étendues de plaine. Ce territoire, plus sec, est beaucoup plus anthropisé avec de grandes cultures de canne à sucre - *Saccharum officinarum* L., 1753. (SRCE de la Martinique, 2016) (voir figures ci-dessus).

D'après l'Atlas des paysages de Martinique en 2013, quatre grandes unités paysagères sont identifiées :

- **Les paysages littoraux habités et cultivés sont originellement constitués de mangroves**, de marais, d'anses et de plages, mais aussi de zones rocheuses ou de falaises. Le littoral a subi de fortes pressions modifiant les milieux naturels en profondeur. Une large ceinture urbaine, structurée par de grands axes routiers entremêlés de secteurs agricoles se retrouve sur la quasi-totalité du littoral. Les derniers habitats semi-naturels de savanes sèches, quant à elles, servent de pâturages.
- **Le paysage urbain densément peuplé de Fort-de-France est une véritable coupure écologique**, une véritable barrière écologique entre terre et mer et l'extension urbaine grignote petit à petit les habitats de forêts et mangroves limitrophes.
- **Les paysages naturels forestiers des pentes et des littoraux, avec un caractère naturel presque vierge de toute activité humaine**, ils se présentent régulièrement en grandes continuités des sommets au littoral. La distribution des peuplements forestiers répond à trois variables principales : un effet d'altitude, un effet de versant (au vent et sous le vent ou effet de foehn) et un effet de latitude (via une histoire géologique plus ancienne au Nord) (IFN, 2008).
- **Les forêts tropicales sèches, humides et les formations basses sèches sont les zones qui concentrent le plus de biodiversité**. Au-dessus de 850 m se développent les hauts fourrés et les savanes d'altitude composées de formations entremêlées de ligneux, d'herbacées et d'épiphytes adaptés à l'hygrométrie ambiante (liée à la forte couverture nuageuse). L'endémisme est corrélé à l'altitude et ces écosystèmes sont globalement à l'abri d'atteintes directes. La végétation du littoral jusqu'à 500 m d'altitude est quant à elle composée de forêts essentiellement secondaires. Elles constituent un des écosystèmes forestiers les plus dégradés par le développement des activités humaines.
- **Les forêts marécageuses inondables et les mangroves qui bordent le littoral subissent les plus fortes pressions (urbanisme notamment)**. Les mangroves, présentes sur environ 40 km de linéaire, jouent un grand rôle dans la reproduction, l'alevinage et l'alimentation de nombreuses espèces. Ces milieux sont des cœurs de biodiversité entre terre et mer. En arrière, les formations herbacées inondables se distribuent au sein de deux grandes catégories d'habitat : les marais saumâtres ou d'eau douce et les prairies humides pâturées.
- **Les paysages de campagnes habitées sur les mornes et les pentes basses constituent une grande mosaïque de milieux et d'habitats et sont le symbole paysager de l'île**. Ils présentent une grande diversité de plantes cultivées, de l'agroforesterie et un maillage de haies forestières entre les cultures. Une attention toute particulière doit être portée sur ces zones peu protégées par l'étalement urbain anarchique accompagné d'un développement rapide des infrastructures de transport.
- **Les paysages de plaine et piémont de grandes cultures sont écologiquement plus pauvres (facilité d'installation et d'exploitation) que les habitats plus**. Dans ce paysage, seules quelques ravines et zones de ripisylve forment encore des zones favorables à la biodiversité.

Quelques exemples de paysages typiques de la Martinique sont illustrés sur les Figures ci-après.



Figure 35 : Paysage de la presqu'île de la Caravelle.



Figure 36 : Paysage de la montagne Pelée.

I.2.7. Aperçu de la biodiversité de la Martinique

La grande diversité des milieux naturels martiniquais permet l'installation d'espèces rares et endémiques (voir figures ci-après). D'après le compteur de la biodiversité Outre-mer²⁶ en 2024, l'île compte 7 187 espèces indigènes, dont 40 espèces de coraux, sur un territoire de 1 128 km² dont 2/3 sont inclus dans le parc naturel régional. Sur le territoire subsiste encore 2 000 ha de mangroves dans divers états de conservation. Cependant 18 des espèces les plus envahissantes au monde ont été recensées sur le territoire.

La diversité floristique est trois fois supérieure à la diversité de la France métropolitaine. L'île compte 3 300 espèces vasculaires, 369 espèces d'arbres indigènes (18 % endémiques stricts), 34

²⁶ <https://biodiversite-outre-mer.fr/>

espèces de Phanérogames sont endémiques strictes (la moitié provenant des formations d'altitude) et 26 espèces de Ptéridophytes sur 204 sont endémiques des Petites Antilles. Cependant, 117 espèces de la flore sont actuellement menacées de disparition, dont 56 espèces d'arbres classées en danger d'extinction locale et 12 en danger d'extinction totale (UICN, 2013).

La richesse de la faune est nettement inférieure à celle de métropole. L'insularité a favorisé le développement d'espèces ou de sous-espèces endémiques tels que la carouge - *Icterus bonana* (Linnaeus, 1766), le serpent trigonocéphale - *Bothrops lanceolatus* (Lacepède, 1789), la chauve-souris - *Myotis martiniquensis* LaVal, 1973, la mygale - *Caribena versicolor* (Walckenaer, 1837), l'anolis - *Dactyloa roquet* (Lacepède, 1788) et le sphérodactyle - *Sphaerodactylus vincenti* Boulenger, 1891 (Gargominy, 2003). Les colibris (4 espèces : *Eulampis jugularis* (Linnaeus, 1766), *Orthorhyncus cristatus* (Linnaeus, 1758), *Eulampis holosericeus* (Linnaeus, 1758) et *Cyanophaia bicolor* (Gmelin, 1788)) sont un emblème du territoire de la Martinique.

La Martinique compte de nombreuses zones naturelles inscrites, classées ou incluses dans des périmètres de gestion de la biodiversité (INPN, 2024)²⁷ :

- **26 ZNIEFF I et II (marine et terrestre) ;**
- **3 réserves biologiques intégrales ;**
- **2 réserves naturelles nationales ;**
- **1 réserve naturelle régionale ;**
- **1 réserve de biosphère ;**
- **1 site Ramsar ;**
- **1 zone protégée de la convention de Carthagène (Caraïbes) ;**
- **1 parc naturel régional ;**
- **des arrêtés de protection de biotope et terrains acquis par le conservatoire du Littoral.**

Quelques exemples d'écosystèmes remarquables par leur biodiversité sont illustrés sur les Figures ci-après.

²⁷ <https://inpn.mnhn.fr/docs/communication/Carte-Panorama-biodiversite-et-aires-protégees-2020-IGN.pdf>



Figure 37 : Forêt marécageuse d'eau douce à *Pterocarpus officinalis* près de Galion.



Figure 38 : Zone humide du rivage marin sur la presqu'île de la Caravelle.

1.2.8. Aperçu des pressions et menaces sur les milieux naturels martiniquais

La SRCE de la Martinique de 2016 identifie les menaces qui pèsent sur le territoire. La principale menace sur les milieux est l'urbanisation croissante. Concentrée dans les bourgs avant

1950, l'urbanisation s'est prolongée sur le littoral et s'est diffusée sur les pentes de manière anarchique. L'étalement urbain a suivi les grands axes routiers. Sans protection réglementaire efficace, s'est développée une urbanisation non maîtrisée, à laquelle s'ajoute un problème de mise en application des zonages du SAR, des SCOT et des PLU. Même si une vaste zone des Mornes du Sud fait partie du Parc Naturel Régional de Martinique (PNRM), sa protection est pourtant limitée : le PNRM n'a pas la capacité à répondre de façon satisfaisante aux enjeux d'urbanisme et de biodiversité sur l'ensemble de son périmètre. Cette forte croissance entraîne la consommation d'espaces naturels et agricoles, la rupture de continuité écologique et la pollution des eaux superficielles et littorales.

Les activités agricoles et forestières accompagnent cette mutation. Selon le recensement agricole de 2020 (Agreste, 2023), la Superficie Agricole Utilisée (SAU) est passée de 30 % à 27 % du territoire avec le développement de la culture de canne à sucre (*Saccharum sp.*) (principalement sous forme de monoculture) au détriment de la production de bananes (*Musa sp.*) Sur la période 2010-2020, les surfaces des exploitations ont doublé avec une surface moyenne de 8,2 ha. Loin d'être tout à fait homogènes, les paysages monoculturaux martiniquais de plaine et de bas de pente sont parfois densément maillés et accueillent encore des corridors écologiques. Le cheptel des animaux d'élevage a également baissé. Les savanes sèches littorales de plaine, sont en évolution permanente en fonction de l'intensité du pâturage qui y est pratiqué et de l'abandon des parcelles.

Les contraintes techniques que représentent les reliefs additionnés aux meilleurs potentiels agricoles des pentes douces des piémonts, ont participé à créer une ceinture urbaine, routière et agricole le long de la quasi-totalité du littoral martiniquais.

Concernant les milieux forestiers, 30 % des forêts sont publiques, dont 10 % aménagées pour la production de bois (site ONF). Les reboisements de parcelles avec le Mahogany (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq., 1760), espèce exogène plantée massivement dans les années 1950 et très largement utilisée dans la fabrication de mobiliers, ont remplacé le Gommier blanc (*Dacryodes excelsa* Vahl, 1810), espèce des forêts hygrophiles, aujourd'hui rare et protégé. Les milieux forestiers terrestres sont de plus en plus séparés écologiquement de la côte par les axes routiers (Ex : N1, D37, D7...) qui créent des ruptures écologiques, renforcées par l'urbanisation linéaire le long de ces mêmes routes. Beaucoup de ravines boisées bien préservées descendent des sommets des Pitons du Carbet et de La Pelée vers le littoral. Dans l'immense majorité des cas, elles se heurtent à l'urbanisation littorale, aux infrastructures routières littorales et aux parcelles agricoles des pentes basses.

Les mangroves sont quant à elles, « grignotées » par le défrichage et la construction de polders pour l'urbanisation, côté mer, et par le maintien de canaux de rationalisation de l'eau (drainage ou évacuation des eaux pluviales), la bétonisation des berges. Elles peuvent aussi être altérées du fait du recouvrement partiel de cours d'eau ou encore de la construction de route, côté terre (voir figure ci-après).

D'autres activités humaines comme la pêche (8 ports de pêche), l'aquaculture, les activités industrielles, l'exploitation de carrières et des énergies renouvelables suivent cette croissance démographique. Le développement du tourisme aggrave encore ce développement urbain et génère des pressions sur le milieu naturel, dans des proportions variables.

La chasse, qui n'est pratiquée légalement que sur 2,5 % du territoire, présente un impact sur la ressource cynégétique avec la raréfaction des espèces (peu de limites de prélèvements et de contrôle). En zone humide, la chasse s'accompagne de l'aménagement de plans d'eau stagnantes appelés « miroirs de chasse ». Ceux-ci s'observent sur des secteurs en arrière de nombreuses mangroves de l'île.

Les espèces exotiques envahissantes (EEE) sont une préoccupation importante en Martinique avec la publication récente de nombreux documents comme par exemple un guide des EEE de la DEAL Martinique, publié en 2021. La Martinique comprend approximativement autant d'espèces végétales autochtones qu'allochtones. On dénombre environ 80 EEE sur le territoire (dont 4 espèces aquatiques) et 25 ont fait l'objet d'une fiche d'identification par la DEAL. Certaines de ces espèces représentent de fortes menaces sur les milieux colonisés et notamment sur les forêts rivulaires.

L'évolution du climat des Antilles françaises fait apparaître de grandes incertitudes sur l'augmentation des températures (de 1,5 à 2,5°C d'ici 2050) et la fréquence des précipitations ou sécheresses extrêmes et des cyclones. L'élévation du niveau de la mer et l'érosion marine sont également en cours, impactant les zones côtières comme les plages et les zones urbaines (Dupont L., 2013). Toutes ces modifications sont souvent accompagnées de l'augmentation des maladies tropicales difficiles à maîtriser.

Quelques illustrations sont proposées afin d'illustrer les aménagements à la Martinique sur les figures ci-après.



Figure 39 : Zone de lagune partiellement isolée de l'océan par un « microlido » avec des cabanes de chasse.



Figure 40 : Zone humide alluviale avec des sources et suintements aménagée pour l'agrément et la culture d'arbres fruitiers.

I.3. La Guadeloupe

La Guadeloupe est un archipel composé de six îles dont les deux principales, la Grande-Terre (590 km²) et la Basse-Terre (848 km²), sont séparées par un isthme marin très étroit (la rivière Salée), et les petites îles représentées par l'archipel des Saintes (14 km², au Sud de la Basse-Terre, regroupant les îles de Terre-de-Haut et de Terre-de-Bas), la Désirade (22 km², à l'Est de la Grande-Terre), et Marie-Galante (158 km², au Sud de la Grande-Terre) (IEDOM, 2012a).

I.3.1. Climat de la Guadeloupe

Le climat de la Guadeloupe est tropical, humide et insulaire, et présente une variabilité spatiale et temporelle du régime des précipitations, imposée par (i) la morphologie des îles, (ii) l'échelle et la fréquence des perturbations atmosphériques par les alizés. Ces vents d'Est doux et humides limitent les variations saisonnières et diurnes des températures, avec une moyenne variant peu de 25 à 30°C (Sar Guadeloupe, 2011). On distingue deux saisons dont les transitions sont plus ou moins marquées :

- une saison sèche, ou carême, de décembre à mai, durant laquelle les averses sont peu fréquentes, les températures de 25°C en moyenne et les alizés généralement bien établis ;
- une saison humide, ou hivernage, de juillet à octobre, accompagnée de pluies fréquentes et intenses et de températures moyennes supérieures à 26°C, au cours de laquelle surviennent des dépressions tropicales et des phénomènes cycloniques (IEDOM, 2012).

Les précipitations annuelles, se répartissant globalement entre les deux saisons, montrent de grandes variations interannuelles pouvant générer un cumul annuel du simple au double d'une année sur l'autre dans certains secteurs. Le relief influe également fortement sur la pluviosité, comme le montre la carte de la pluviométrie moyenne annuelle sur la période 1991-2020 (Figure ci-après). Les zones les plus arrosées correspondent aux reliefs les plus importants sur lesquels les masses d'air océaniques venant de l'Est et chargées d'humidité viennent buter. Le gradient pluviométrique est très important au niveau de Basse-Terre, avec une hauteur annuelle de précipitations variant de 2 000 mm au niveau de la côte à plus de 6 000 mm au sommet du volcan de la Soufrière. Grande-Terre et les autres îles de l'archipel aux reliefs peu marqués sont soumises à des précipitations moins importantes. On observe néanmoins au niveau de Grande-Terre un gradient pluviométrique d'Est en Ouest, dans le sens des alizés, avec des hauteurs de précipitations évoluant progressivement de 1 300 mm à Saint-François à près de 1 800 mm dans la région de Pointe-à-Pitre (DEAL Guadeloupe, 2013).

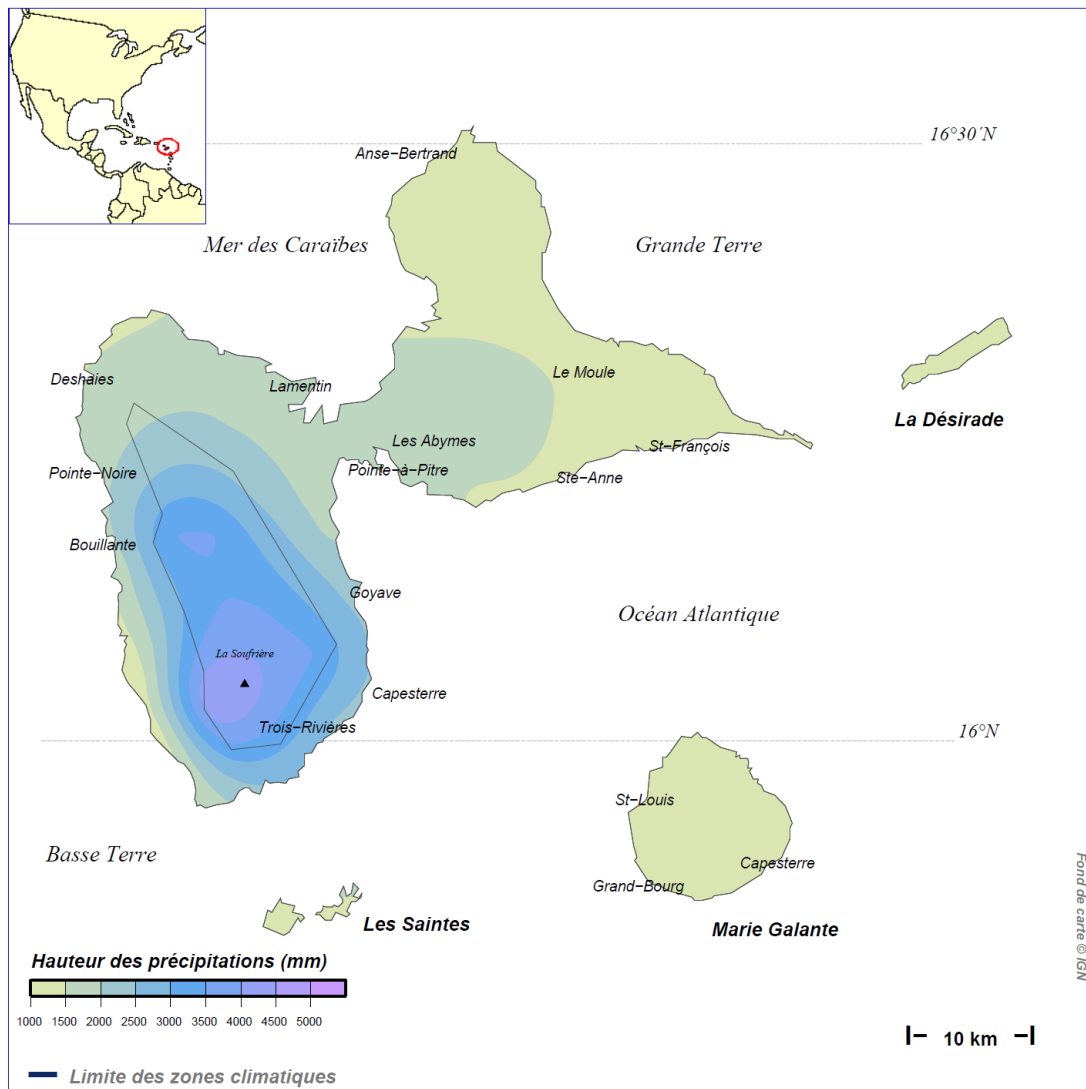


Figure 41 : Carte pluviométrique de la Guadeloupe présentant les moyennes annuelles des cumuls pluviométriques sur la période 1991-2020 (Météo – France, 2022).

Le carême et l’hivernage sont clairement observables sur le seul diagramme ombrothermique qu’il a été possible de générer pour la Guadeloupe, à considérer avec prudence étant donné la variabilité spatiale et temporelle du régime des précipitations à l’intérieur de l’ensemble de ses îles (Figure ci-après). Sur la station météorologique du Raizet, près de l’isthme marin de la Guadeloupe, les mois les moins pluvieux étant février et mars, mais sans véritables mois secs ; même si des conditions sèches sont quasiment observables en février.

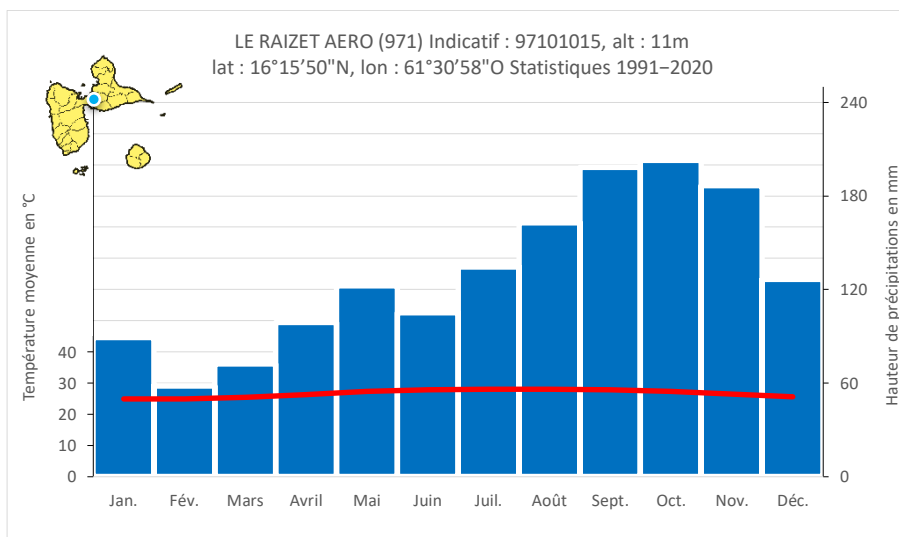


Figure 42 : Diagramme ombrothermique au Raizet. Source : Météo-France.

I.3.2. Hydrographie de la Guadeloupe

Le réseau hydrographique de l'archipel de la Guadeloupe est très diversifié en raison de la forte irrégularité spatiale des précipitations et de la disparité des reliefs (Figure ci-après). L'île volcanique de Basse-Terre est drainée par plus d'une cinquantaine de cours d'eau à écoulement permanent, tandis que le réseau hydrographique des autres secteurs de l'archipel guadeloupéen est essentiellement composé de ravines, qui ne coulent que lors de précipitations importantes, lorsque les sols sont saturés en eau (DEAL Guadeloupe, 2013).

Le réseau hydrographique de la Basse-Terre est organisé en structure rayonnante de part et d'autre de la ligne de crête de la dorsale montagneuse Nord-Sud. Le plus important cours d'eau est la Grande Rivière à Goyaves dont le bassin versant (158 km²) draine un sixième de la superficie de la Basse-Terre. Cette rivière constitue une véritable gouttière au pied de la chaîne septentrionale, et est alimentée sur sa rive gauche par d'importants affluents (bras David, bras de Sable, rivière Janikeete, etc.). Les autres cours d'eau sont de faible linéaire avec des bassins versants de petite taille variant de 10 à 50 km² (dont les plus importants sur la partie méridionale de la côte-au-vent sont le Grand Carbet, la Grande rivière de Capesterre, la Sainte-Marie, la Petite Rivière à Goyaves...). Les bassins, de formes allongées et relativement imperméables, ont généralement un relief accentué, sur la totalité des cours d'eau (pentes moyennes comprises entre 7 et 13 %) pour les versants sous-le-vent, sur les cours supérieurs et moyens pour les versants au vent. Les pentes des versants s'affaiblissent dans les cours inférieurs au niveau des plaines littorales, et ceci particulièrement pour la Grande Rivière dont le cours inférieur serpente à travers ses dépôts alluviaux, envahis par la mangrove (DEAL Guadeloupe, 2013 ; Chaperon et al., 1983).

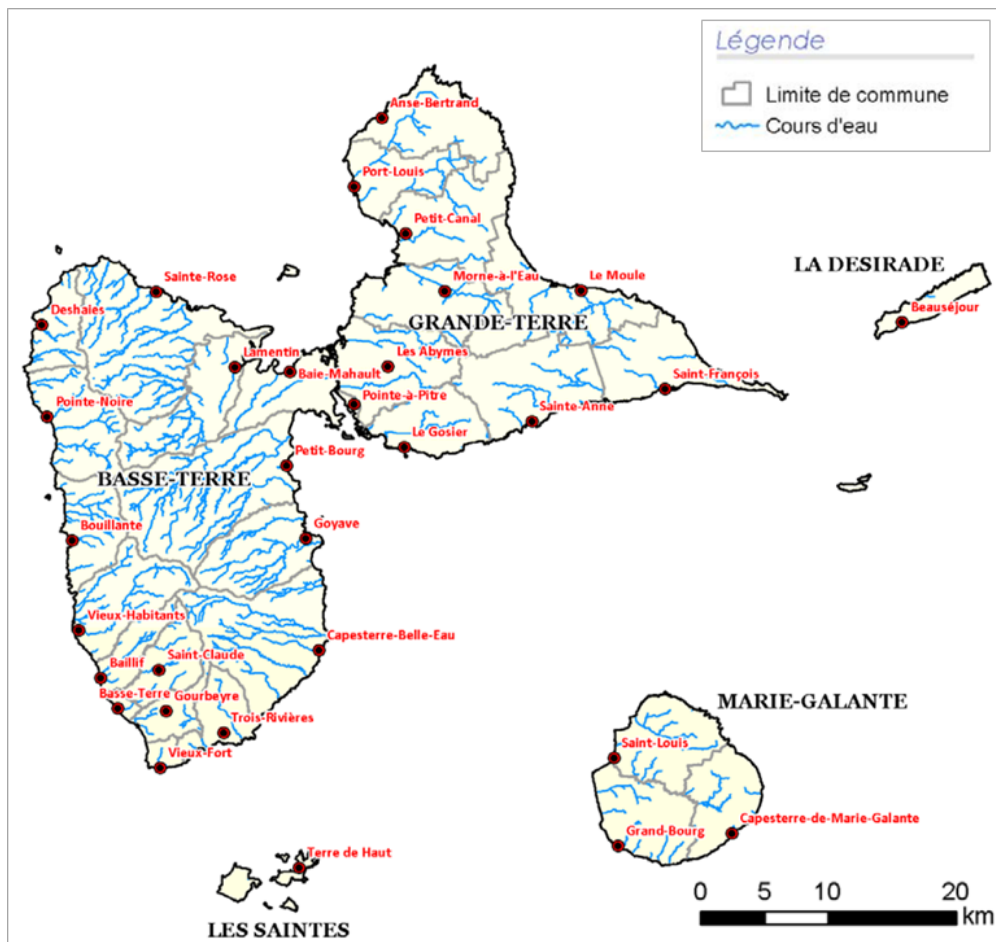


Figure 43 : Réseau hydrographique de l'archipel de la Guadeloupe (DEAL Guadeloupe, 2013).

La quasi-totalité de ces cours d'eau prennent leur source dans le massif montagneux volcanique de Basse-Terre, et sont également alimentés par les eaux de ruissellement des précipitations et soutenus par de petites nappes perchées. Leur régime hydrologique est de type torrentiel et largement influencé par les pluies journalières et les variations climatiques saisonnières (DEAL Guadeloupe, 2013). En outre, dans la description du réseau hydrographique de la Basse-Terre, Chaperon et al. (1983) ont signalé la présence de nombreuses sources thermominérales et d'étangs d'altitude (remplissage d'une cuvette de dépression dans les coulées de lave), notamment sur le flanc Sud-Est de la Soufrière, dont le plus important est le Grand Étang (12 à 15 hectares, profondeur atteignant 16 m) dont l'exutoire alimente la rivière Bananier.

I.3.3. Aperçus géomorphologique et géologique de la Guadeloupe

L'activité tectonique, et en particulier la subduction de la plaque Amérique sous la plaque Caraïbe il y a 55 millions d'années, est à l'origine d'une forte activité volcanique, qui a conduit à la naissance de l'archipel des Antilles et donc de la Guadeloupe. **Cette histoire géologique est à l'origine de contrastes saisissants du relief et des paysages, avec en particulier deux grandes catégories d'îles (Medde, 2012 ; Sar Guadeloupe, 2011 ; Hoepffner et al., 1985) :**

- **les îles volcaniques au relief marqué :**
 - Basse-Terre qui offre un étagement du relief relativement marqué, dont le point culminant est constitué par le volcan actif de la Soufrière (1 467 m), un massif dont la formation très récente. La chaîne de montagnes est d'orientation Nord-Sud et l'on retrouve au Nord-Est une plaine recouverte de dépôts volcano-sédimentaires,
 - les Saintes (Terre-de-Bas et Terre-de-Haut) dont le relief est également accidenté avec une altitude n'excédant pas 300 m, et présentant une alternance de mornes aux pentes raides et de vallées sèches ;
- **les îles calcaires, à soubassement volcanique et correspondant à d'anciens atolls exondés :**
 - Grande-Terre qui est un vaste plateau aux faibles reliefs, culminant à 135 m au « morne L'Escale » dans la région de Grands Fonds, la seule où l'on observe quelques reliefs, avec alternance de mornes et de vallées sèches,
 - Marie-Galante est un vaste plateau calcaire divisé en deux parties inégales par un relief nommé « barre de l'île » qui sépare Les Bas (au Nord) et Les Hauts (au Sud). Elle culmine à 204 m d'altitude au morne Constant,
 - la Désirade est une île calcaire de forme allongée (11 km sur 2 km, soit 22 km² environ) qui forme un vaste plateau incliné vers le Nord-Ouest. La Grande Montagne, qui atteint 275 m d'altitude, est son point culminant et lui donne une apparence de bastion ceinturé d'une haute corniche. Les côtes, plus découpées au Nord et à l'Est, sont souvent bordées de hautes falaises disséquées par l'érosion,
 - Petite-Terre qui se compose de deux îlets non habités, formés d'un plateau calcaire au relief plat, abritant une réserve naturelle.

En raison de ses caractéristiques géologiques, l'archipel de la Guadeloupe est classé en zone de forte sismicité (zone III). Il est soumis à un aléa fort résultant de la subduction de la plaque Nord-américaine sous la plaque Caraïbe qui progresse annuellement de deux centimètres environ, associé à une sismicité locale intraplaque Caraïbe (IEDOM, 2012).

D'après l'esquisse géologique de la Guadeloupe (Figure ci-après) élaborée par Legendre (2008), les îles volcaniques au relief marqué (Basse-Terre et les Saintes) sont sur l'arc récent des Petites Antilles à l'Ouest tandis que les îles calcaires à soubassement volcanique (Grande-Terre, Marie-Galante, la Désirade) sont sur l'arc ancien des Petites Antilles à l'Est. Les îles calcaires sont recouvertes d'épaisses séquences de plate-forme carbonatée récifale d'âge Plio-Quaternaire (-1,2 Ma à aujourd'hui), déposées de façon relativement continue jusqu'à leur émergence au Pléistocène (Samper, A. 2007 ; Léticée et al., 2005).

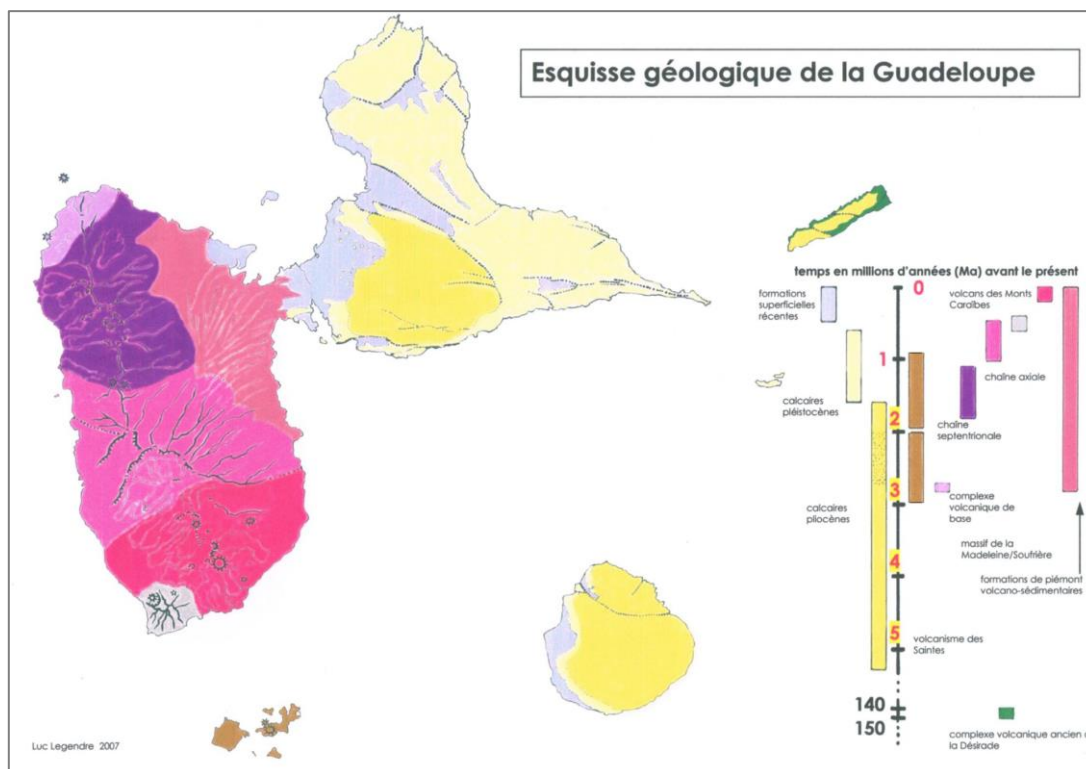


Figure 44 : Carte géologique de la Guadeloupe (Legendre, 2008).

I.3.4. Aperçu pédologique de la Guadeloupe

La distribution spatiale des grands groupes de sols de la Guadeloupe (Tableau ci-après) repose sur trois facteurs déterminants que sont le type de roches (volcaniques ou sédimentaires), la durée de la genèse (de 10^3 à 10^7 ans) et le climat, notamment la pluviométrie (Sierra et Desfontaines, 2018).

Tableau 3 : logique de distribution des sols de la Guadeloupe et de leurs principaux constituants minéraux, en fonction de leur âge, de la pluviométrie et des roches (Sierra et Desfontaines, 2018).

		Roches			
		Volcaniques		Sédimentaires	
				Calcaire	Alluvions marines
Age (années)		10^3-10^4	10^5-10^6	10^5-10^7	10^5-10^7
Pluviométrie (mm/an)	Silice et cations	Type de sol (classification FAO)			
	pH				
1000	Accumulation		Vertisols (smectite Mg+Ca)	Vertisols et Calcisols (smectite Ca)	Sols de mangrove
	Maintien				
1500	Exportation	Nitisols	Ferralsols		
	Forte exportation				
2000					
2500		Andosols			
≥3000					

Les smectites²⁸ sont plus magnésiennes lorsqu'elles sont issues des roches volcaniques et calciques sur roches sédimentaires du fait de l'abondance de ces éléments dans les roches mères respectives. Les sols de mangroves correspondent à l'entité « marines, salées et hydromorphes, à sulfure », de la carte ci-après (Figure ci-après).

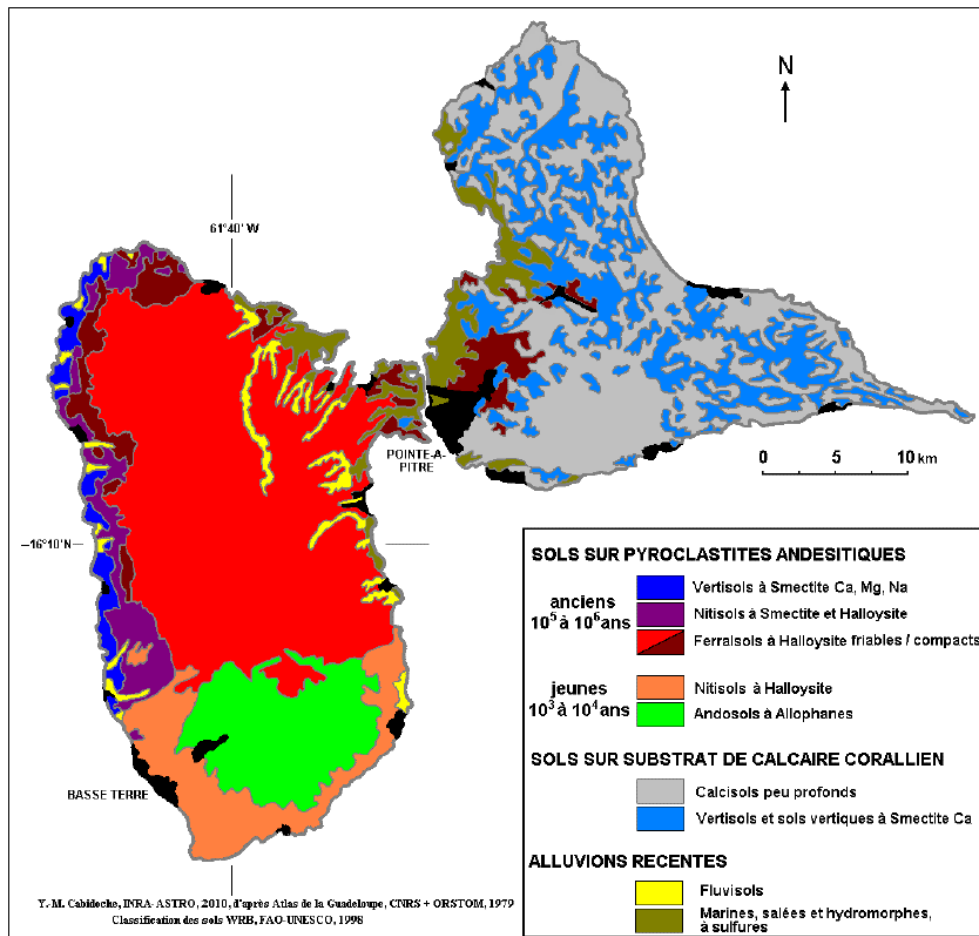


Figure 45 : Carte pédologique de la Guadeloupe (Sierra et Desfontaines, 2018).

D'après la carte pédologique illustrée par la Figure ci-avant, les principaux sols observés sur l'archipel de la Guadeloupe sont : les Vertisols, les Ferralsols, les Andosols, les Nitisols, les Fluvisols, et les sols hydromorphes des mangroves.

Le Tableau ci-après résume les principaux sols identifiés et leurs appellations correspondantes dans la WRB (2015) et le référentiel pédologique de 2008 (Baize et al., 2009), ainsi que leurs distributions et propriétés (Venkatapen, 2012) sur l'archipel de la Guadeloupe.

²⁸ Minéral du groupe des argiles (Foucault et al. 2020).

Tableau 4 : Principaux sols, ainsi que leurs distributions et propriétés (Sierra et Desfontaines, 2018) sur l'archipel de la Guadeloupe et leurs appellations correspondantes dans la WRB (2015) et le référentiel pédologique de 2008 (Baize et al., 2009). Les grands types de sols nommés dans ce document sont définis dans la quatrième partie.

Distribution et propriétés des principaux sols (Sierra et Desfontaines, 2018)	Rattachements possibles aux classifications actuelles	
	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)
Vertisols : développés sous un climat subhumide à saison sèche marquée (pluviométrie moyenne inférieure à 1 500 mm/an) sur des roches sédimentaires ou volcaniques anciennes de l'archipel de la Guadeloupe (Grande-Terre, Marie-Galante, et une partie de la côte sous-le-vent). Ces sols, de pH neutre, contiennent des argiles du type 2/1 (smectite ; taux d'argile d'environ 80 %) avec une forte CEC et une richesse en Ca et Mg variant selon l'origine de la roche : plus riches en Ca dans les Vertisols développés sur des supports calcaires (Grande-Terre et Marie-Galante) et plus riches en Mg dans les Vertisols d'origine volcanique (Côte sous-le-vent). Ils sont répartis sur des zones de plateaux aux faibles reliefs.	Vertisols	Vertisols
Ferralsols : développés sous un climat tropical humide (pluviométrie moyenne variant de 1 500 et 2 500 mm/an) sur des dépôts volcaniques anciens de la Guadeloupe (centre et Nord de la Basse-Terre). Ces sols contiennent des oxyhydroxydes de fer ²⁹ et des argiles du type 1/1 (notamment l'halloysite ³⁰) avec un pH acide, en raison d'une forte altération des minéraux primaires volcaniques.	Ferralsols	Ferrallitols
Andosols : développés sous un climat tropical très humide à forte pluviométrie (en moyenne supérieure à 2 500 mm/an) sur des dépôts volcaniques récents (Holocène). Ils sont répartis en altitude sur les flancs des montagnes et hauts reliefs au Sud de la Basse-Terre. Ce sont des sols jeunes et peu évolués, constitués d'allophanes ³¹ et d'autres minéraux amorphes ³² , très hydratés et hydroxylés. Les minéraux primaires sont abondants (cendres volcaniques) et ces sols possèdent une CEC, une CEA ³³ et une infiltrabilité élevée.	Andosols	Andosols
Nitisols : développés sous une pluviométrie moins intense avec une saison sèche marquée au pied des régions volcaniques (régions côtières du Sud de la Basse-Terre, côte sous-le-vent). Ces sols contiennent des argiles de type 1/1 (halloysite) et par endroit en mélange avec les argiles de type 2/1. Il s'agit des sols intermédiaires entre les Ferralsols (hauts reliefs avec forte pluviométrie) et les Vertisols (bas-reliefs avec faible pluviométrie).	Nitisols	Nitosols
Fluvisols : développés sur des alluvions fluviales le long des cours d'eau. Du point de vue minéralogique, ces sols peuvent être relativement homogènes ou hétérogènes en raison de la grande variabilité des roches originaires situées en	Fluvisols	Fluvisols

²⁹ Ensemble des oxydes et des hydroxydes de Fe hydratés ou non, qui sont souvent associés entre eux avec des degrés d'oxydation divers. Seule une étude approfondie, longue et coûteuse, peut permettre de les distinguer et de les quantifier. Oxyhydroxydes de fer : goethite, hématite, lépidocrocite et magnétite. Source : <https://skosmos.loterre.fr>.

³⁰ Minéral argileux voisin de la Kaolinite mais hydraté, à feuillets épais de 1 nm (Foucault et al. 2020).

³¹ Aluminosilicate hydraté $Al_2O_3(SiO_2)_{1,3-2} (H_2O)_{2,5-3}$, mal cristallisé, voisin des minéraux argileux auxquels il paraît souvent faire transition (Foucault et al. 2020).

³² Substances minérales à l'organisation atomique non cristalline, atomes constitutifs non disposés selon un réseau régulier.

³³ La CEA (capacité d'échange anionique) est la capacité d'un sol à retenir les anions, à l'image de CEC pour les cations.

Distribution et propriétés des principaux sols (Sierra et Desfontaines, 2018)	Rattachements possibles aux classifications actuelles	
	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)
amont du bassin versant. Ils occupent des positions basses dans les paysages, et sont marqués par la présence d'une nappe phréatique alluviale permanente ou temporaire, et un risque d'inondation en période de crue.		
Les sols hydromorphes de mangrove : développés sur des alluvions marines et lacustres dans les régions côtières (dans les plaines des deux Culs-de-sac marins et dans certaines zones de marée) de l'archipel de la Guadeloupe. Ces sols de type « peuvent » être très riches en nutriments, en raison de certains processus chimiques et physico-chimiques (phénomènes de réduction et de solubilisation).	Gleysols	Sulfatosols

1.3.5. Aperçu des paysages en Guadeloupe

Répartie sur trois grandes entités archipélagiques (Basse-Terre, Grande-Terre et Iles du Sud), la Guadeloupe présente un large panel de paysages et milieux dont la répartition est conditionnée en premier lieu par l'altitude et l'exposition (effet de Foehn). L'atlas des paysages de Guadeloupe de 2012 identifie 4 grands ensembles paysagers :

- **Les paysages forestiers des reliefs de l'Ouest se composent de plusieurs types d'habitat liés à la pente et à l'humidité.** Les sommets les plus hauts présentent une mosaïque d'habitats de forêts altimontaines, de hauts fourrés d'altitude (dominés par le palétuvier montagne (*Clusia mangla* Rich. ex Planch. & Triana, 1860)) et de savanes d'altitude. Ces formations entremêlent ligneux, herbacées et épiphytes adaptés à l'hygrométrie ambiante qui accompagne la forte couverture nuageuse. Ces écosystèmes, à l'abri des atteintes par leur inaccessibilité, présentent un fort d'endémisme.
- **Les secteurs les plus abrupts se composent majoritairement de milieux forestiers tropicaux mésophiles et hygrophiles** (le terme « hygrophile » dans ce territoire est à comprendre comme le fait que la flore est associée à une humidité atmosphérique ambiante importante et prolongée voire permanente, le terme « hygrophile » n'indique pas nécessairement ici des conditions d'engorgement du sol prolongée voire permanente comme en métropole) sur sols riches et humides. En fonction de l'accessibilité, ces territoires très boisés s'intercalent avec les végétations anthropiques de jardins créoles et de cultures de bananes. Les paysages de bas de pente sont plus contrastés, avec des cultures agricoles diversifiées (parfois étagées), de l'urbanisation diffuse et des milieux boisés primaires ou secondaires. Le réseau hydrographique forme des ravines plus ou moins encaissées qui s'élargissent à l'aval débouchant sur de grandes zones humides littorales.
- **Les zones plus sèches, sur sol calcaire, favorisent l'installation de forêts semi-décidues et sempervirentes saisonnières**, essentiellement secondaires où subsistent encore quelques îlots de forêts primaires en bord de falaise et de ravines. Les forêts sèches constituent un des écosystèmes forestiers les plus dégradés par le développement des activités humaines. Le mitage repousse les forêts xérophiles originelles dans les secteurs les moins accessibles en altitude ou le long du littoral. Les forêts littorales se développent plus difficilement en raison de la nature du sol, de la salinité, du soleil et du vent. Dans les zones les plus arides, les boisements sont remplacés par des cactées comme les figuiers de Barbarie (*Opuntia* sp.) ou les aloès (*Aloe* sp.) (voir figure ci-dessus).
- **Les paysages littoraux correspondent à une large zone le long du rivage marin** plus ou moins large en fonction du relief. Comme pour les milieux forestiers, la topographie joue un rôle majeur dans la distribution des milieux de la bande littorale. Ainsi, les secteurs les plus abrupts présentent des paysages de faciès rocheux ou de plages alors que les zones les plus planes se composent de grands complexes d'habitat de zones humides tel que les prairies, marais, forêts marécageuses et mangroves.
- **Les formations forestières littorales inondées** s'échelonnent en fonction de la saturation et de la salinité des eaux. Dans les zones les plus inondées, en eaux calmes, les mangroves forment de larges bandes forestières, souvent impénétrables, suivies de forêts marécageuses hautes et opaques. Les forêts marécageuses de Guadeloupe, formations largement dominées par le Mangle médaillé (*Pterocarpus officinalis* Jacq., 1763) est une des plus grandes forêts de ce type dans la Caraïbe.

- **En arrière de ces milieux boisés se développe un** complexe humide ouvert. Les formations herbacées inondables se distribuent au sein de deux grandes catégories d'habitat : les marais et les prairies humides pâturées (saumâtres ou d'eaux douces). Ces prairies, utilisées originellement à des fins pastorales, sont des milieux très riches en biodiversité. Naturellement, la transition entre les milieux humides littoraux et la plaine cannière est progressive, cependant le développement économique et démographique conduit les infrastructures à se reprocher toujours plus de ces habitats en régression. Le développement de canaux de drainage a favorisé ce phénomène.
- Les paysages de la plaine cannière de Grande-Terre, larges vallées modelées par les rivières et les traces d'anciens méandres, ont permis l'implantation de grandes parcelles agricoles et de zones urbaines plus ou moins denses. La culture de la canne donne son nom à ce paysage à forte vocation agricole. Même si la culture de la canne y est majoritaire, les cultures d'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr., 1917) et de bananes se maintiennent notamment dans le Sud. Les zones plus vallonnées ou proches du littoral sont un peu plus diversifiées par la présence de prairies pâturées. Ces activités agricoles présentent un contact net et brusque avec le massif forestier qui occupe les hauteurs (voir figure ci-dessus).
- Les paysages de plateau de Grande-Terre, présentent un relief globalement plan, ondulé et brisé par plusieurs failles majeures. Ces plateaux présentent un contact relativement brutal avec le littoral rocheux. Le climat local est le plus sec de l'archipel avec la présence de vent quasi-constant et un ensoleillement plus fort sur socle calcaire perméable. Ces conditions climatiques permettent l'installation de végétations xérophiiles et limitent le développement de grands boisements (forêt xérophiiles primaires) en dehors des fonds de vallées.
- La plantation de canne est historiquement présente dans les zones les plus planes avec un développement récent de maraîchage intensif comme la culture des melons (*Cucumis* sp.). Dans ces zones planes, l'érosion induit la formation de doline formant des mares plus ou moins temporaires qui constituent une part importante du réseau hydrographique et crée des îlots plus humides de fourrés et de boisements.

Quelques exemples de paysages typiques de la Guadeloupe sont illustrés sur les Figures ci-après.



Figure 46: Volcan de la Soufrière.



Figure 47 : Paysage de prairies et pâturages à Saint Bernard.

I.3.6. Aperçu de la biodiversité en Guadeloupe

Avec plus de 13 000 espèces, la Guadeloupe est le territoire des Antilles le plus riche en termes de diversité d'habitats et d'espèces. L'endémisme y est plus important que dans le reste des Petites Antilles. D'après le compteur de la biodiversité Outre-mer³⁴ en 2024, l'île compte 10 279 espèces indigènes et 1399 espèces endémiques sur un territoire de 1 628 km² couvert à 42 % par la forêt. Le territoire a accueilli le premier parc national dans les Outre-mer le 1989. Cependant les atteintes à la biodiversité sont fortes et 60 % des récifs coralliens sont en diminution.

Selon l'Inventaire National du Patrimoine Naturel en 2023, la flore de Guadeloupe compte 3 600 espèces terrestres et plus de 2 400 espèces indigènes. Au total, 214 espèces végétales sont des endémiques des Petites Antilles, parmi lesquelles 24 sont strictement endémiques de la Guadeloupe. Par ailleurs, environ 1 200 espèces exotiques ont été introduites comme le litchi (*Litchi chinensis* Sonn., 1782), la papaye (*Vasconcellea cauliflora* (Jacq.) A.DC., 1864) et la coco (*Cocos nucifera* L., 1753), à des fins agricoles, médicinales ou horticoles. Les 617 espèces de Bryophytes et les 308 espèces de Ptéridophytes représentent 3 % des espèces mondiales de ces deux groupes. Les espèces végétales indigènes de Guadeloupe représentent 10 % de la flore nationale et 15 % de la flore des Outre-mer français. Cependant, 15 % de la flore vasculaire est menacée, avec 256 menacées et 110 autres quasi-menacées, comme le Gaïac (*Guaiacum officinale* L., 1753 - en « danger ») et le cactus Tête à l'anglais (*Melocactus intortus* (Mill.) Urb., 1919 - en « danger critique ») et au moins 5 espèces ont déjà disparu (dont quatre orchidacées) (UICN, 2019).

Les eaux entourant l'archipel constituent une zone favorable à la reproduction de nombreuses espèces marines. Les récifs coralliens forment une barrière récifale dans le Grand Cul-de-sac Marin qui est une des plus importantes des Petites Antilles. Le territoire compte plus de 3 000 espèces d'invertébrés, dont 35 d'Arachnides, 3 espèces d'Amphibiens, dont 2 endémiques, 21 espèces de Squamate, dont 6 endémiques et 70 espèces d'oiseaux nicheurs, dont 14 endémiques comme le pic de Guadeloupe - *Melanerpes herminieri* (Lesson, 1830).

La faune mammalienne indigène compte 14 espèces de Chiroptères dont 6 sont endémiques des Petites Antilles et 3 espèces semblent endémiques de la Basse-Terre. Ce groupe est le plus original de l'arc antillais. Toutes les espèces de carnivores et de rongeurs sont des espèces introduites comme le Raton laveur - *Procyon lotor* (Linnaeus, 1758), introduit accidentellement des États-Unis d'Amérique au 19^e siècle et l'Agouti doré - *Dasyprocta leporina* (Linnaeus, 1758), rongeur introduit par les Amérindiens, probablement pour sa viande (UICN, 2021).

La Guadeloupe compte de nombreuses zones naturelles inscrites, classées ou incluses dans des périmètres de gestion de la biodiversité (INPN, 2024)³⁵ :

- 26 ZNIEFF I et II (marine et terrestre) ;
- 1 réserve biologique dirigée ;
- 2 réserves naturelles nationales ;
- 1 réserve de biosphère ;
- 1 site Ramsar ;
- 3 zones protégées de la convention de Carthagène (Caraïbes) ;
- 1 parc naturel national ;

³⁴ <https://biodiversite-outre-mer.fr/>

³⁵ <https://inpn.mnhn.fr/docs/communication/Carte-Panorama-biodiversite-et-aires-protgees-2020-IGN.pdf>

- **des arrêtés de protection de biotope et terrains acquis par le conservatoire du Littoral.**

Quelques illustrations sont proposées afin d'illustrer la richesse des écosystèmes de la Guadeloupe sur les Figures ci-après.



Figure 48 : Forêt pluvieuse près de l'étang Zombis.



Figure 49 : Mangrove près de Bebel.

I.3.7. Aperçu des pressions et menaces sur les milieux naturels guadeloupéens

L'atlas des paysages de Guadeloupe en 2012 et le Schéma d'Aménagement Régional de Guadeloupe (SAR, 2011) identifient les principales pressions et menaces du territoire.

Les milieux naturels guadeloupéens souffrent en premier lieu de l'urbanisation et de la périurbanisation. La pression démographique contribue à la création de grandes poches urbaines et de grandes zones industrielles (exemple de la zone artisanale de Jarry) qui se développent sur les zones agricoles et naturelles les plus accessibles. Ainsi, les nouvelles zones urbaines se développent en chapelet le long des grands axes routiers et sur les zones les plus planes du littoral (souvent des milieux de prairies humides). L'urbanisation a suivi la déprise agricole sans cohérence globale. Selon l'observatoire de l'eau de Guadeloupe et l'office de l'eau (donnée de 2020), 70% des stations de traitement des eaux usées ne sont pas aux normes. Cette vétusté des installations entraîne des rejets en milieux naturels d'eaux usées non traitées entraînant des pollutions aquatiques, maritimes et terrestres. Ces dysfonctionnements ont des conséquences importantes sur l'état des eaux littorales et contribuent en partie à la dégradation des récifs coralliens.

Les activités agricoles et forestières accompagnent cette mutation.

Selon le recensement agricole de 2020 (Agreste, 2020), les petites exploitations constituent la quasi-totalité des exploitations de Guadeloupe (97 %). Le nombre d'exploitations est en légère baisse sur le territoire avec cependant une augmentation de la surface moyenne de celle-ci (+10 % soit une moyenne de 4,4 ha par exploitation). Cette évolution accompagne le développement de la culture de canne à sucre. Environ 30 % des exploitations sont spécialisées dans cette culture au détriment de la culture de bananes qui est en net recul sur le territoire. Les cultures maraîchères suivent également cette intensification des pratiques agricoles avec, par exemple, le développement récent de grandes cultures de melon sur bêche. Cette intensification des pratiques agricoles peut ainsi contribuer à l'augmentation des intrants et au lessivage des sols. L'utilisation du chlordécone (pesticide largement utilisé de 1972 à 1993 sur les cultures de bananes) en est l'exemple le plus frappant sur le territoire.

60 % des exploitations détiennent des animaux (principalement des bovins). Les exploitations agricoles spécialisées dans la culture cannière et l'élevage bovin se retrouvent majoritairement dans les grandes plaines sèches dominées par des collines peu élevées et accessibles. Sur la période 2010-2020, le cheptel a continué à diminuer lentement, même si les Antilles se distinguent avec des taux supérieurs à la moyenne des DROM. La Guadeloupe présente encore 29 % des exploitations spécialisées dans l'élevage bovin à viande.

Certaines pratiques sylvicoles peuvent avoir un fort impact, ainsi les forêts sèches constituent un des écosystèmes forestiers les plus dégradés par le développement des activités humaines (prélèvements de bois pour le charbonnage et les défrichements agropastoraux). Ces forêts ont été les premiers milieux défrichés lors de la colonisation et il ne subsiste actuellement aucune forêt xérophile primaire en Guadeloupe. La forêt semi-décidue originelle et la forêt sempervirente saisonnière ne subsistent plus qu'à l'état de lambeaux ou d'îlots plus ou moins secondarisés.

La chasse peut avoir un impact important sur la ressource cynégétique avec la raréfaction des espèces. Ainsi, les espèces comme le pigeon à cou rouge (*Patagioenas squamosa* (Bonnaterre, 1792) et la colombe à croissants (*Geotrygon mystacea* (Temminck, 1811)) ont respectivement été retirées de la liste des espèces chassables en 2021 et 2023. Les moyens alloués aux contrôles sont faibles et les prélèvements illégaux resteraient encore largement sous-estimés.

D'autres activités humaines comme la pêche et la plaisance (8 ports de pêche principaux, 10 aménagements pour la pêche d'intérêts départementaux), les activités industrielles, l'exploitation de carrières et des énergies renouvelables suivent cette croissance démographique. Le développement touristique suit l'augmentation des flux maritimes avec le développement constant des croisières et du transport maritime. L'exploitation du tuf³⁶ présente également un impact non négligeable sur les milieux (16 carrières autorisées pour 1,09 million de tonnes/an - Bourdon, 2012). L'exploitation du tuf, qui ne nécessite pas de moyens techniques importants, s'est développée de manière illégale et augmente encore les impacts (non remise en état). Ainsi, l'arrêt de l'exploitation de ces structures illégales est souvent suivi par le développement de l'urbanisation non planifiée et les restes de production sont utilisés dans les remblais sur les zones humides pour encore favoriser le développement urbain.

Les zones humides de La Guadeloupe, comme partout dans le monde, sont encore trop souvent utilisées pour y développer des activités humaines qui y ont des impacts particulièrement importants. Elles sont encore comblées ou polluées et les sites qui ont résisté à ces pressions représentent un enjeu patrimonial majeur. Les cours d'eau sont préservés des dégradations sur l'amont des bassins versants, protégés par leurs faibles accessibilités, mais sont fortement impactés sur l'aval (prélèvements, rejets domestiques, pollutions industrielles, pollutions agricoles, artificialisation des berges, obstacles à la continuité écologique, etc.).

Les espèces exotiques envahissantes (EEE) sont une des préoccupations importantes en Guadeloupe. Avec 163 espèces EEE, soit 20 % des espèces totales (DEAL, 2013), les EEE représentent une menace en particulier sur les zones humides (Massettes (*Typha* sp.), Jacinthe (*Hyacinthus* sp.), laitue d'eau (*Pistia stratiotes* L., 1753) ...) et posent localement d'importants problèmes de gestion.

L'évolution du climat des Antilles françaises fait apparaître de grandes incertitudes sur l'augmentation des températures (de 1,5 à 2,5°C d'ici 2050) et la fréquence des précipitations

³⁶ Roche poreuse légère, souvent friable, formée de dépôts volcaniques ou calcaires. *Tuf basaltique, siliceux* (Centre national de ressources textuelles et lexicales).

extrêmes et des cyclones. L'augmentation des sécheresses et l'intensification de l'utilisation de l'eau provoquent un assèchement des zones humides et l'augmentation de la salinité des nappes par entrée d'eau de mer (Dupont, 2013).

Quelques exemples d'aménagements et de dégradations en Guadeloupe sont proposés sur les figures ci-après.



Figure 50 : Rejet d'eaux usées dans une mangrove au Gosier.



Figure 51 : Bas fond humide en friche agricole, drainé par des fossés à Saint-François.

I.4. La Réunion

La Réunion est une île située dans l'hémisphère Sud, au Sud-Ouest de l'océan Indien, et fait partie avec les îles Maurice et Rodrigues, de l'archipel des Mascareignes. De forme grossièrement elliptique, sur une longueur maximale de 70 km, sa surface est de 2 512 km² (CB Réunion, 2013 ; Medde, 2012).

I.4.1. Climat de La Réunion

Le climat de La Réunion est tropical humide, singularisé surtout par de grandes variabilités spatiales liées à la géographie de l'île. L'influence du relief est tout aussi fondamentale que les effets de l'insularité. On y distingue deux saisons marquées : la saison pluvieuse qui s'installe de janvier à mars et la saison sèche, plus longue, débute au mois de mai pour s'achever au mois de novembre. En outre, La Réunion est soumise à des aléas cycloniques (Medde, 2012).

La carte des isohyètes annuelles (Figure ci-après) montre une grande dissymétrie entre l'Est et l'Ouest de La Réunion. Les précipitations sont peu abondantes à l'Ouest ; en revanche, plus on évolue vers l'Est, plus les cumuls de pluie augmentent, jusqu'à atteindre des valeurs dépassant 10 000 mm/an, ce qui est tout à fait exceptionnel à l'échelle mondiale. À l'Ouest, c'est sur le littoral qu'il pleut le moins, en particulier autour de Saint-Gilles-les-Bains (525 mm/an) ; par contre, la pluviosité augmente au fur et à mesure que l'on s'élève. On note ainsi, par exemple, un petit noyau pluvieux au niveau de la plaine des Males (2 m/an). À l'Est, deux zones sont particulièrement arrosées : la région de Takamaka (7 m/an) et tout l'Est du volcan où l'on enregistre les valeurs les plus élevées (plus de 11 m/an dans les hauts de Sainte-Rose) (Diren Réunion, 2005). Les hauts reliefs de l'île, les massifs du Piton des Neiges et du Piton de la Fournaise, sont la cause de cette dissymétrie Est/Ouest. Qu'elles soient d'origine advective ou d'évolution diurne, les précipitations tendent à se concentrer sur les régions directement exposées à l'humidité océane apportée par les alizés de secteur Est ; on parle de région « au-vent ». À l'inverse, les régions « sous-le-vent » bénéficiant de l'abri du relief, sont beaucoup plus sèches et les régimes de brise y sont prédominants. Pour un secteur donné, quand on s'élève du littoral au sommet de l'île, les foyers de précipitations les plus intenses se rencontrent aux altitudes intermédiaires, entre 1 000 et 2 000 m (Météo – France, 2022).

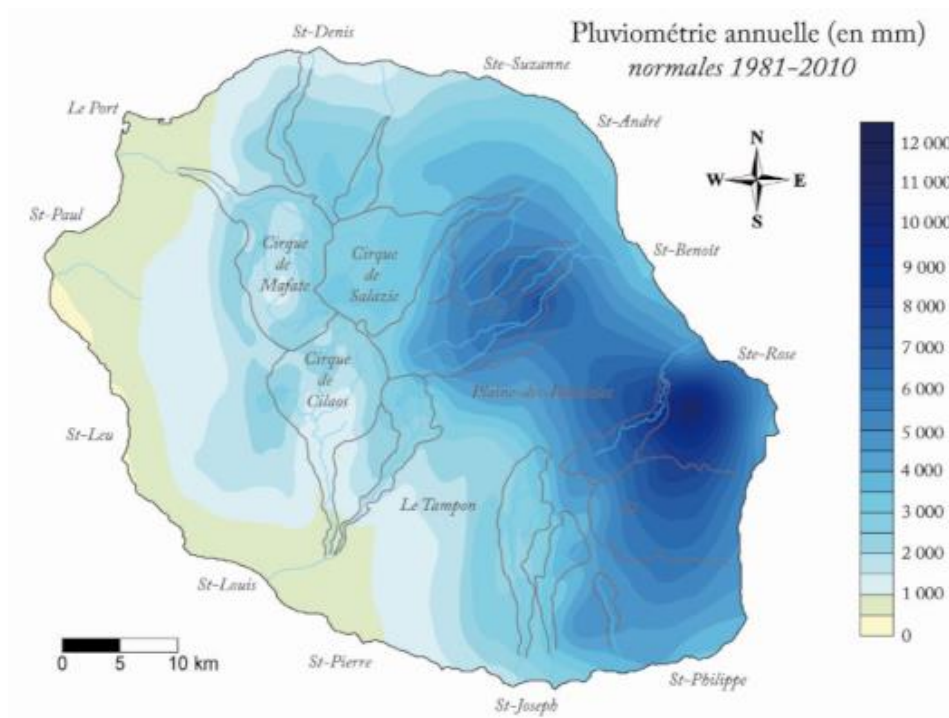


Figure 52 : Carte de la pluviométrie moyenne annuelle de La Réunion (Météo – France, 2022).

Le climat de La Réunion est caractérisé par la douceur de ses températures, en raison de la position géographique de l'île (ni trop près ni trop loin de l'équateur), et surtout du rôle régulateur de l'océan et des alizés. La côte Est un peu plus fraîche que la côte Ouest (de 2°C en moyenne) à cause des alizés qui rafraîchissent la côte au vent (ventilation, nébulosité, précipitations). Les températures moyennes sont plus homogènes le long des côtes durant toute l'année (Figure ci-après), phénomène principalement dû aux brises et à l'océan qui contribuent à équilibrer les températures. La différence de température entre la côte et les hauts reliefs est plus faible en été qu'en hiver, saison durant laquelle des températures très faibles peuvent être enregistrées sur les sommets (Météo – France, 2022).

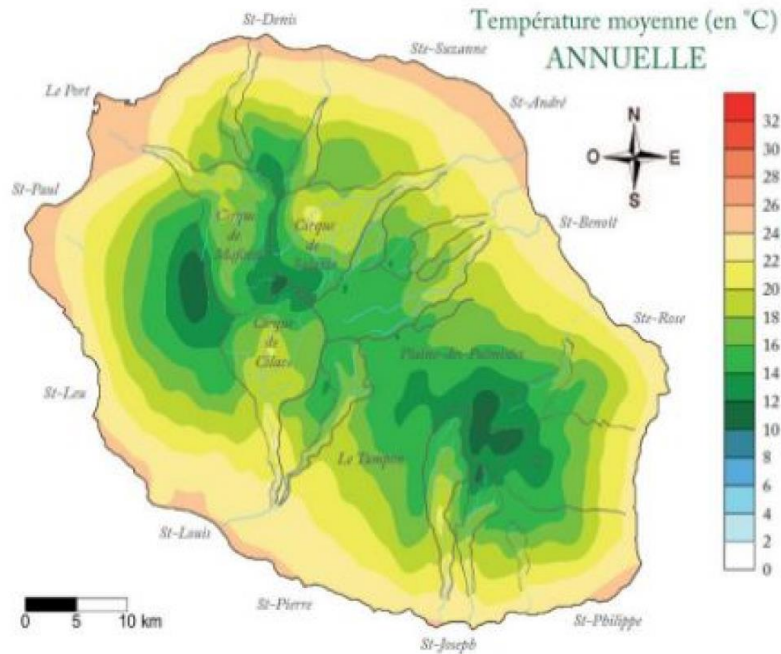


Figure 53 : Carte de température moyenne annuelle de La Réunion (Météo – France, 2022).

Le contraste entre la saison dite sèche et la saison pluvieuse est facile à distinguer sur les diagrammes ombrothermiques de stations météorologiques réparties dans des contextes variés de La Réunion (Figures ci-après). À noter que le long de la frange côtière au Nord et à l’Ouest de l’île, de mai à novembre, de véritables mois secs successifs sont souvent observables durant l’essentiel de cette saison. Ils sont particulièrement marqués selon les localités.

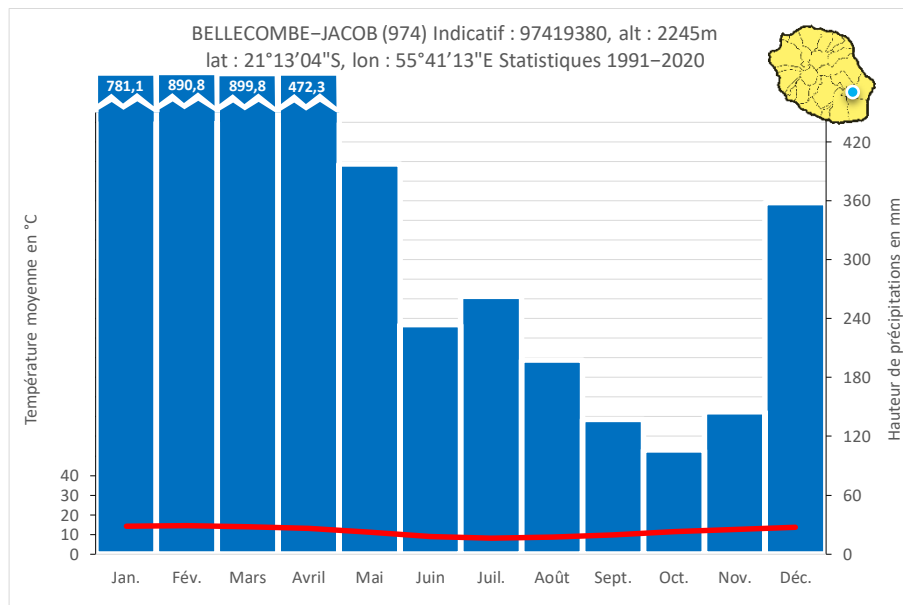


Figure 54 : Diagramme ombrothermique à Bellecombe-Jacob. Source : Météo-France.

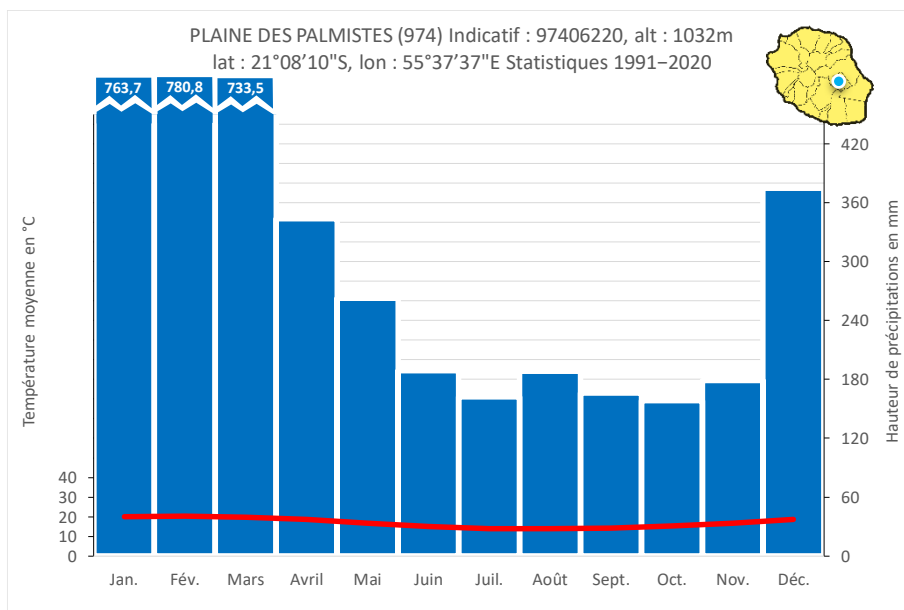


Figure 55 : Diagramme ombrothermique à La Plaine-des-Palmistes. Source : Météo-France.

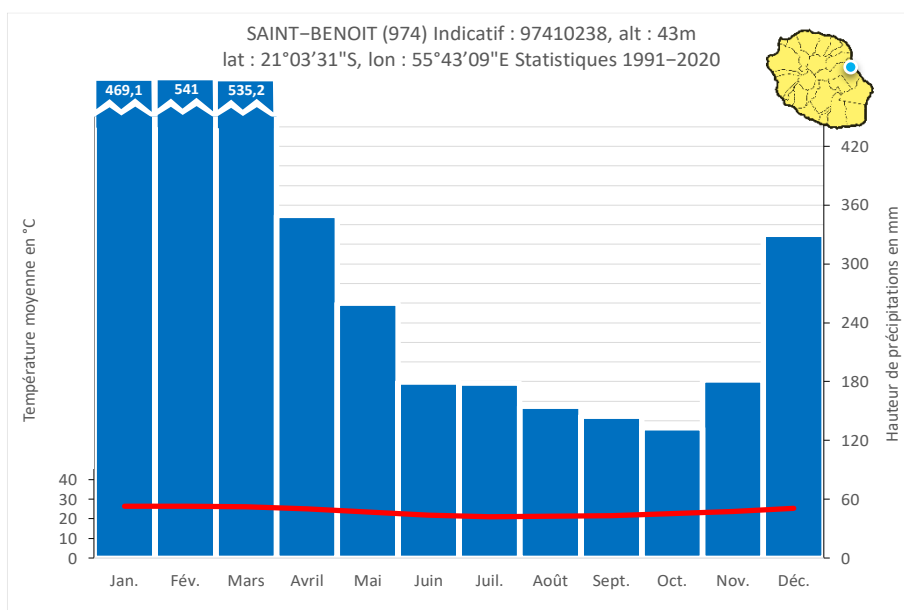


Figure 56: Diagramme ombrothermique à Saint-Benoît. Source : Météo-France.

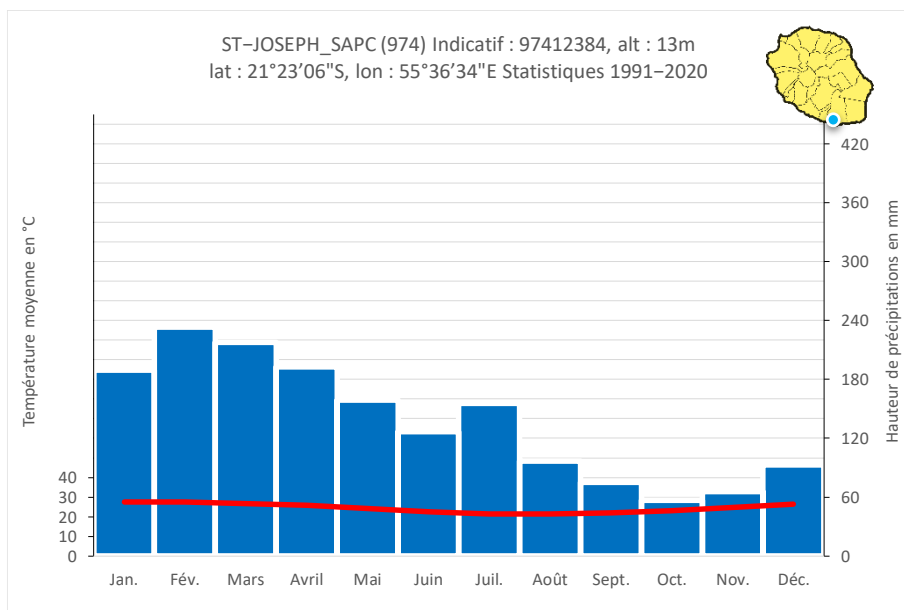


Figure 57 : Diagramme ombrothermique à Saint-Joseph. Source : Météo-France.

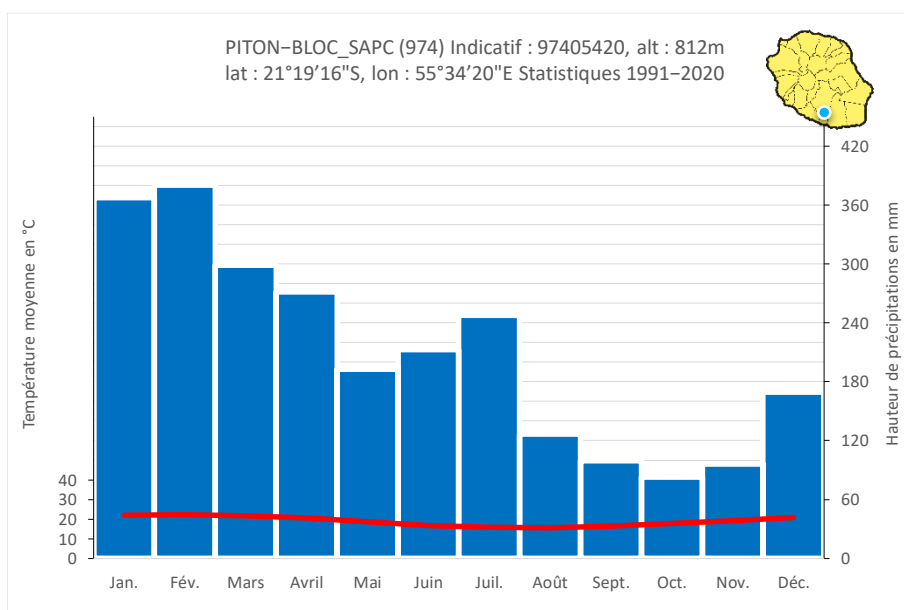


Figure 58 : Diagramme ombrothermique à Petite-Île. Source : Météo-France.

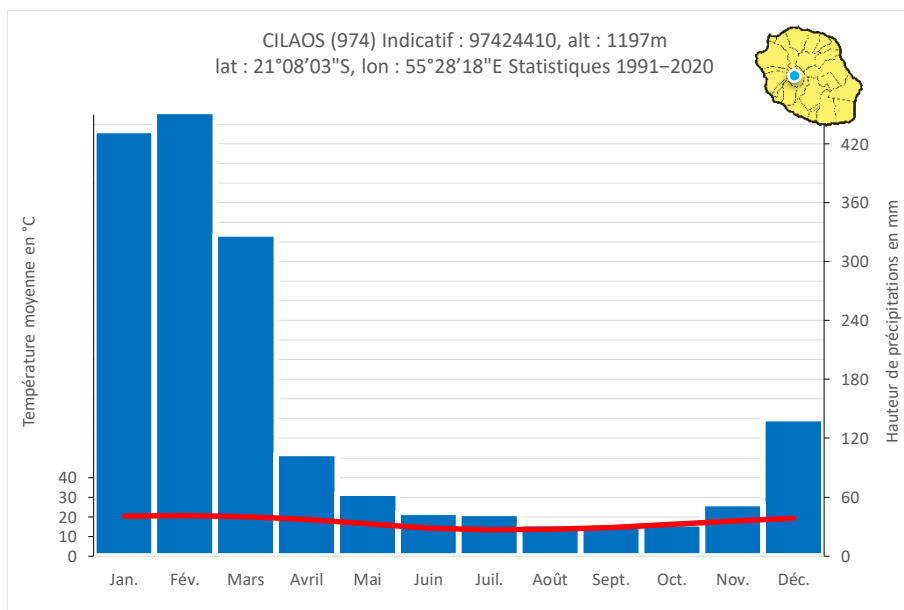


Figure 59 : Diagramme ombrothermique à Cilaos. Source : Météo-France.

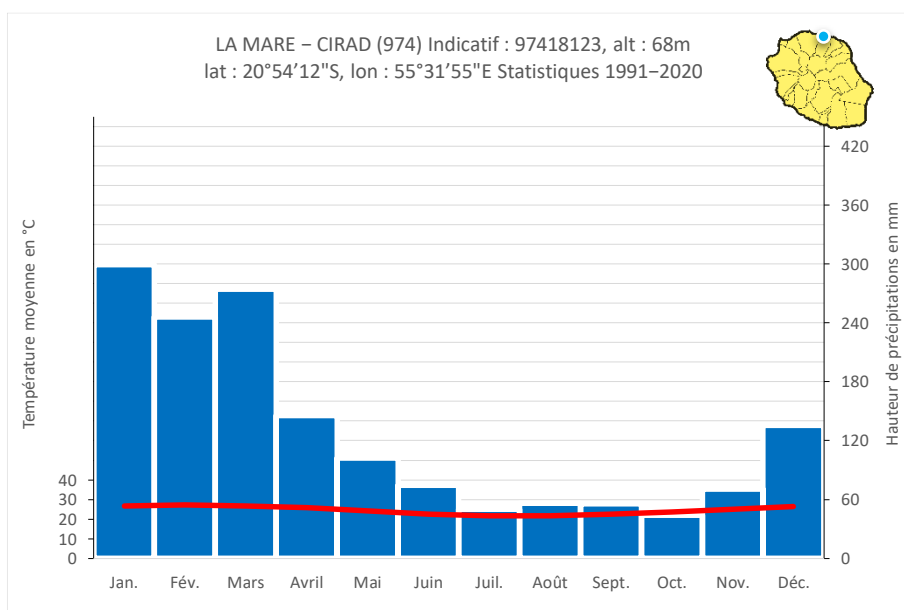


Figure 60 : Diagramme ombrothermique à la Mare. Source : Météo-France.

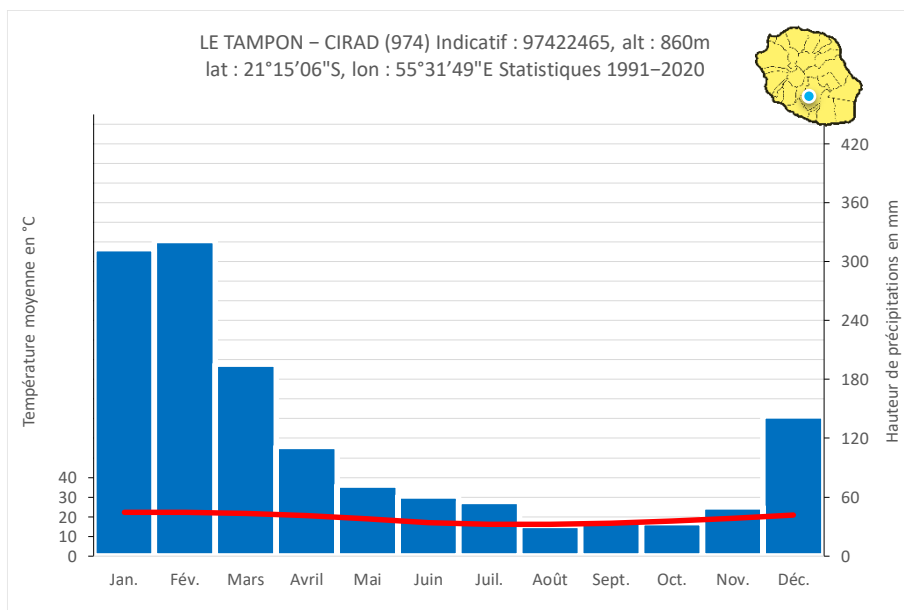


Figure 61 : Diagramme ombrothermique au Tampon. Source : Météo-France.

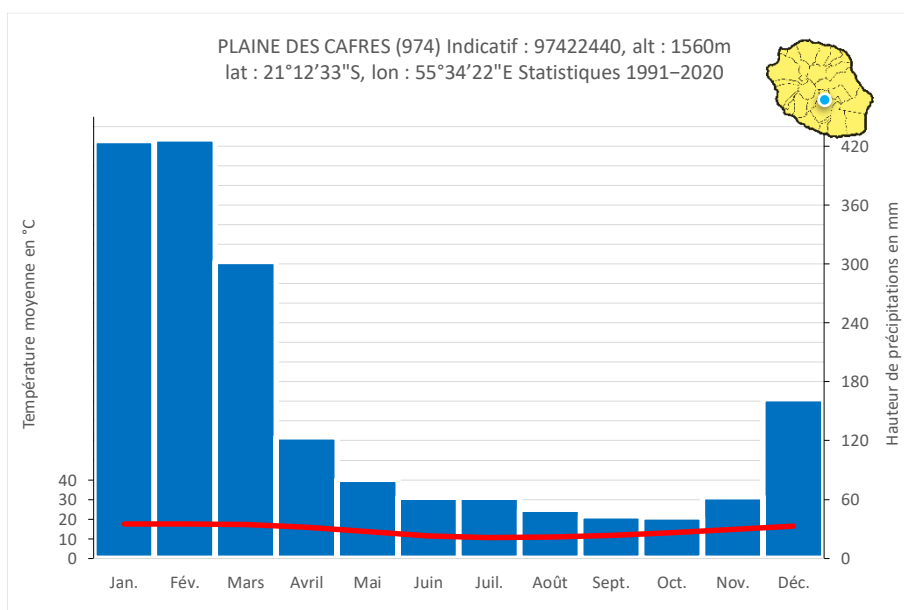


Figure 62 : Diagramme ombrothermique à la Plaine des Cafres. Source : Météo-France.

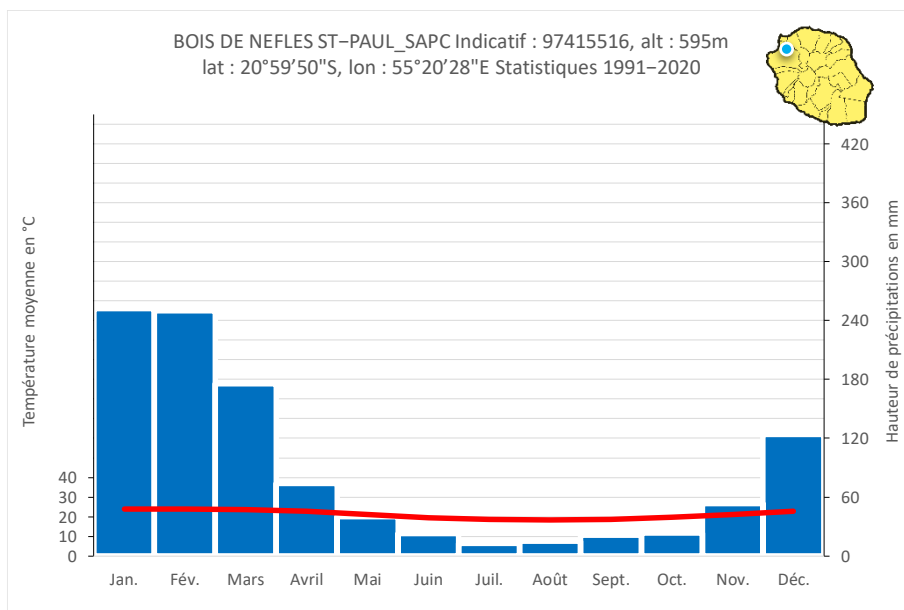


Figure 63 : Diagramme ombrothermique à Saint-Paul. Source : Météo-France.

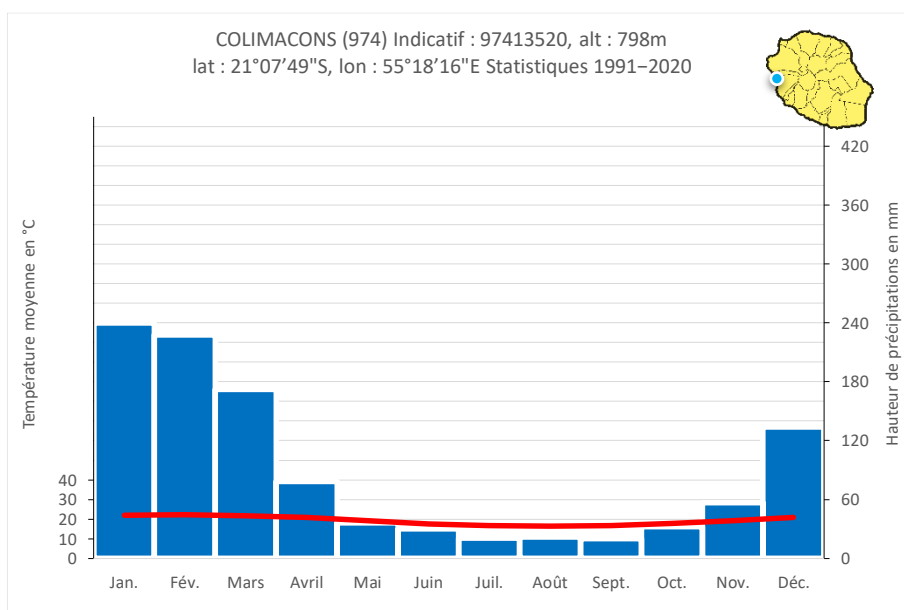


Figure 64 : Diagramme ombrothermique à Saint-Leu. Source : Météo-France.

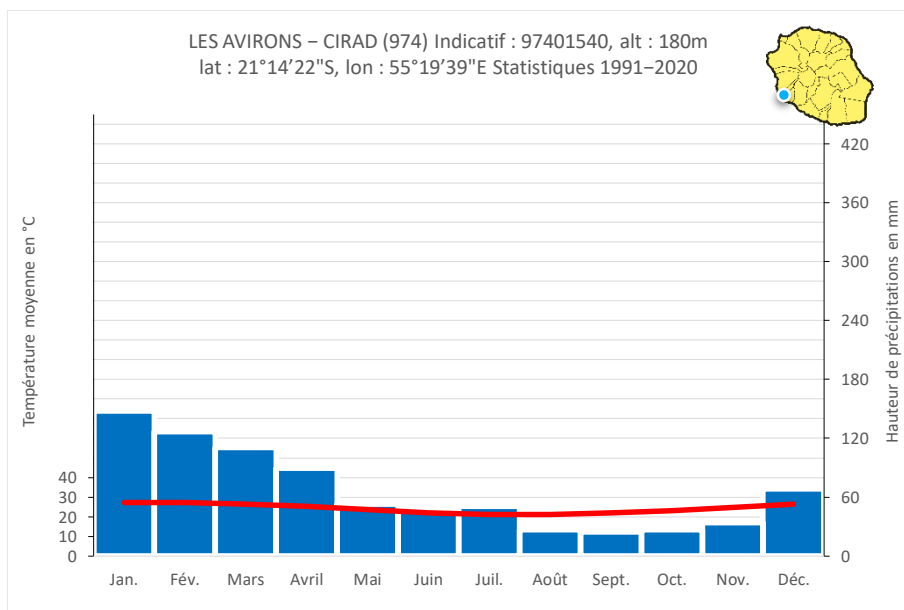


Figure 65 : Diagramme ombrothermique aux Avirons. Source : Météo-France.

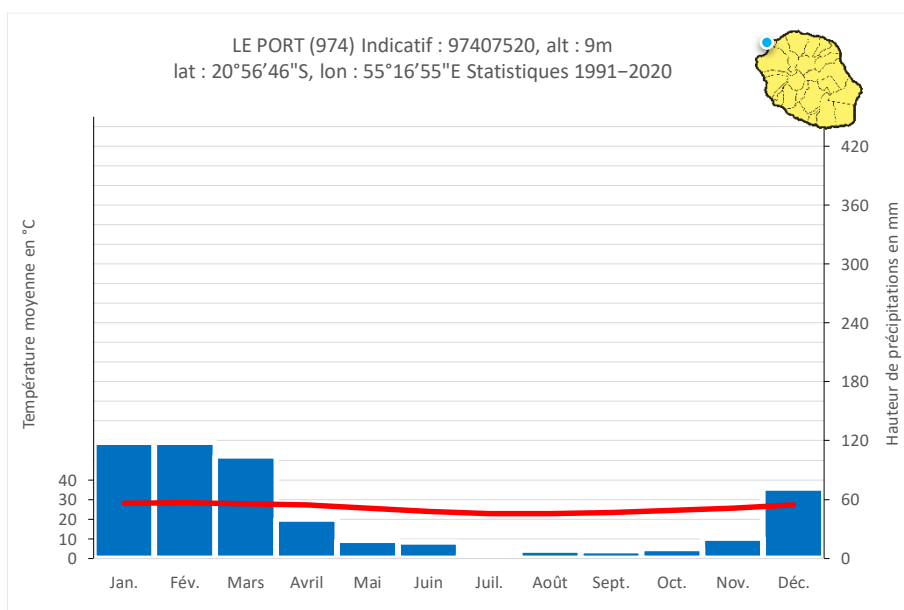


Figure 66: Diagramme ombrothermique au Port. Source : Météo-France.

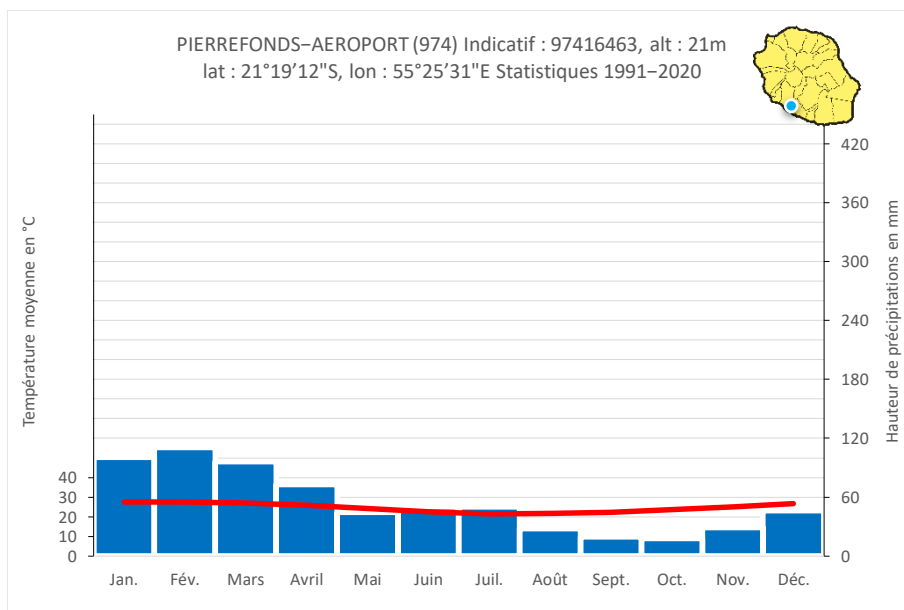


Figure 67 : Diagramme ombrothermique à Saint-Pierre. Source : Météo-France.

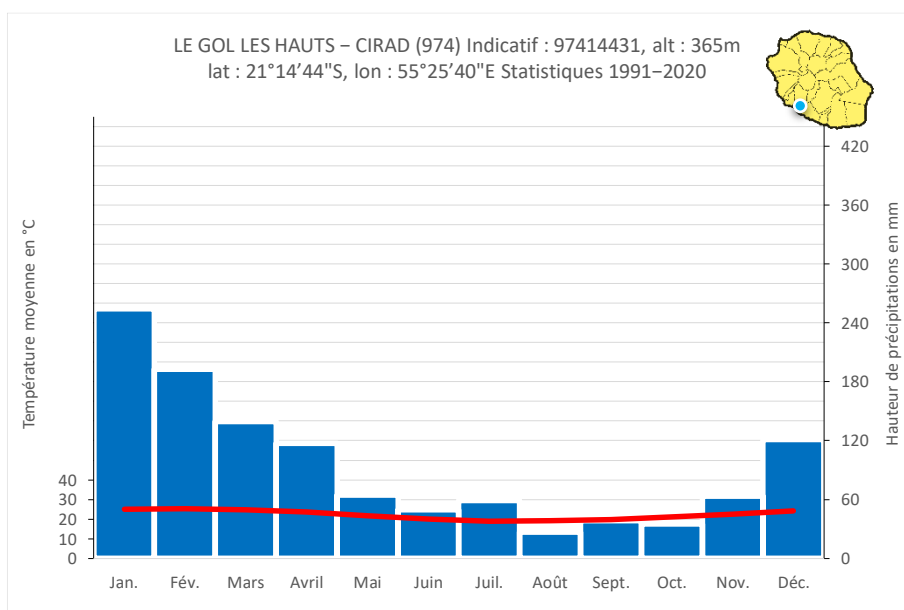


Figure 68 : Diagramme ombrothermique à Saint-Louis. Source : Météo-France.

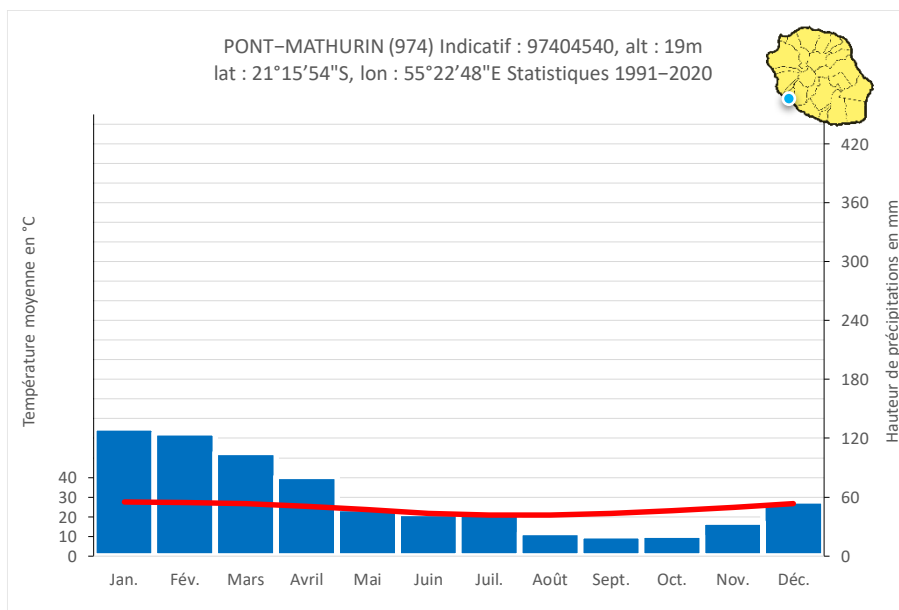


Figure 69 : Diagramme ombrothermique à l'Étang-Salé. Source : Météo-France.

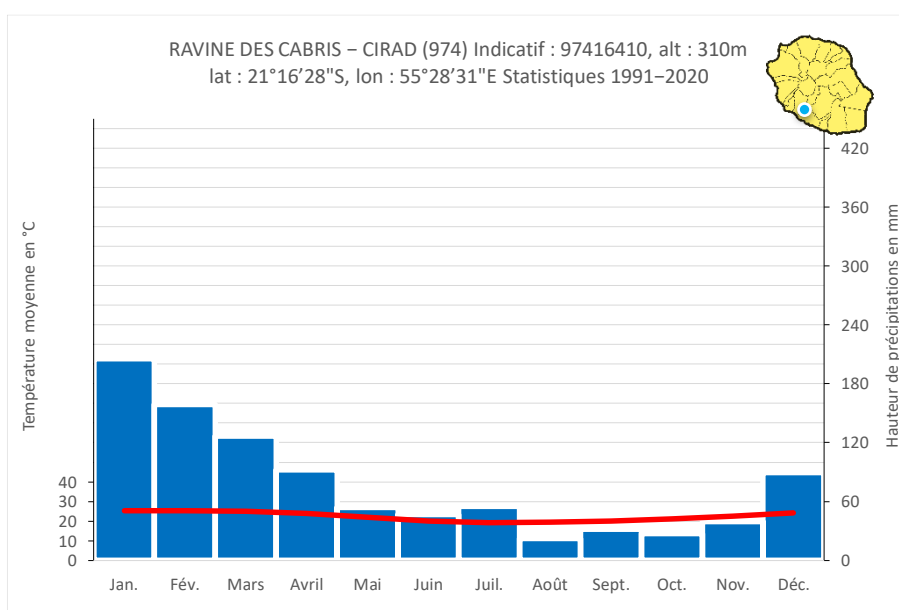


Figure 70 : Diagramme ombrothermique à la Ravine des Cabris. Source : Météo-France.

1.4.2. Hydrographie de La Réunion

Les milieux continentaux de La Réunion comprennent un réseau hydrographique extrêmement dense composé des rivières pérennes (treize principales), des ravines intermittentes (environ 750 au total) qui s'assèchent hors période de pluies, des milieux humides (mares d'altitude et littorales, lacs de cratère...), des plans d'eau littoraux et d'altitude (trois étangs littoraux et plusieurs petits plans d'eau intérieurs), ainsi que des nappes souterraines (DEAL La Réunion, 2014). Du fait des fortes pentes des terrains, les cours d'eau ont généralement un écoulement torrentiel, avec des crues extrêmes et rapides pendant la saison des pluies (de décembre à avril) ; l'eau est donc très rapidement évacuée vers l'océan. Les bassins sur la côte au vent reçoivent des précipitations suffisantes toute l'année, ceux sur la côte Ouest bénéficient d'apports en eaux souterraines. Sur la

partie Ouest de l'île, en raison de la faible pluviosité, seuls deux cours d'eau pérennes sont présents sur la côte au vent :

- la rivière des Galets qui draine un vaste bassin versant (112 km²), constitué notamment du cirque de Mafate ;
- la ravine Saint-Gilles, qui bénéficie d'apports souterrains significatifs.

Au Sud-Ouest, la rivière Saint-Étienne draine le bassin versant (213 km²) du cirque de Cilaos et de celui de Grand Bassin. Les parties Est et Nord de l'île, plus arrosées, sont parcourues par de plus nombreux cours d'eau pérennes, avec des bassins versants restreints de 30 à 70 km², sauf pour la rivière des Marsouins dont le bassin versant atteint 109 km² (CB Réunion, 2013 ; Medde, 2012 ; Diren Réunion, 2005).

Les pluies qui alimentent les rivières et les nappes sont maximales en janvier et en février, au passage des cyclones tropicaux. Les hautes eaux ont lieu au milieu de la fin de la saison chaude (de janvier à mars) et les basses eaux à la fin de la saison fraîche (de septembre à décembre) (CB Réunion, 2013 ; Diren, 2005).

Le couplage des deux principaux facteurs les plus discriminants que sont la pluviométrie (présentant des valeurs régionalement les plus contrastées) et la géomorphologie des bassins versants des rivières (bassins issus des cirques d'altitude des deux « pitons » et bassins versants des cônes volcaniques), a conduit à la délimitation de six hydro-écorégions (Figure ci-après) (Wasson et al., 2004).

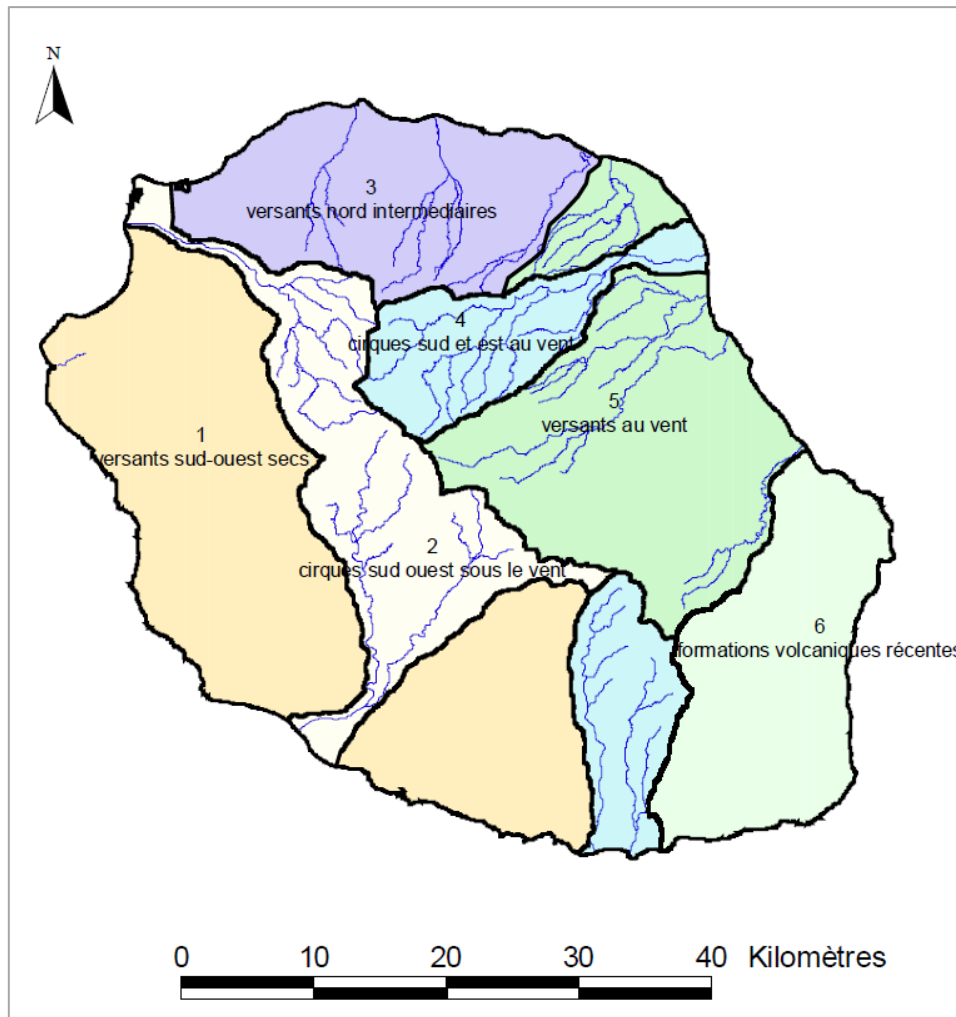


Figure 71 : Carte des hydro-écorégions de l'île de La Réunion (Wasson et al., 2004).

I.4.3. Aperçus géomorphologique et géologique de La Réunion

L'île de La Réunion est la partie émergée d'un strato-volcan de 7 000 m de hauteur, posé sur le plancher de l'océan Indien. L'île est compacte et présente un relief fortement accidenté (Figure ci-après) (Raunet, 1991). En effet, elle est formée de deux massifs volcaniques ou cônes basaltiques jumelés : le Piton des Neiges (3 069 m) et le Piton de la Fournaise (2 631 m). Le plus ancien, le Piton des Neiges, s'est construit, pour sa partie aérienne, entre 2 millions d'années et 150 000 ans environ. Il est creusé par l'érosion en trois grands cirques de 1 000 à 2 000 m de profondeur, dont les exutoires forment des gorges jusqu'à la mer. Le plus récent, le Piton de la Fournaise, est apparu au Sud-Est il y a plus de 500 000 ans et reste actif. Ces deux volcans sont formés d'un empilement sur plusieurs milliers de mètres d'épaisseur d'une alternance de « laves-scories » compartimentées par des dykes (fissures de remontées de laves). L'intérieur des cirques est partiellement occupé par des séries détritiques posées sur le socle volcanique généralement imperméable (CB Réunion, 2013 ; Medde, 2012 ; BRGM, 1986).

D'après ces références, les matériaux sont évacués vers les zones côtières où trois grandes plaines alluviales s'étalent au débouché des cirques :

- la plaine de la rivière du Mât (cirque de Salazie) ;

- la plaine du Gol à Pierrefonds, au débouché de la rivière Saint-Étienne (cirque de Cilaos) ;
- la plaine de la rivière des Galets (cirque de Mafate).

La rivière de l'Est sur les pentes du massif de la Fournaise et la rivière des Pluies au Nord ont également formé des cônes alluviaux significatifs (DIREN Réunion, 2005).

Au niveau du Piton des Neiges, quatre ensembles chronostratigraphiques ont été isolés : une série d'océanites anciennes (basalte très riche en olivines) à la base entre 2,1 et 1,22 millions d'années, et trois séries alcalines différenciées sur une épaisseur de 2 000 m environ, entre 1 220 000 ans et 20 000 ans. Le volcan évolue en volcan bouclier jusque vers 300 000 ans, période à partir de laquelle il produit de violentes explosions depuis sa zone centrale (aujourd'hui, le cœur des cirques) : nuées de cendres et ponces trachytiques (que l'on retrouve sur de grandes épaisseurs jusqu'à Saint-Pierre), d'ignimbrites³⁷ (dans le cirque de Salazie), de nuées à ponces et blocs (qui s'étendent du cirque de Mafate jusque dans la région du port). Le centre du massif s'effondre en caldera dont la trace se matérialise encore dans les cirques par des intrusions annulaires (*ring dykes*) de trachy-syérites. Le Piton des Neiges a déjà commencé à évoluer vers un strato-volcan à activité centrale : les pentes externes du sommet deviennent plus fortes, et cette morphologie se retrouve sur la pente incurvée allant de la forêt de Bébou au Piton des Neiges, rompant avec la forme en coupole générale (BRGM, 1986).

³⁷ Les ignimbrites, ou tufs soudés, sont des dépôts pyroclastiques fait de fragments de débris de lave et soudés entre eux avant leur refroidissement.

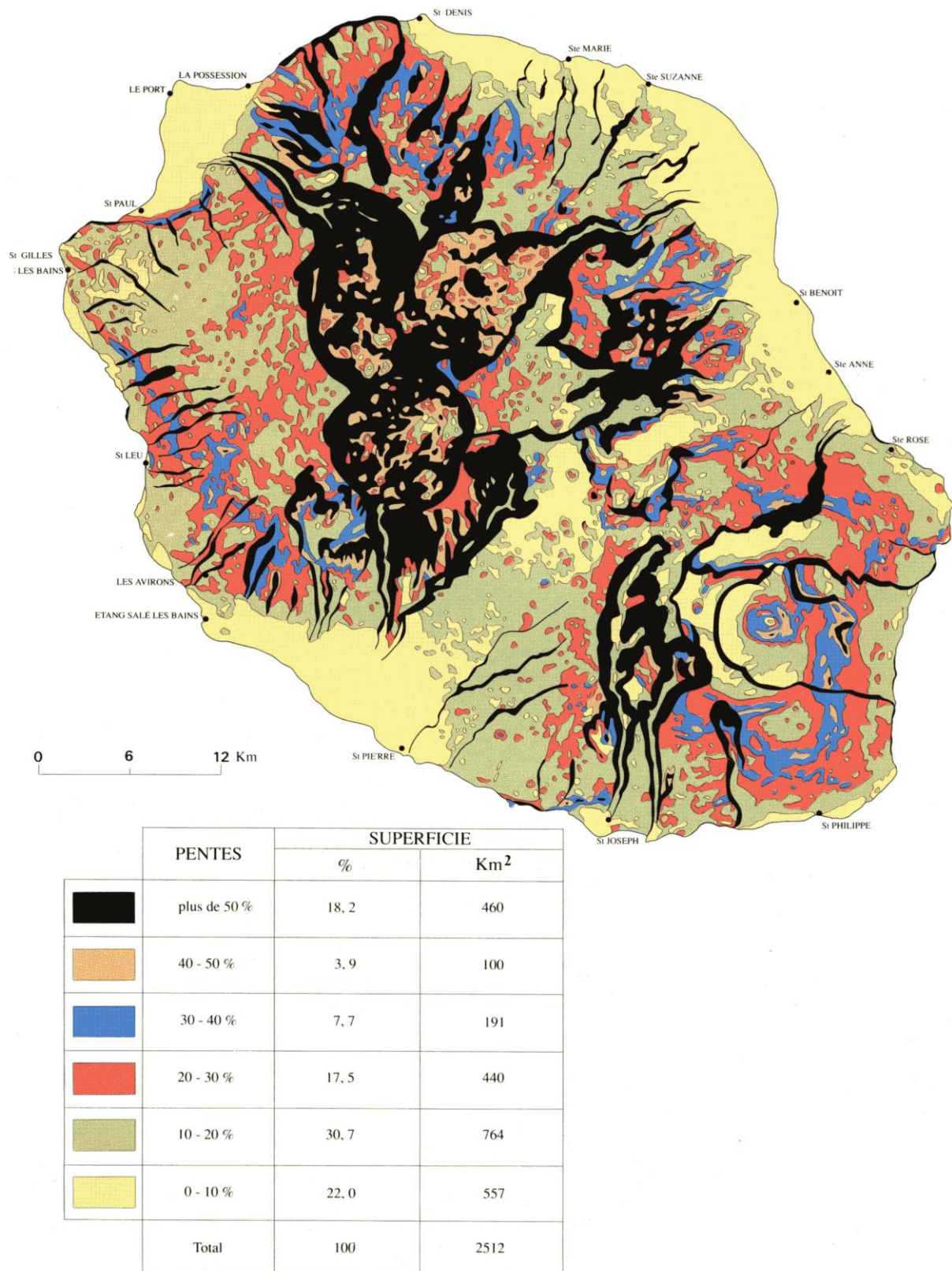


Figure 72 : Les classes de pentes générales de l'île de La Réunion (Raunet, 1991).

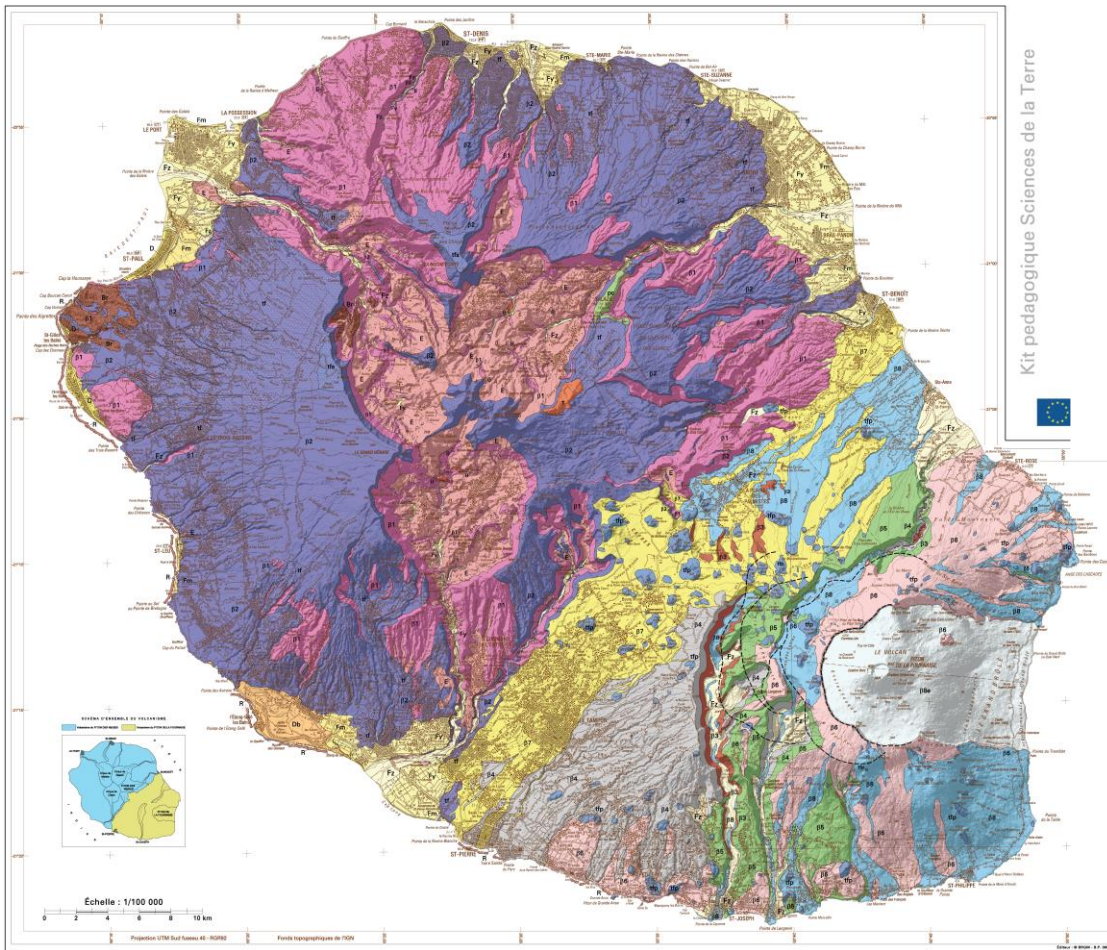
Le massif du Piton de la Fournaise, le volcan actuel (actif), s'est formé sur le flanc Sud-Est du Piton des Neiges, il y a 350 000 ans. Alors que celui-ci était encore en activité, dont l'activité perdue

aujourd'hui, il présente aujourd'hui trois remparts d'effondrement successifs (calderas) concentriques, ouverts vers l'Est (rivière des Remparts, rivière de l'Est, enclos Fouqué). Le magma émis est voisin de celui qui a produit les océanites anciennes du Piton des Neiges. Quatre ensembles chronostratigraphiques peuvent être distingués dans la série récente :

- de 300 000 à 170 000 ans : empilement de base, effondrement de la première caldera ;
- de 170 000 à 37 000 ans : deuxième phase émissive et formation de la deuxième caldera ;
- de 37 000 à 2 300 ans : phase récente et formation de la troisième caldera (Enclos Fouqué) ;
- de 2 300 ans à aujourd'hui : phase émissive actuelle du Grand Brûlé et de ses zones latérales.

Son évolution est moins avancée que celle du volcan du Piton des Neiges, et il n'est pas encore aujourd'hui un volcan-bouclier dont la forme en dôme aplati est caractéristique (BRGM, 1986).

La figure ci-après illustre la carte géologique de l'île de La Réunion, établie par Nehlig et al. (2006).



CARTE GÉOLOGIQUE DE LA RÉUNION

Echelle 1/100 000

2006

Massif du Piton de la Fournaise :
Patrick BACHELERY, Philippe MAIRINE et Olivier ODON
avec la collaboration de :
Nicolas ARNAUD, Thomas BOYER, Jean Luc HOAREAU,
Jean LAMBERT JOIN, Hamidou NASSOR, Bernard ROBINEAU,
Sabrina TECHER, Nicolas VILLENEUVE, Benoît WELSCH

Massif du Piton des Neiges :
Guy BILLARD, Patrick BACHELERY, Pierre NEHLIG
avec la collaboration de :
Laurent BRET, Yannick FEVRE et Olivier ODON

Réalisation de la carte :
Pierre NEHLIG, Jean Pierre QUINQUIS,
Marie BUCELLE, Olivier ODON

Formations superficielles

Dépôts alluviaux

- Fz Alluvions récentes
- Fy Alluvions anciennes

Dépôts littoraux et marins

- D Sables et galets de plage
- Fm Alluvions fluvio-marines
- Db Sables dunaires basaltiques
- R Récifs coralliens

Dépôts gravitaires

- E Dépôts de glissements en masse, de coulées de débris, éboulis

Massif du Piton de La Fournaise

- tfp Pitons et projections
- Série volcanique subactuelle (<5000 ans)
- β8 Coulées basaltiques
- β8e Coulées basaltiques dans l'Enclos

Série de la Plaine des Cafres (65 000 à 5000 ans)

- β7 Coulées basaltiques

Série Plaine des Sables (65 000 à 5000 ans)

- β6 Coulées basaltiques

Série des Remparts (150 000 à 65 000 ans)

- β5 Coulées basaltiques

Série du bouclier ancien (450 000 à 150 000 ans)

- β4 Coulées basaltiques

Série alcaline anté-Fournaise (530 000 à 450 000 ans)

- β3 Coulées différenciées

--- Accidents Fournaise

Massif du Piton des Neiges

Série différenciée (<340 000 ans)

- τ Coulées trachytiques du plateau de Belouve
- tfs Tufs soudés du Maito et de la Roche Écrite
- tf Tufs en épandages
- pc Coulées ignimbritiques
- Br Brèches d'avalanches de débris de Saint Gilles
- β2 Coulées (basalte, hawaïtes, mugéarites)

Série des océanites (>340 000 ans)

- β1 Coulées basaltiques à olivine

Intrusions

- θ Gabbros et syénites



Figure 73 : Carte géologique de l'île de La Réunion (Nehlig et al., 2006).

I.4.4. Aperçu pédologique de La Réunion

Les sols formés dans les différents contextes géographiques et géologiques de l'île de La Réunion sont très diversifiés et caractéristiques des sols tropicaux des régions volcaniques.

Les sols de l'île de La Réunion sont distribués selon une séquence altitudinale de grands types génétiques. Cette séquence est aussi climatique, car avec l'augmentation de l'altitude, on note une baisse des températures moyennes (0,7°C tous les 100 m), de l'ensoleillement, ainsi qu'une augmentation de la pluviosité annuelle (Feder et Bourgeon, 2009).

La carte morpho-pédologique de l'île de La Réunion, réalisée par Raunet (1989), indique les unités de pédopaysage qui peuvent regrouper plusieurs unités typologiques de sols (Figure ci-après) présente les principaux sols décrits par Raunet sur l'île de La Réunion dans son ouvrage de 1991 (Raunet, 1991), et leurs appellations correspondantes dans la WRB (2015) et le référentiel pédologique de 2008 (Baize et al., 2009).

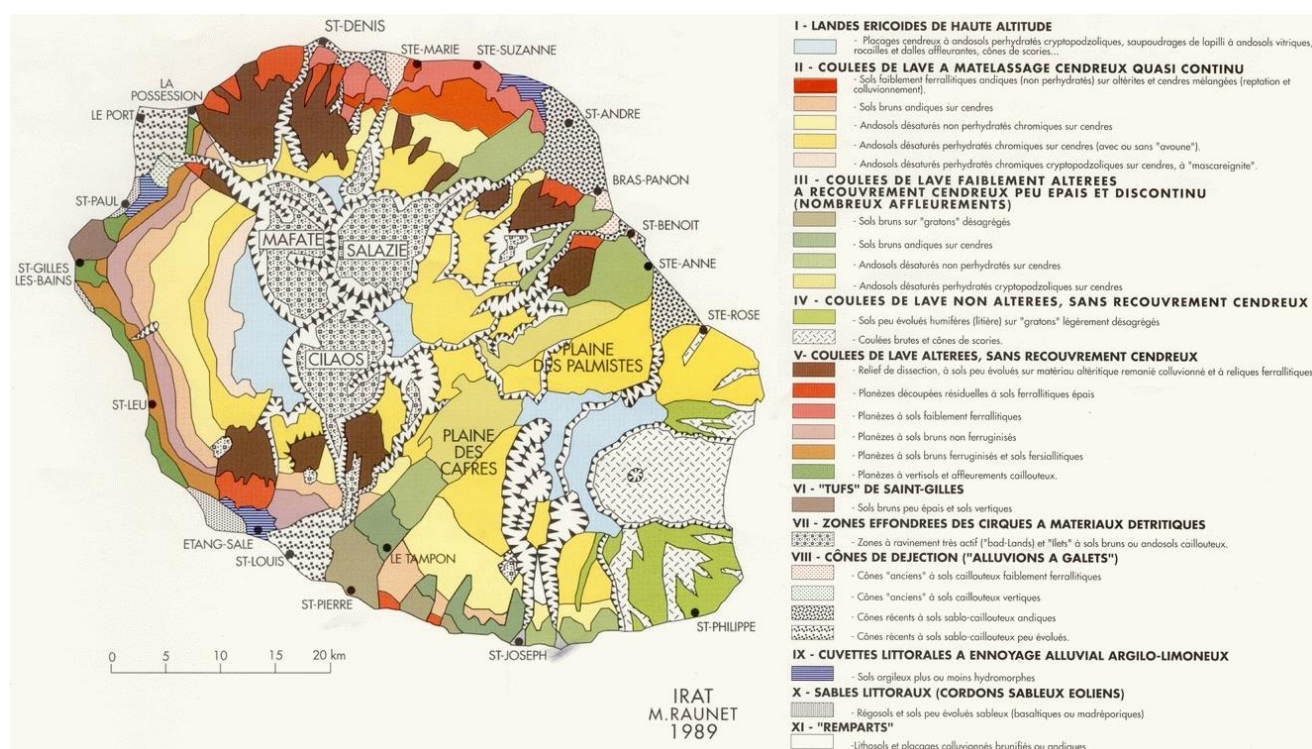


Figure 74 : Carte morpho-pédologique de l'île de La Réunion (Raunet, 1989).

Tableau 5 : Les principaux sols décrits par Raunet (1991), et leurs appellations correspondantes dans la WRB (2015) et le référentiel pédologique de 2008 (Baize et al., 2009) pour La Réunion.

Classification, distribution et propriétés (Raunet, 1991)	Rattachements possibles aux classifications actuelles	
	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)
<p>Sols ferrallitiques faiblement désaturés : les altérations hydrolytiques des coulées basaltiques de la phase I de la Fournaise dans l'Ouest et celles des coulées d'hawaïtes de la phase III du Piton des Neiges, ont conduit à la formation de ces sols de type ferrallitique sur 4 à 10 mètres de profondeur. Les deux mètres supérieurs sont argilifiés et présentent une couleur brun rougeâtre. Leurs minéraux argileux sont : l'halloysite, la métahalloysite et la goethite³⁸.</p> <p>La morphologie actuelle de ces sols se présente généralement comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> – en surface, sur 20 à 30 cm, le sol est brun foncé, meuble, bien structuré (structure polyédrique fine), sans cailloux, à fort développement racinaire ; – en dessous, sur 30 à 100 cm, la couleur est brun jaunâtre à brun rougeâtre foncé, sans taches ; la texture est très argileuse, englobant quelques cailloutis grisâtres altérés ; la structure est polyédrique grossière anguleuse, avec une cohésion forte, et une abondance des racines ; – en dessous (à partir de 50/130 cm), le matériau altéritique en place est plus clair dans son ensemble, mais les couleurs y sont très variées ; elles reflètent l'hétérogénéité de la progression de l'hydrolyse et de l'argilification. Ce sont les zones meubles de l'altérite ou les racines peuvent encore pénétrer ; – en profondeur (à partir de 3 mètres), le matériau altéritique est uniformément massif, de teinte gris violacé. Les structures hexagonales le long des fissures et la desquamation³⁹ autour des boules sont bien dessinées, mais il n'y a pas encore de langues d'argilification. <p>Les caractères analytiques de ces sols sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> – le taux de matière organique est de 3 à 5 % dans l'horizon supérieur (C/N = 10 à 12) où le pH est d'environ 6,2 ; – en dessous (horizon B), le pH est de 5,6 à 6. Le complexe absorbant a une CEC faible (7 à 10 cmol₍₊₎/kg), avec un taux de saturation de 80-90 %. 	Nitisols	Nitosols

³⁸ « Hydroxyde Fe-OH du système orthorhombique, en cristaux tabulaires (à clivages parfaits) ou en prismes courts, aiguilles, lamelles, et en masses concrétionnées ; elle est le plus souvent d'un brun noir brillant, mais aussi jaunâtre, rougeâtre et accompagne les autres oxydes de fer (ex. hématite) » (Foucault et al. 2020).

³⁹ Érosion des roches par enlèvement de minces écailles superficielles. Ce phénomène pouvant être lié à des différences brutales, de température en climat aride, ou à l'hydrolyse de certains minéraux (Foucault et al. 2020).

<p>Les Andosols désaturés non perhydratés sur cendres s’observent au-dessus du domaine des ferrallitiques andiques (400 mètres) au Nord et au-dessus des sols bruns andiques (700 mètres) dans l’Ouest. Dans tous les cas, ils subissent une saison peu pluvieuse de plus de 4 mois à moins de 100 mm : condition nécessaire, car la région est, la plus humide, avec 0 à 3 mois à moins de 100 mm. Leur superficie est très importante, de l’ordre de 12 000 hectares. Ces sols étaient historiquement très cultivés en géranium (Ouest), tabac, cultures vivrières, maraîchères et fruitières.</p> <p>Comparés aux sols non andiques, les Andosols sur cendres présentent dans l’espace une relative homogénéité morphologique résultant de la régularité du saupoudrage pyroclastique du Piton des Neiges. Les sols sont épais (1 à 4 mètres), sans cailloux, de teinte générale brune (brun chocolat à brun jaunâtre) sans taches d’hydromorphie. Ils ne montrent pas de structuration en dessous de 30 cm ; le matériau est continu, friable, à toucher limoneux, d’aspect léger (faible densité apparente), toujours frais ou humide et extrêmement perméable ; pourtant il paraît inhospitalier aux racines. L’horizon de surface, qui n’a pas une couleur très nettement plus sombre (Andosols chromiques) est à l’état non dégradé, assez épais (20 à 40 cm), bien structuré (forte stabilité structurale) et à bonne macroporosité.</p> <p>La richesse en matière organique faiblement humifiée, est une caractéristique des Andosols de La Réunion :</p> <ul style="list-style-type: none"> – en surface (0-30 cm), le taux de matière organique est toujours très élevé (compris entre 10 et 20 %), ainsi que celui de l’azote (2,7 à 7%) avec un C/N de 17 à 18 ; – entre 30 et 60 cm de profondeur : il y a entre 5 et 15 % de matière organique, avec un taux d’azote total de 1,4 à 4 % et un C/N encore plus élevé (17 à 25) ; – de 60 à 130 cm : le taux de matière organique est compris entre 1,2 et 5 %, avec 0,7 à 2,7 d’azote total et un C/N de 15 à 20. <p>Ces sols sont nettement acides :</p> <ul style="list-style-type: none"> – sur les versants Ouest et Sud (La Possession à Saint-Joseph) : en surface (0-30 cm), le pH (eau) est compris entre 5,0 et 5,3 ; et en dessous de 30 cm, il se situe entre 4,6 et 5 ; – sur les versants Nord et Nord-Est : milieux plus humides (Saint-Denis à Bras-Panon), les pH sont plus acides encore (en surface, le pH est compris entre 4,5 et 5,1, et en profondeur, entre 4,4 et 4,7). 	<p>Aluandic Andosols</p>	<p>Aluandosols hapliques</p>
<p>Ce vaste ensemble (20 000 hectares) constitue un terme amont de la climato-séquence. Dans la continuité logique des Andosols non perhydratés précédents, ils correspondent à une pluviométrie et une hygrométrie supérieure. Au fur et à mesure que les températures baissent, donc que l’altitude augmente, des caractères podzoliques se surimposent aux propriétés andiques. Au Nord-Est de l’île, zone la plus humide, se surajoute également, à partir de 1 300 mètres, une forte accumulation organique pseudo-tourbeuse appelée « avoune ». La spécificité commune des Andosols désaturés perhydratés, est comme leur nom l’indique, leur très grande richesse en eau (200 à 310 % d’humidité pondérale à saturation), leur conférant des caractères de</p>	<p>Hydric Aluandic Andosols</p>	<p>Aluandosols perhydriques</p>

Classification, distribution et propriétés (Raunet, 1991)	Rattachements possibles aux classifications actuelles	
	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)
thixotropie ⁴⁰ , comparativement aux Andosols désaturés non perhydratés. Ce sont des sols riches en produits cryptocristallins aluminiques (imogolite) et en matière organique (acides fulviques) liée aux amorphes, migrant en profondeur sous forme de complexes organométalliques (chélates).		

⁴⁰ La tixotropie est une propriété physique faisant référence à la capacité d'un matériau à changer de viscosité en réponse à une force mécanique. Pour les sols andiques, la tixotropie est causée par la présence de nombreux pores très fins peu connectés et dont la forme peut être facilement modifiée. Cela permet à ces sols de contenir de grandes quantités d'eau tout en restant solides.

<p>Les Andosols perhydratés modaux sont ceux qui ne présentent pas encore de podzolisation manifeste ni d'accumulation épaisse de matière organique en surface « avoune ». Ils sont situés immédiatement au-dessus des Andosols non perhydratés, avec lesquels la transition est progressive et non repérable avec précision sur le terrain. Les pentes générales sont le plus souvent comprises entre 20 et 30 % ; et les versants sont très irréguliers du fait des bossellements. Une pente générale de 25 % est coupée de nombreux replats (à moins de 10 %) et ressauts (plus de 30 %) ; et les courbes de niveau sont donc extrêmement sinueuses.</p> <p>Étant formés sur le même matériau cendreux que les Andosols non perhydratés, ils présentent un grand nombre de leurs caractéristiques, mais les caractères qui permettent de les distinguer sont : dans leur état d'humidité naturelle, les Andosols perhydratés ont une structure continue (absence de macro-agrégats naturels) en dessous de l'horizon de surface ; ils présentent un aspect « gras », presque huileux ; au toucher, la consistance est friable, légère et « onctueuse » ; la texture apparaît limono-argileuse, sans plasticité.</p> <p>L'horizon humifère des Andosols perhydratés modaux, sous végétation naturelle, est sans « avoune », d'une épaisseur de 20 à 30 cm, et possède une teneur en matière organique de 15 à 30 %, variant dans le même sens que l'altitude ; donc, supérieure à celle des Andosols non perhydratés. Le taux d'azote, compris entre 5 et 8 %, varie en sens inverse de l'altitude. Le rapport C/N, indicateur d'un faible état d'humification de cette matière organique, est généralement élevé (16 à 21) surtout au-dessus de 1 500 mètres d'altitude.</p> <p>En dessous de 20/30 cm et jusqu'à 2 mètres de profondeur, le taux de matière organique reste toujours très élevé ; même à 1 mètre de profondeur, il y en a encore entre 9 et 15 %. Le rapport C/N est de l'ordre de 20-25.</p> <p>Les Andosols perhydratés sont plus acides que les Andosols non perhydratés. En effet, dans l'horizon A, le pH-eau est compris entre 4,6 et 5 et le pH-KCl entre 4,9 et 5,3 ($\Delta\text{pH} = 0 \text{ à } -0,3$). En profondeur, le pH-eau est de l'ordre de 4,5 à 4,7, tandis que le pH-KCl est compris entre 4,9 et 5,9 ($\Delta\text{pH} = 0,5 \text{ à } -1,3$). Le ΔpH est donc toujours négatif et témoigne d'une forte capacité d'échange anionique des constituants alumineux amorphes (imogolite, allophanes).</p> <p>À saturation et en conditions normales d'humidité (en dessous de pF 1,8 en général), la perméabilité (K_s) des Andosols est très élevée (plusieurs centaines de mm/heure). L'eau circule extrêmement vite dans la porosité « supérieure » (pores supérieurs à 10 μm) par effet piston. S'il n'y a pas d'obstacle profond (coulée en dalle par exemple), les perhydratés, dans leur état physique et hydrique naturel, absorbent sans difficulté les pluies de forte intensité, empêchant l'érosion de surface.</p> <p>Les Andosols perhydratés, davantage encore que les non perhydratés, doivent se comporter, même sur pentes fortes, comme des sols hydromorphes saturés en permanence. Leur vocation est donc la prairie graminéenne, dont l'enracinement est localisé dans les 25 cm supérieurs, habités par une macroporosité biologique. Ces sols sont en fait plus difficiles à utiliser que des sols hydromorphes « classiques » engorgés par une nappe drainable. Ici, la vidange des micropores n'est pas possible par drainage artificiel, compte tenu de la forte énergie de rétention de l'eau, dont 70 % du volume total occupe des pores de moins de 1 μm</p>	<p>Silandic Andosols</p>	<p>Silandosols perhydriques</p>
---	--------------------------	---------------------------------

Classification, distribution et propriétés (Raunet, 1991)	Rattachements possibles aux classifications actuelles	
	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)
de diamètre (correspondant à des pF supérieurs à 4). Ceci peut paraître étonnant quand on sait que la perméabilité verticale des Andosols est très élevée.		

<p>Les Andosols perhydratés podzoliques à « mascareignite » se reconnaissent très facilement à leur couche supérieure très claire, blanc rosâtre, d’aspect cendreux, très friable (à l’état humide) ou pulvérulente (à l’état sec). Ces sols à mascareignite apparaissent comme des sols complexes qui présentent des caractères d’Andosols perhydratés et des caractères de podzolisation surimposés. Le matériau originel est constitué des mêmes pyroclastites que celles qui ont donné naissance aux Andosols de façon générale.</p> <p>Entre 1 500/1 600 mètres et 1 800/1 900 mètres d’altitude, sur les planèzes Ouest de l’île, où se trouvent les sols à mascareignite, le climat est caractérisé par 1 600 mm de pluies annuelles, une saison « sèche » (moins de 100 mm mensuels) de 4 mois, atténuée par de nombreux brouillards, des températures moyennes mensuelles comprises entre 10 °C en août et 16 °C en janvier. La moyenne des minima approche 5 °C en août (1,5 °C pour les minima absolus) et 11 °C en janvier (7,5 °C pour les minima absolus).</p> <p>Le profil de ces sols montre :</p> <ul style="list-style-type: none"> – en surface sur 2 à 6 cm : une litière noir-rougeâtre à brun rouille foncé, à base de feuilles non décomposées de tamarins et de fougères, de structure fibreuse ; – sous la litière, sur 5 à 8 cm d’épaisseur : un horizon très humifère noirâtre de type « mor », formé exclusivement de débris organiques (racines) mal décomposés et d’un entrelacs de racines vivantes ; – de 5/12 à 15/40 cm de profondeur : un horizon de 10 à 40 cm d’épaisseur, très clair, gris blanchâtre (10 YR 6/1) à l’état sec, à rosâtre (5 YR 5/2 à 7/2) à l’état humide. Le passage à l’horizon sous-jacent est très diffus ; – en dessous, sur 40 à 80 cm d’épaisseur : un horizon brun chocolat à brun jaunâtre (10 YR 4/3). Cet horizon, limono-argileux continu, a les caractères classiques des Andosols perhydratés. Les racines de tamarins y sont nombreuses ; – en profondeur, à partir de 60/120 cm, le matériau, qui s’éclaircit légèrement, devient brun jaunâtre (10 YR 7/4 à 7/6) ; il présente toujours des caractères andiques marqués (texture limono-argileux, structure continue, thixotropie fréquente, grande richesse en eau, etc.). Des bandes rouilles et d’autres, plus sombres, à piégeages préférentiels d’oxyhydroxydes de fer ou de fulvates, apparaissent fréquemment au sein de ce matériau ; – à une profondeur variable (60 à 300 cm) se trouve assez fréquemment un niveau de « tuf jaune » d’origine phréato-magmatique, de 20 à 60 cm d’épaisseur, peu altéré, issu des cendres du Piton des Neiges. 	Andic Podzols	
<p>Les Andosols perhydratés hydromorphes semi-tourbeux s’observent dans la Plaine des Palmistes, spécialement dans toute sa moitié aval entre 700 et 1 000 mètres d’altitude (1 200 hectares). Les pentes inférieures sont souvent nappées de coulées « pahoehoe » très fluides (dégazées) en dalles peu basculées, sur lesquelles les placages cendreux ont colmaté les fissures, rendant ainsi ces zones imperméables. Cette imperméabilisation est renforcée par la formation d’un niveau ferrugineux aliotique entre les cendres et les coulées, créant ainsi une nappe perchée qui engorge les sols en permanence. Dans la plaine des Palmistes, on observe sur ces sols une végétation particulière : un fourré très hygrophile à <i>Pandanus montanus</i> « vacoas »</p>	Gleyic Andosols	

Classification, distribution et propriétés (Raunet, 1991)	Rattachements possibles aux classifications actuelles	
	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)
<p>(moins de 3 mètres de haut), dont les racines échasses plongent dans le matériau engorgé, parfois inondé. Aux endroits où la nappe est subaffleurante, les débris végétaux se décomposent mal et s'accumulent en « hydromor » spongieux et fibreux.</p> <p>Le degré d'hydromorphie de ces Andosols désaturés perhydratés est variable suivant la profondeur du plan d'eau (entre 0 et 50 cm). Même avec des pentes sensibles, la nappe perchée ne s'écoule pas, faute de perméabilité latérale. Ces sols montrent une thixotropie⁴¹ très marquée et une faible portance. On y a mesuré des teneurs en eau pondérale supérieures à 300 %. Leur densité apparente est inférieure à 0,4.</p>		
<p>Les sols fersiallitiques bruns et bruns rouges se sont développés sur des coulées d'hawaïtes de la phase III du Piton des Neiges, et s'observent, en dessous de 400 mètres d'altitude entre la rivière des Galets et la rivière Saint-Étienne, sur 1 560 hectares au</p>	Haplic Cambisols	Fersialsols

⁴¹ « Propriété pour un sédiment cohérent gorgé d'eau (sable, sablon, tangué, vase) de devenir brusquement liquide sous l'effet d'un ébranlement mécanique. C'est le phénomène responsable de l'enlèvement dans les sables mouvants » (Foucault et al. 2020).

<p>total. Ce sont des sols souvent développés sur roches basiques, intermédiaires entre les sols ferrallitiques et les sols bruns eutrophes tropicaux ; ils sont, d'une part, moins épais que les premiers (sans racine d'altération très profonde) et plus épais que les seconds, d'autre part avec une coloration brun-rougeâtre également intermédiaire.</p> <p>Les sols fersiallitiques vertiques : du point de vue minéralogique, ils montrent une évolution hydrolytique moins poussée que les ferrallitiques ; dans l'horizon (B) coloré, il n'y a jamais de gibbsite, le fer n'est pas totalement libéré (fer libre/fer total = 30 à 50 %) ; sur roches basiques, les minéraux phylliteux sont un mélange de métahalloysite, d'halloysite, de smectite, et d'interstratifiés (métahalloysite/smectite). Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est compris entre 2 et 2,5.</p> <p>Lorsque la pente diminue, l'horizon B peut acquérir assez vite des caractères vertiques ; on passe alors aux sols bruns vertiques ou fersiallitiques vertiques.</p> <p>À La Réunion, la couleur des fersiallitiques sur les hawaïtes de la phase III dépend de l'altitude et du drainage (donc de la pente). En dessous de 300 mètres, avec une pluviosité inférieure à 800 mm :</p> <ul style="list-style-type: none"> – si la pente est supérieure à 15 %, les sols sont brun-rouge (le fer est peu hydraté), la structure, très bien développée, est de taille moyenne. Les sols sont riches en métahalloysite et interstratifiés (smectite/métahalloysite). C'est alors le domaine des sols fersiallitiques brun rouge modaux. Dans l'horizon B, ces sols ont des pH de 6,5 à 6,8, une capacité d'échange de 17 $\text{cmol}_{(+)}/\text{kg}$, une saturation de 80 % ; leur taux de matière organique en surface est de 3 %. On trouve essentiellement ces sols entre Bois de Nèfles et Piton Saint-Leu ; – si la pente est inférieure à 15 %, les caractères vertiques apparaissent avec plus large structuration et couleur plus terne. Les sols s'enrichissent en montmorillonite. Ce sont des sols bruns vertiques, qu'il vaut mieux en fait appeler fersiallitiques vertiques pour insister sur la filiation génétique. En B, le pH est de l'ordre de 7, la capacité d'échange d'environ 25 $\text{cmol}_{(+)}/\text{kg}$; ils sont saturés. On les trouve à Plateau Cailloux (la Renaissance) et à la pointe des Châteaux (aval des planèzes des Colimaçons). <p>Au-dessus de 300 mètres d'altitude ou quand la pluviosité est supérieure à 800 mm, la couleur des sols est moins vive (brune à brun jaunâtre), le fer est plus hydraté (goethite), l'arène sous-jacente à l'horizon B, de couleur jaunâtre, est moins argilifiée. Raunet (1991) parle alors de sols fersiallitiques bruns. Ces sols s'observent, souvent sur pentes fortes (20 à 40 %) à Bois de Nèfles et au Bernica, mais surtout à partir des Colimaçons, jusqu'à Saint-Louis, zone où la pluviométrie augmente sensiblement (de 800 à 1 000 mm) ; les fersiallitiques perdent alors de plus en plus leur couleur rouge. Dans l'horizon B, épais (100 - 150 cm), les sols fersiallitiques bruns sont un peu plus acides que les rouges (pH de 6,2 à 6,4) et possèdent une CEC plus faible (10 à 12 $\text{cmol}_{(+)}/\text{kg}$) ; ils sont moins saturés (60 à 80 %). Par contre, ils sont un peu plus riches en matière organique (4 à 5 % en surface).</p>	<p>Vertic Cambisols</p>	<p>Pélosols brunifiés</p>
---	-----------------------------	-------------------------------

Classification, distribution et propriétés (Raunet, 1991)	Rattachements possibles aux classifications actuelles	
	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)
<p>Les sols bruns non ferruginisés sont développés sur mugéarites en « gratons » dans la bande d'altitude 300 - 450 mètres, avec une pluviosité comprise entre 1 000 et 1 250 mm. C'est parmi les sols bruns non ferruginisés, repartis spécialement entre la ravine Bernica et la ravine des Trois-Bassins, que l'on trouve les meilleures zones agricoles de La Réunion, des points de vue potentiel de fertilité, épaisseur du sol et conditions de pentes.</p> <p>Le profil moyen de ces sols montre la succession suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> – 0 à 30 cm : horizon humifère brun grisâtre foncé, structure polyédrique fine avec peu d'éléments grossiers. Les caractères analytiques indiquent : 4 à 5 % de matière organique bien humifiée (C/N =10 à 11) ; azote total = 2 % ; pH = 6,3 ; CEC = 13 cmol₍₊₎/kg de sol, avec saturation du complexe adsorbant (95 %) ; phosphore assimilable = 30 à 100 ppm, et phosphore total de 800 à 1 200 ppm ; – 30 à 60/80 cm : horizon B, brun foncé à brun grisâtre, fortement structuré (structure polyédrique anguleuse moyenne à grossière). Texture argileuse (42 % d'argile, 42 % de limon, 16 % de sable) ; proportion d'éléments grossiers (constitués de roche altérée grisâtre) très variable (10 à 40 %) en liaison avec la pente et le remaniement par colluvionnement. Les caractéristiques analytiques sont : 1 % de matière organique (C/N = 13) ; 0,4 % d'azote total ; pH = 6,0 ; CEC de 8,5 cmol₍₊₎/kg de sol, avec un taux de saturation de 90 % ; P assimilable = 20 ppm ; – 60/80 cm à 120/150 cm : la proportion d'éléments grossiers augmente ; on rentre dans la zone d'altération des « gratons ». Ici, les éléments sont plutôt anguleux, grisâtres à rosés, souvent à incrustations manganiques noirâtres. La matrice argilifiée est brune. L'ensemble prend une certaine compacité par rapport aux horizons supérieurs, mais les racines peuvent encore bien exploiter ce milieu ; – au-delà de 120/150 cm : mugéarite en cours d'altération ; blocs et pierrailles dominants, peu d'argile. Seules quelques grosses racines peuvent s'insinuer. <p>Les minéraux argileux de ces sols sont à dominance d'hallowite et de goethite.</p>	Leptic Cambisols	Brunisols eutriques

Classification, distribution et propriétés (Raunet, 1991)	Rattachements possibles aux classifications actuelles	
	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)
<p>Les sols bruns ferruginisés forment un grand ensemble réparti sur les versants à différentes classes de pentes : les pentes modérées, comprises entre 10 et 20 %, les pentes fortes, comprises entre 20 et 30 %, et les pentes très fortes, supérieures à 30 %. Sur ces versants, souvent associés en étagements, s'observent des points communs tels que la nature des matériaux et des sols, dont seules varient les épaisseurs et la pierrosité.</p> <p>Les matériaux superficiels sont composés de « colluvions de transit », riches en cailloux et blocs plus ou moins altérés de toutes tailles (y compris des dalles disloquées et basculées), emballés dans une matrice terreuse (halloysitique) brun rougeâtre (7,5 YR 4/4 à 5 YR 4/4, en humide). Cette couche présente une épaisseur variable de 30 à 100 cm. La couleur est d'autant plus vive et l'épaisseur plus faible, que la pente est forte. Les teneurs et tailles des éléments grossiers sont extrêmement variables ; ceci étant une caractéristique propre à ces sols de l'île. Cependant, pour une classe de pentes donnée, il existe des gradients de pierrosité et d'épaisseur de la couche colluviale, le premier augmentant, le second diminuant, lorsqu'on se rapproche de la mer. Il s'ensuit que plus on se rapproche de la mer, plus la densité de blocs rocheux résiduels est importante.</p> <p>En dessous de la couche colluviale, après un contact très net, se trouve l'altération en place, plus compacte des mugéarites, de teinte d'ensemble beige grisâtre (rougeâtre dans les fissures argilifiées, noirâtre pour les boules inaltérées résiduelles de toutes tailles).</p> <p>Les sols bruns ferruginisés sont assez filtrants, avec une perméabilité (Muntz) à saturation de l'ordre de 50 mm/h. Suivant leur épaisseur, leur réserve en eau utile varie de 50 à 80 mm. Ce sont des sols qui, du point de vue fertilité physico-chimique, sont intéressants, mais qui sont souvent dévalués par leurs pentes élevées, leur forte érodibilité, leur extrême hétérogénéité, leur profondeur assez faible et leur pierrosité excessive.</p>	Plinthic Cambisols	Ferruginosols

<p>Les Vertisols, répartis sur environ 1 000 hectares, entre La Possession et Les Avirons, caractérisent les secteurs à faibles pentes en dessous de 10 % du littoral. Ils sont généralement localisés aux extrémités des planèzes de la phase IV, en contrebas des fronts montagneux d'origine tectonique (fin de phase II) et situés en dessous de 100 mètres d'altitude. Dans ces zones, la pluviométrie annuelle est la plus faible de l'île (550 à 800 mm) ; la saison sèche y est également la plus accentuée, avec 6 à 7 mois à moins de 50 mm de pluie et la température moyenne annuelle y est de 23 à 25°C. Toutes les conditions litho-morpho-climatiques sont réunies pour permettre, sur les replats de roches basiques, la néoformation d'argiles gonflantes (montmorillonites) caractérisant des Vertisols.</p> <p>Ces Vertisols, développés sur des matériaux colluvionnés d'environ 40 cm de profondeur avec l'altération en place, présentent le profil type suivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'horizon de surface (0-15 cm) est de couleur gris foncé (10 YR 3/1 à l'état humide) ; il présente une structure fine (grenue à l'état sec, grumeleuse et foisonnante à l'état humide) particulièrement bien développée, densément exploitée et entretenue par un enracinement graminéen dense. La présence de nombreux cailloutis indique que nous sommes ici, comme pour l'horizon inférieur, sur un colluvium. Les caractéristiques analytiques sont les suivantes : texture argileuse (45% d'argile, 37 % de limons, 17 % de sables) ; densité apparente = 1,2 ; taux de matière organique = 4 % ; azote total = 1,7 % (C/N = 15) ; pH (eau) = 7 ; CEC = 23 cmol₍₊₎/kg dont Ca = 12 cmol₍₊₎/kg, Mg = 11 cmol₍₊₎/kg, K= 0,4 cmol₍₊₎/kg, Na = 0,5 cmol₍₊₎/kg ; V = 100 % ; phosphore assimilable = 50 ppm et phosphore total = 2000 ppm ; – de 15 à 40 cm de profondeur se trouve toujours le colluvium argilo-caillouteux dont la matrice est de teinte brun foncé (10 YR 3/3 en humide) à brun jaunâtre foncé (10 YR 3/4). La proportion de cailloux y est très variable, en moyenne de 30 %, de toutes grosseurs (5 à 30 cm). La structure est polyédrique anguleuse moyenne à grossière. Cet horizon présente une texture très fine (54 % d'argile, 31 % de limons, 15 % de sables) et une densité apparente de 1,3 ; le taux de matière organique est de l'ordre de 2 % ; azote total = 0,75, C/N = 13 ; pH(eau) = 7,1 ; CEC = cmol₍₊₎/kg, Ca = 11 cmol₍₊₎/kg, Mg = 12 cmol₍₊₎/kg, K = 0,09 cmol₍₊₎/kg, Na = 1,2 cmol₍₊₎/kg ; saturation = 100 % ; phosphore assimilable = 50 ppm ; phosphore total = 1 500 ppm ; – de 40 à 80 cm de profondeur, après une discontinuité nette avec le matériau colluvial supérieur, les propriétés physiques changent assez nettement : la couleur est brun foncé (10 YR 3/3) parfois olivâtre ; mais la texture semble devenir plus fine et plus lourde (forte densité apparente). Le matériau reste légèrement humide en saison sèche, du moins dans sa moitié inférieure. Par dessèchement s'ouvrent de larges fissures verticales (1 à 2 cm de large au sommet de l'horizon) délimitant des prismes à arêtes aiguës. Ce matériau verticale est beaucoup moins riche en éléments grossiers que le colluvium supérieur. Des amas calcaires, blancs et friables, ont été observés à la base de certains profils. Les caractéristiques analytiques de cet horizon sont les suivants : texture extrêmement argileuse (70 % d'argile, 19 % de limons, 11 % de sables) ; densité apparente = 2,1 ; pH (eau) = 7 à 7,5 ; CEC = 33 cmol₍₊₎/kg ; taux de saturation = 100 % ; 	Vertisols	Vertisols
---	-----------	-----------

Classification, distribution et propriétés (Raunet, 1991)	Rattachements possibles aux classifications actuelles	
	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)
<p>– en dessous de 80 cm de profondeur, on passe souvent brusquement à la dalle basaltique inaltérée. Il n’y a pratiquement pas de zone d’altération faisant transition (en tout cas elle est inférieure à 10 cm).</p> <p>Ces sols ont toujours des pH voisins de 7 (parfois supérieurs). Leur complexe absorbant est saturé ; en profondeur, on y remarque de fortes proportions de magnésium et de sodium qui témoignent d’une forte influence des embruns marins. Ceux-ci, imprégnant les sols du littoral, sont lessivés en profondeur où les cations se fixent sur le complexe adsorbant.</p>		
<p>Les sols bruns andiques (7 000 hectares) couvrent une bande de 1 à 4 km de large, depuis la Possession (Sainte-Thérèse) jusqu’à Saint-Joseph. Ce domaine correspond dans la façade « sous le vent », à l’extension aval, en dessous de 650 mètres d’altitude, des cendres de la phase V du Piton des Neiges qui ont recouvert aussi la face Sud-Ouest de la Fournaise. Les sols bruns andiques séparent les sols bruns non ferruginisés sur coulées (en dessous de 450 mètres d’altitude) et les Andosols proprement dits (au-dessus de 650 mètres).</p>	Haplic Umbrisols	
<p>Les sols bruns squelettiques : les tufs jaunes ou tufs ponceux noirâtres (pyroclastites), éparpillés en de multiples lambeaux allongés (souvent de moins de 1 hectare), situés en dessous de 300 mètres d’altitude, entre la Possession et les Avirons, et reposant sur les coulées des phases III ou IV ou V, subissent l’érosion et deviennent subaffleurants ou recouverts de sols bruns squelettiques peu épais de moins de 30 cm d’épaisseur. Ces sols sont peu perméables, peu poreux, et non exploitables par les racines. Malgré leur topographie favorable, ils ont une très faible valeur agricole.</p>	Skeletal Umbrisols	

Classification, distribution et propriétés (Raunet, 1991)	Rattachements possibles aux classifications actuelles	
	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)
<p>Les sols d'alluvions anciennes en début de ferrallitisation : des terrasses « anciennes » à sols déjà bien évolués s'observent à l'aval de la rivière des Pluies (Gillot), près de Saint-Benoît (en aval de la rivière des Roches et de la rivière des Marsouins). Les alluvions anciennes de Gillot et de Saint-Benoît, exposées « au vent », présentent un début d'altération ferrallitique. La terrasse de Gillot/ri vière des Pluies fait 500 hectares. L'ensemble de Saint-Benoît représente 600 hectares. En dehors de ces deux secteurs principaux, on en observe des lambeaux entre Saint-Denis et la Bretagne ainsi que près de Saint-André. L'altération des « alluvions à galets » a pénétré en profondeur sur plusieurs mètres. La taille des galets est généralement moins importante que celle des alluvions récentes et actuelles, ne dépasse pas 50 cm, la moyenne des plus gros étant 10 à 20 cm. La surface du sol n'est jamais encombrée de gros blocs, mais plutôt de cailloutis arrondis de 5 à 20 cm. L'altération se traduit par une argilification et une rubéfaction ou jaunissement des sables, graviers et périphéries des galets. Ceux-ci s'effritent et se desquament en écailles concentriques jaunâtres (fer) et noirâtres (manganèse). Seuls les plus gros galets possèdent encore un cœur sain. En surface (0-30 cm), le sol est brun foncé avec une texture argilo-limoneuse. Sa structure est polyédrique fine à moyenne à éléments stables. Les racines (cane le plus souvent) y sont très abondantes. Le taux de matière organique y est de 4 à 6 % (C/N = 10 à 11). Le pH est de 5,5 à 6. Le taux de phosphore échangeable est de 100 à 150 ppm (pour 1500 à 1700 ppm de phosphore total). En dessous, la couleur de la matrice, argilo-limoneuse, passe au brun rougeâtre. Les éléments grossiers altérés sont jaunâtres ou noirâtres. Ils occupent 20 à 40 % du volume total. La structure est assez massive, mais les racines pénètrent bien. À 50 cm de profondeur, il reste environ 1,5 % de matière organique (C/N = 10). La CEC est d'environ 8 cmol₍₊₎/kg. La saturation est élevée (60 à 80 %).</p>	Fluvisols Cambisols	Fluvisols brunifiés

Classification, distribution et propriétés (Raunet, 1991)	Rattachements possibles aux classifications actuelles	
	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)
<p>Les sols d'épandages anciens à altération montmorillonitique : ces sols, concernant 250 hectares, et développés sur les épandages de Savannah et Grand Pourpier (rivière des Galets) « sous le vent », au Nord de l'étang de Saint-Paul, montrent une altération montmorillonitique sur un plan incliné très régulier de 4 à 5 % de pente, situé entre 30 et 90 mètres d'altitude ; il est coupé au centre par une vallée encaissée à large fond plat (400 mètres à l'aval) dite « Ravine La Plaine ». Ces sols bruns vertiques (riches en montmorillonite) sont très argileux, bien structurés, et de 60 à 100 cm d'épaisseur.</p> <p>L'horizon supérieur (0-25 cm) est brun foncé, avec une structure polyédrique anguleuse moyenne à fine. Les cailloux, peu nombreux (moins de 10 % en volume), sont inférieurs à 10 cm. L'analyse granulométrique de la matrice donne en moyenne : 51 % d'argile, 23 % de limon fin, 10 % de limon grossier, 7 % de sable fin et 9 % de sable grossier. Le taux de matière organique est de 3 à 3,5 % (C/N de 10 à 11). Le pH est de 6,9 à 7. La CEC, élevée, est d'environ 30 cmol₍₊₎/kg.</p> <p>L'horizon B (entre 25 et 40/80 cm de profondeur) est de couleur brune (à l'état sec) à brun foncé (en humide). Il compte 20 à 60 % d'éléments grossiers peu altérés. Les racines fines y sont abondantes. La structure de la matrice argileuse est polyédrique grossière ; les agrégats sont très anguleux, lourds et compacts ; densité apparente de l'ordre de 1,6. La répartition granulométrique moyenne montre : 57 % d'argile, 21 % de limon fin, 10 % de limon grossier, 6 % de sable fin, et 6 % de sable grossier. Le taux de matière organique est d'environ 2 % au sommet de l'horizon et de 1 % dans la moitié inférieure. Le pH est proche de la neutralité (moyenne : 6,8). Le complexe absorbant a une CEC toujours élevée de l'ordre de 25 à 30 cmol₍₊₎/kg, avec une saturation de 80-100 %.</p> <p>En profondeur, on observe un matériau non altéré composé de gros blocs émoussés (50 à 80 % en volume), emballés dans un ciment grisâtre ou jaunâtre clair, lui-même riche en sables et graviers. Ce ciment massif présente une compacité variable, et est peu favorable au passage des racines et ralentit l'infiltration de l'eau.</p>	Eutric Fluvisols	Fluvisols vertiques

Classification, distribution et propriétés (Raunet, 1991)	Rattachements possibles aux classifications actuelles	
	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)
<p>Les sols d'alluvions récentes : les alluvions récentes forment l'essentiel des « alluvions à galets » des grands cônes de déjection, en particulier ceux de la rivière Saint-Étienne (2 500 ha), la rivière des Galets (2 200 ha), la rivière de l'Est (1 250 ha) et des « Plaines » de Saint-Denis (750 ha). Ces rivières ont isolé sur leurs côtes des « culs de sacs », fermés postérieurement par des cordons littoraux et colmatés par des sédiments fins apportés par les ravines qui les alimentent. Les alluvions de ces zones hydromorphes ou marécageuses littorales sont essentiellement liées à : l'étang de Saint-Paul, l'étang de Bois-Rouge (Sainte-Suzanne) et l'étang du Gol. Une nappe phréatique y est proche ou affleurante, douce ou saumâtre en surface, plus salée en profondeur. Les alluvions fines de Bois Rouge et du Gol sont cultivées en canne pour leur majeure partie (nappe restant en dessous de 40 cm), seuls subsistant quelques résidus marécageux non drainés.</p> <p>Les sols du Déboulé et de la plaine, sans aucune trace d'hydromorphie (bien qu'ils soient inondables), sont les plus intéressants. Ils sont épais, sans cailloux, à texture équilibrée, bien structurés et filtrants. Ils ont également de bonnes propriétés physicochimiques : pH 7 à 7,5, CEC variant de 25 à 30 cmol₍₊₎/kg, avec une saturation de 80 à 90 %.</p>	Tidalic Fluvisols	Fluvisols juvéniles
<p>Les sols d'alluvions actuelles : ce sont les sables et galets des lits majeurs des cours d'eau. Sur les grands cônes de déjection, ils occupent une superficie non négligeable, environ 1 400 hectares.</p>	Leptic Fluvisols	Fluvisols bruts

<p>Les sols d'alluvions des plaines d'ennoyage littorales : ces sols se développent sur des remblaiements de décantation à dominance limoneuse ou argileuse, mis en place par les eaux en conditions peu turbulentes. On les trouve donc dans des situations géomorphologiques particulières qui sont essentiellement les plaines d'ennoyage littorales, situées entre les cônes de déjection à galets et les cordons sableux littoraux. Les trois principales plaines sont situées dans les « angles morts » des trois grands cônes de déjection situés au débouché des cirques formant des avancées convexes en mer. Il s'agit de : i) la plaine de Sainte-Suzanne (575 ha dont 35 ha de marais), liée au cône de la rivière du Mât ; ii) la plaine de Saint-Paul (595 ha dont 400 ha de marais), liée au cône de la rivière des Galets ; et iii) la plaine du Gol (650 ha dont 40 ha de marais), liée au cône de la rivière Saint-Étienne.</p> <p>En plus de ces trois grands ensembles existent des cuvettes d'ennoyage de petite taille :</p> <ul style="list-style-type: none"> – la Plaine (75 hectares), encastrée dans l'épandage ancien de Savannah ; – la gouttière de l'Ermitage-La Saline (103 ha), isolée de la mer par un cordon littoral de sables madréporiques ; – les petites gouttières de Saint-Leu (16 ha), situées également à l'arrière de cordons de sables coralliens ; – la petite plaine de Sainte-Marie (15 ha), isolée de la mer par un cordon de sables volcaniques, comme la plaine de Sainte-Suzanne. <p>Ces plaines sont remblayées par des colluvio-alluvions argilo-limoneuses de couleur brune, de 0,5 à 2 mètres d'épaisseur, reposant sur une semelle de sables ou de galets d'origine plutôt marine. La nappe phréatique reste le plus souvent à moins de 2 mètres de la surface. Douce en surface, elle peut être saumâtre en profondeur spécialement autour de l'étang de Saint-Paul et à l'Hermitage.</p> <p>Ce matériau d'ennoyage fin présente quelques modalités régionales qui sont liées à l'origine et la nature des produits d'érosion fins qui lui ont donné naissance (héritages des bassins versants), les conditions de la sédimentation, l'abondance des pluies, la proximité de la nappe phréatique, et la salinité de cette nappe.</p> <p>Les rôles de la nappe phréatique et de la pluviométrie sont prépondérants dans l'hydromorphie et la salinité de ces sols. Ainsi :</p> <ul style="list-style-type: none"> – à Sainte-Suzanne, l'abondance des pluies et les inondations par les rivières alimentent en permanence la nappe d'eau douce superficielle qui maintient constamment l'eau salée en profondeur sans remontées capillaires. En conséquence, l'hydromorphie des sols est assez générale (sols à gley). Leur couleur est brune, brun grisâtre ou brun jaunâtre. Les sols ont 6 à 10 % de matière organique (C/N = 12 à 14) en surface et encore 3 % à 50 cm de profondeur. Leur complexe adsorbant a une capacité d'échange de 25 cmol₍₊₎/kg ; – entre l'étang et les grandes pentes de Saint-Paul, on observe un gradient d'hydromorphie et de salinité liée à la proximité de la nappe d'eau libre sub-superficielle en bordure de l'étang, la nappe est située vers 1,2 m en contrebas des coulées qui ont dévalé l'escarpement. Cette nappe est saumâtre, tout comme l'étang qui est insuffisamment alimenté en eaux douces, malgré les nombreuses sources périphériques (la source du Moulin est salée). Les sols de la 	<p>Tidalic Gleysols</p>	
--	-----------------------------	--

Classification, distribution et propriétés (Raunet, 1991)	Rattachements possibles aux classifications actuelles	
	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)
<p>frange périphérique du marécage, où la nappe fluctue entre la surface et 50 cm de profondeur, présentent un pH de l'ordre de 8 et un complexe adsorbant riche en sodium (4 à 10 cmol₍₊₎/kg), pouvant atteindre jusqu'à 25 % de la CEC. Ce sont des sols hydromorphes salés de teinte grisâtre. Leur superficie est faible. Au-delà de 150 à 300 mètres de la bordure de l'étang, le remblai argilo-limoneux se surélève progressivement (la nappe étant plus profonde), les sols, de moins en moins hydromorphes, prennent alors une teinte plus vive (brun rougeâtre). Ce sont d'excellents sols à canne, cultures maraîchères et arboriculture. Ils sont tous intensément cultivés ;</p> <ul style="list-style-type: none"> – dans la plaine du Gol, la nappe phréatique, située entre 1 et 2 mètres de profondeur dans les cailloutis de base, n'est pas salée. Les sols, argileux, conservent une couleur brun rougeâtre, héritage de leur origine ferrallitique. En surface, ils ont un pH de 6,5 à 7 et 3 à 4 % de matière organique. La partie aval de la plaine peut être inondée en période de cyclone. Les sols y sont d'excellente qualité, profonds et non pierreux ; seules la partie centrale et la frange périphérique de l'étang du Gol souffrent d'hydromorphie. – dans la petite plaine de l'Hermitage-La Saline : le remblai argilo-limoneux halloysitique (35 à 40 % d'argile), de 20 à 80 cm d'épaisseur repose sur des sables calcaires madréporiques. En profondeur, ces sables sont grésifiés en gros rognons ; la nappe, saumâtre, est située vers 1 mètre de profondeur. Cette gouttière de l'Hermitage est une ancienne lagune faiblement et récemment colluvionnée. 		
<p>Les sols d'alluvions des plaines d'altitude à piégeage cendreux : ces sols se sont développés dans les petites plaines isolées par des coulées de lave, piégeant les colluvio-alluvions pyroclastiques cendreuses. On les trouve dans les régions de la plaine des Cafres et de la plaine des Palmistes. Dans ces hautes plaines, à faible déclivité, les coulées de basalte se sont épanchées sans direction dominante, isolant ainsi des gouttières ou larges cuvettes. Par la suite, ces zones dépressionnaires ont été colmatées par des cendres de la phase IV de la Fournaise par retombées directes ou par concentration alluvio-colluvionnaire.</p>	Plinthic Gleysols	

Classification, distribution et propriétés (Raunet, 1991)	Rattachements possibles aux classifications actuelles	
	World Reference Base for soil resources (WRB, 2015)	Référentiel pédologique 2008 (Baize et al., 2009)
<p>Les îlets sont les « surfaces-reliques » des compartiments affaissés, glissés ou basculés. Les plus grands sont encore rattachés aux remparts. Les plus fragmentés sont coupés de leurs « racines » et isolés dans les « bad-lands ». Ils ne reçoivent alors plus de matériaux de l'amont, et leur topographie présente aussi une grande hétérogénéité qui reflète leur mode de mise en place. Les îlets proprement dits, dont les pentes générales sont inférieures à 40 %, présentent une morphologie de détail très variée, associant replats étagés, versants, bossellements, rides, cuvettes, gouttières, petits escarpements, etc. Les îlets qui présentent une morphologie typique en gouttières plus ou moins marquées, cuvettes arrondies, escarpements sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> – à Salazie : mare à Vieille Place, mare à Citron, mare à Poule d'Eau, Grand Ilet, Ilet Vidot ; – à Cilaos : Ilet à Cordes, Cilaos/mare Sèche ; – à Mafate : La Nouvelle, plaine des Tamarins, Kelval, Marla. <p>C'est dans ces gouttières que les sols à colluvions terro-caillouteux sont généralement les plus intéressants. Certaines zones peuvent être hydromorphes lorsque l'exutoire est insuffisant. Les cuvettes, qui peuvent avoir entre 30 et 300 mètres de diamètre, sont remplies de matériaux fins de décantation et sont souvent inondables, marécageuses ou lacustres.</p>	Gleyic Colluvic Cambisols	Colluviosols
<p>Les cordons littoraux sableux bordent une partie du littoral Ouest (sous le vent) depuis Saint-Paul jusqu'à l'Étang-Salé. Il s'agit de sables de plage repris par le vent et accumulés en bourrelets dunaires surbaissés parallèles au rivage. Ces cordons sont soit à base de sable clair calcaire madréporique issu du plateau corallien (Saint-Gilles à La Saline), soit à base de sable sombre volcanique (Saint-Paul, l'Étang-Salé), soit mixte (Saint-Leu).</p> <p>Les sables volcaniques, les plus étendus (1 500 ha) surtout à l'Étang Salé, sont composés d'un mélange de basalte, andésite, olivine, augite et titano-magnétite. Ils présentent une structure litée entrecroisée à très faible cohésion. Leur couleur d'ensemble est gris foncé à gris verdâtre. La granulométrie moyenne est la suivante : 84 % de sable grossier, 14 % de sable fin, 1 % de limon grossier, 1 % d'argile plus limon fin. En surface, ils ne présentent aucune altération hydrolytique. Sous végétation forestière de filaos, les 10 centimètres supérieurs, de couleur brun rougeâtre foncé, riche en aiguilles et racines, présentent une structure polyédrique émoussée très fragile. Il y a dans ce cas, 5 à 9 % de matière organique avec un C/N élevé (14 à 15). Le pH est de 6,5 et la CEC de 25 cmol₍₊₎/kg, avec un taux de saturation de l'ordre de 90 %.</p>	Arenosols	Arénosols

I.4.5. Aperçu des paysages de La Réunion

L'île de La Réunion présente une grande diversité de paysages nés de l'activité des deux volcans qui ont modelé l'île. Les ambiances sont multiples, sur un territoire d'à peine plus de 2 500 km², où les paysages balnéaires tropicaux côtoient des plaines d'élevage de montagne, des hauts sommets volcaniques, des cirques enclavés, des paysages minéraux et des forêts luxuriantes. La végétation se répartit en fonction de plusieurs facteurs clés comme par ex. les conditions climatiques associées et l'altitude. L'érosion est particulièrement forte à La Réunion en corrélation avec une pluviométrie parmi les plus importantes au monde, en particulier sur la côte Est (côte-au-vent).

D'après l'atlas des paysages de La Réunion (document pédagogique issu du portail du paysage de La Réunion de la DEAL) complété par le dossier UNESCO Pitons, cirques et remparts de l'île de La Réunion (Boullet et al. 2018), nous pouvons distinguer plusieurs grands types de paysages répartis selon l'exposition (Est/Ouest) et l'altitude :

- **Les reliefs se composent** de différents types de milieux liés au volcanisme actif et récent de l'île. Le haut sommet volcanique du Piton de la Fournaise à 2 600 m dévoile un paysage minéral se modifiant au gré des coulées volcaniques. La végétation de haute montagne y est donc relativement rare et discrète. Cette végétation tend à se développer avec le temps vers des steppes rases ou pelouses altimontaines et des landes ou fourrés éricoïdes. Ce type de végétation est caractéristique des hautes altitudes (au-delà de 2 000 m) et présente un fort endémisme. Ces formations végétales ont une organisation altitudinale, dynamique et géomorphologique bien marquée. En dessous des 2 000 m, apparaissent les premiers milieux boisés, avec les milieux de « forêts de Bois de Couleur des hauts ». Ces milieux recourent plusieurs types de végétations plus ou moins humides avec à l'Est des forêts humides de montagnes et à l'Ouest des forêts plus sèches. Ces forêts occupent encore 30 % de la surface de l'île et se retrouvent dans les secteurs les moins accessibles. Sur les versants les plus exposés aux pluies, les sols marécageux ont favorisé l'installation de fourrés hyper humides et impénétrables ou les pandanaies alors qu'en secteur plus sec, à l'Ouest, se développent des forêts de tamarins des hauts (arbres endémiques typiques de La Réunion) plus sèches dont les arbres peuvent se retrouver à de très hautes altitudes sous des formes prostrées au sein des milieux de steppes, pelouses et de landes.
- **Associé à ces reliefs, trois plateaux principaux** ont permis l'installation d'habitats secondaires de prairies pâturées ou de parcelles de cultures. Le développement du pâturage sur ces secteurs moins accidentés maintient des milieux ouverts en alternance avec les milieux boisés. La Plaine des Cafres, une des plus hautes plaines intérieures de l'île, en est le parfait exemple. L'élevage y tient sa place avec le pâturage (vaches et chèvres...), l'élevage de porcs, mais aussi le sylvo-pastoralisme. Ces paysages, modelés par l'élevage bovin, rappellent par endroit des paysages de montagne de métropole. Ces milieux sont cependant très fragiles et menacés et de plus en plus dégradés par l'intensification des pratiques agricoles et le développement du bâti (voir figure ci-dessus).
- **Les pentes, parfois abruptes**, sont très largement recouvertes de milieux forestiers. Les hauts de pentes sont majoritairement recouverts de forêts de transition de moyenne altitude, avec une végétation plutôt mésophile dans certains secteurs intermédiaires plus minoritaires. Ces milieux correspondent à la transition entre les forêts des hauts et des bas. Comme pour les reliefs, la végétation des pentes est elle aussi largement associée à l'exposition et à l'humidité des sols. Ainsi, à l'Ouest, peut-on observer des milieux de forêts semi-xérophiles, formations

pionnières semi-sèches, accrochées sur les remparts et les pitons. Ces forêts, de basses altitudes de la côte sous-le-vent, ont aujourd'hui quasiment toutes disparues, mais il subsiste encore quelques vestiges sur certaines pentes très encaissées de ravines ou de cirques. Les reliques de forêt semi-sèches du Bras des Merles font partie des mieux préservées de l'île et elles abritent un grand nombre d'espèces rares et protégées comme le Bois de senteur blanc (*Ruizia cordata* Cav., 1787) ou le Bois d'éponge (*Polyscias cutispongia* (Lam.) Baker, 1877). Ces forêts s'étendaient originellement jusqu'au littoral et étaient associées aux savanes herbeuses. À l'Est, les « forêts de Bois de Couleurs des Bas » sont des forêts tropicales humides de basses altitudes qui présentent la richesse d'espèces la plus importante de l'île avec de nombreuses espèces d'arbres comme le Grand Natte (*Mimusops balata* C.F.Gaertn., 1807) ou encore le Bois de Pomme rouge (*Syzygium cymosum* (Lam.) DC., 1828). Elles sont encore présentes et bien préservées dans le Sud sauvage et le Sud-Est de l'île avec les forêts de Bois Blanc, Mare-Longue, ou encore Mourouvin. La canopée peut y atteindre environ 20 m avec des sous-bois beaucoup moins denses qu'en altitude. Dans ces forêts humides, les épiphytes prolifèrent.

- **Ces différents milieux forestiers** des pentes se retrouvent au contact d'activités agricoles, repoussées par l'urbanisation sur des pentes de plus en plus fortes. L'extension des activités humaines est d'autant plus marquée que les obstacles physiques n'existent pas (voir figure ci-dessus).
- **Les paysages littoraux** sont plus diversifiés que les pentes et les hauts sommets, cependant, ils subissent de fortes pressions liées au développement de l'urbanisation et de l'agriculture sur les zones les plus accessibles du littoral. À l'Ouest, le climat plus sec et ensoleillé a largement favorisé les aménagements pour accueillir l'activité touristique, contrairement à l'Est beaucoup plus sauvage. Le développement de l'urbanisation a repoussé sur les falaises et les pentes les plus abruptes les derniers lambeaux de végétation semi-sèche. Ces forêts sèches sont des habitats très secondarisés et ont été en grande partie plantées et gérées par l'ONF depuis 1873 pour lutter contre l'érosion du cordon dunaire littoral où il existe encore quelques espèces indigènes comme la Patate à Durand (*Ipomoea pes-caprae* (L.) R.Br., 1818). Associés à ces milieux forestiers, des reliques de végétation de hautes herbes, littorales et indigènes subsistent encore. Ces milieux de savanes se retrouvent exclusivement à l'Ouest de l'île et sont très originaux par la végétation qui s'y retrouve. Le cortège végétal, dominé par des graminées, est constitué d'espèces héliophiles, xéromorphes⁴² et pour certaines pyrophiles, adaptées au fil du temps à l'exposition et aux pratiques pastorales (Briffaud, 2019). Originellement très présents sur la côte Ouest, ces milieux sont maintenant très secondarisés et convoités pour l'installation agricole et le développement urbain sur une côte très touristique.
- **La bande littorale** se compose aussi de vastes zones humides, fertiles et souvent agricoles, en arrière littoral. Ces plaines, marquées par l'absence de reliefs contraignants, sont de larges territoires plans, favorables au développement des zones urbaines, industrielles, commerciales ou agricoles. Ces longues pentes douces, cultivées au climat doux et humide et aux sols fertiles, ont dès la fin du 17^e siècle favorisé le développement des cultures : riz, blé, tabac, vigne, café (Moka), épices, vanilles, Ylang Ylang, Manioc etc... La production de canne à sucre a, quant à elle, largement influencé le paysage de La Réunion, s'étalant depuis le

⁴² Qualifie une plante montrant des adaptations morphologiques particulières afin de résister à des stress hydriques importants (*Dictionnaire Cordial*).

littoral jusqu'à parfois 500 à 600 m d'altitude. Ces zones sont entrecoupées de « tâches » d'urbanisation et de quelques reliques d'espaces naturels dans des ravines ou milieux peu accessibles, qui permettent encore la préservation d'une certaine richesse biologique et de la ressource en eau sur le littoral agricole.

Quelques illustrations de paysages typiques de La Réunion sont proposées sur les figures ci-après.



Figure 75 : Cascade du trou de fer dans la forêt de Bélouve.



Figure 76 : Cirque de Mafate.

I.4.6. Aperçu de la biodiversité de La Réunion

D'après le compteur de la biodiversité Outre-mer⁴³ en 2024, La Réunion compte 9 589 espèces indigènes sur un territoire de 2 512 km². Malgré 3 500 ha de récifs coralliens protégés par la réserve marine, 21 % des récifs sont encore en diminution. L'île compte 34 des espèces les plus envahissantes au monde sur le territoire.

Isolée du reste du monde, l'île de La Réunion a beaucoup changé depuis sa découverte en 1512. **Même si elle compte encore de nombreuses espèces végétales endémiques, protégées par les hauts reliefs et les cirques encaissés, la majorité des espaces naturels ou anthropiques sont maintenant colonisées par des espèces importées qui peuvent s'avérer envahissantes.** L'influence de l'Homme dans le paysage floristique de La Réunion d'aujourd'hui est indéniable, on compte près de 2 217 espèces introduites dont 628 se sont naturalisées et près d'une soixantaine est envahissante, parmi lesquelles l'Ajonc d'Europe (*Ulex europaeus* L., 1753), le raisin marron (*Rubus alceifolius* Poir., 1804) ou la Liane papillon (*Hiptage benghalensis* (L.) Kurz, 1874) qui sont particulièrement menaçantes. Sur les 1 784 espèces végétales vasculaires que compte l'île presque la moitié est exotique, avec 871 espèces indigènes contre 856 exotiques. Parmi ces 871 espèces indigènes, 246 espèces sont des espèces endémiques strictes, soit un taux d'endémisme de 28 % (Saliman et al., 2017) (voir Figures ci-dessus).

D'après le CBN en 2023, l'île compte 500 espèces d'Angiospermes indigènes dont environ 34 % sont des endémiques strictes et 22 % endémiques des Mascareignes, 250 espèces de Ptéridophytes dont 24 sont endémiques et plus de 700 espèces de Bryophytes. La flore est fortement menacée à La Réunion. Le dernier rapport de l'UICN de 2023 fait apparaître une situation très préoccupante et marquée par une forte aggravation de la situation avec 41 % des espèces qui sont aujourd'hui menacées contre 30 % en 2010.

La faune présente sur l'île est d'origine multiple, notamment africaine, malgache ou encore asiatique. Cependant les introductions par l'homme au fil des siècles ont participé largement à déstabiliser les équilibres écologiques de l'île. Avec respectivement 2 336 et 3 397 espèces recensées sur l'île, les Mollusques et les Arthropodes sont les deux groupes les plus représentatifs de la faune réunionnaise en nombre, cependant, ce sont les oiseaux et les poissons qui sont les plus emblématiques de l'île. La Réunion est largement reconnue pour sa grande richesse piscicole et comme lieu de migration et de nidification de nombreux oiseaux marins. Des puffins et pailles en queue (*Phaethon lepturus* Daudin, 1802) nichent le long des parois abruptes des cirques, tandis que les Pétrels de Barrau (*Pterodroma baraui* (Jouanin, 1964)) suivent ce corridor jusqu'au sommet du Gros Morne pour y nicher. L'introduction de mammifères, comme le chat ou le rat, est en partie responsable de la disparition de certaines espèces, même si la destruction de leurs habitats naturels reste la première cause de leur disparition. Selon la liste rouge des espèces menacées en France de l'UICN en 2010, sur les 165 espèces animales évaluées, 36 sont menacées à des degrés divers et 17 ont d'ores et déjà disparu (dont 13 oiseaux). Les oiseaux et les poissons d'eau douce restent les groupes les plus menacés.

La Réunion compte de nombreuses zones naturelles inscrites, classées ou incluses dans des périmètres de gestion de la biodiversité (INPN, 2024)⁴⁴ :

- **232 ZNIEFF I et II (marines et terrestres) ;**

⁴³ <https://biodiversite-outre-mer.fr/>

⁴⁴ <https://inpn.mnhn.fr/docs/communication/Carte-Panorama-biodiversite-et-aires-protegees-2020-IGN.pdf>

- 5 réserves biologiques dirigées ;
- 5 réserves biologiques intégrales ;
- 2 réserves naturelles nationales ;
- 1 site Ramsar ;
- 1 parc naturel national ;
- 1 site Patrimoine mondial de l'UNESCO ;
- des arrêtés de protection de biotope et terrains acquis par le conservatoire du littoral.

Sur les figures ci-après sont proposées quelques illustrations de zones humides de La Réunion.



Figure 77 : Etang de Saint-Paul.



Figure 78 : Zones humides de la rivière du Mât à proximité immédiate de l'océan.

I.4.7. Aperçu des pressions et menaces sur les milieux naturels réunionnais

Inhabitée lors de sa découverte au 16^e siècle, La Réunion est aujourd'hui et de loin, la plus peuplée de toutes les collectivités d'outre-mer avec 859 959 habitants en janvier 2020, selon INSEE, soit presque 1/3 de la population totale d'outre-mer. Dans ce contexte démographique, la surexploitation et la chasse, l'introduction d'espèces exotiques, le défrichement et la destruction des habitats se sont conjugués pour faire des îles Mascareignes des symboles à travers l'histoire et au niveau mondial, de la destruction de la nature par l'homme, avec l'extinction de plusieurs dizaines d'espèces de vertébrés et la disparition d'écosystèmes entiers (DIREN,2005).

La forte pression démographique (contenue par rapport à la Guyane et Mayotte) a entraîné une extension urbaine mal contrôlée avec une population essentiellement répartie dans les villes côtières. La ville de Saint-Denis héberge environ 20 % de la population totale de l'île. Au départ concentrée sur la côte, l'urbanisation s'étale maintenant de plus en plus sur les pentes sans logique de composition et d'insertion paysagère. L'étalement urbain, l'imperméabilisation des sols et la dégradation des milieux associés sont les principales menaces sur les milieux naturels (Ninon, 2012). L'augmentation de la population entraîne également le développement d'infrastructures et aménagements et la spéculation toujours plus importante sur les terres agricoles. Ainsi, la quasi-totalité des forêts de basse altitude a déjà disparu et le littoral est particulièrement menacé par l'urbanisation, la pollution et la sur-fréquentation. L'exemple le plus emblématique des infrastructures de transport est la route littorale qui suit le pied de falaise entre Saint-Denis, le pôle industrialo-portuaire et Saint-Gilles, la principale station balnéaire de l'île. Afin de limiter cette expansion des activités humaines, 44 % de la surface terrestre de l'île possède aujourd'hui un statut de protection fort, avec notamment la zone cœur du Parc National.

Les activités agricoles et forestières suivent cet essor démographique. Les zones agricoles sont repoussées par l'urbanisation dans les pentes et les hauts, aux dépens de milieux naturels souvent forestiers. Représentant 55 % de la surface agricole, la canne à sucre reste le pilier de

l'agriculture réunionnais, mais tend à diminuer. En 2020, 37 % des exploitations sont spécialisées en canne à sucre, 31 % en fruits et légumes, 17 % en polyculture-élevage et 12 % en élevage (Agreste, 2021). Les activités agricoles ont fortement participé à la dégradation des milieux naturels et à l'évolution des paysages, avec le défrichement entraînant l'augmentation de l'érosion dans certains secteurs très pentus et l'installation de cultures qui peuvent s'avérer parfois envahissantes comme la culture de la chayotte (*Sicyos edulis* Jacq., 1760) par exemple.

L'élevage, quant à lui, s'étend de plus en plus loin dans les terres et participe à l'ouverture de milieux forestiers jusqu'aux hauts plateaux. La divagation du bétail est source de dégradation, avec l'ouverture et la perturbation des milieux favorisant la prolifération d'espèces exotiques envahissantes et le piétinement des jeunes pousses limitant la recolonisation naturelle des espèces indigènes.

Originellement couverte de forêts, l'île de La Réunion a largement été défrichée durant les 17^e et 18^e siècle, ce qui a conduit à la disparition totale des forêts sous le vent entre 800 et 1 400 m d'altitude. Ce n'est qu'au 19^e siècle que les Réunionnais prennent conscience de ce phénomène. Aujourd'hui, l'ONF produit annuellement 10 à 15 000 m³ de bois destinés à alimenter une filière en bois de Tamarin *Acacia heterophylla* (ébénisterie), de *Cryptomeria japonica* (L.f.) D.Don, 1841 (construction) et d'*Acacia mearnsii* (énergétique). Largement délaissée lors des dernières décennies, la filière Forêt-Bois fait face à des difficultés de viabilité économique. Les données de 1990 à 2008 ont montré une déforestation continue moyenne de 370 ha par an. Les données récentes montrent une inversion des courbes avec une évolution de surface en 2022 de +0,5 % par an pour une surface de 98 000 ha (IGN, 2022). L'exploitation forestière conduit à l'ouverture de pistes d'exploitation favorisant l'entrée d'espèces exotiques envahissantes. La Réunion est confrontée à un défi environnemental lié à la nécessité de conserver les forêts et d'effectuer des reboisements pour tenter de limiter les effets de l'érosion.

D'autres activités humaines sont présentes sur le territoire. Le développement touristique de l'île est l'un des plus visibles sur les habitats littoraux. Cette activité participe au développement urbain des pentes et intensifie les pressions sur le littoral. Le contact terre-mer s'inscrit ainsi dans une problématique articulant fortement gestion, protection, aménagement, sans toujours parvenir à éviter les conflits. Par exemple, l'apparition de conflits entre la protection du milieu marin et le développement économique se font sentir depuis 2010 avec la recrudescence à cette période des attaques de requins et la dénonciation de la réserve naturelle marine comme favorisant ce phénomène. La volonté de développer l'écotourisme sur l'île n'a pour l'instant pas endigué le phénomène de pression d'urbanisation. L'activité de pêche est encore assez peu encadrée, car hormis dans la Réserve naturelle marine, il n'existe aucun dispositif de protection ou de gestion des ressources dans la zone économique exclusive (Hoarau, 2022).

Les espèces exotiques envahissantes sont une très forte menace sur la biodiversité du territoire. Dans les zones protégées, comme le cœur du Parc national, les espèces invasives sont devenues la première cause de perte de biodiversité. De par son insularité et l'endémisme élevé de sa flore et de sa faune, l'île de La Réunion est particulièrement sensible aux invasions biologiques. La lutte contre ces espèces est un des axes prioritaires dans la stratégie réunionnais de la biodiversité (2013-2020) et un engagement fort du Grenelle de l'Environnement (Art. 23 de la loi Grenelle du 3 août 2009). La lutte contre les espèces invasives est également une priorité pour le maintien du classement des « Cirques, Pitons et Remparts de La Réunion » au patrimoine mondial de l'UNESCO. Tous les milieux sont touchés. Ainsi, pour ne citer que quelques exemples, la jacinthe d'eau (*Pontederia crassipes* Mart., 1823) a totalement envahi de nombreux points d'eau comme l'étang du Gol, limitant l'installation d'espèces indigènes, modifiant les écoulements naturels et stoppant une grande partie des activités humaines ; ou encore le raisin marron (*Rubus alceifolius* Poir., 1804), introduit en 1840 et qui est devenu très abondant jusqu'à 1 600 m d'altitude, représente une menace

en asphyxiant les sous-bois clairs des forêts de tamarins et tout chablis forestier empêchant la régénération naturelle des espèces indigènes et limitant de ce fait l'exploitation sylvicole de ces forêts. Le rason marron prolifère également dans les ravines par ex. Pour cette espèce en particulier différents moyens de lutte ont été testés, comme par exemple la lutte biologique avec la mouche bleue (*Cibdela janthina* (Klug, 1834) qui a apporté dans un premier temps une réponse favorable avant de s'étendre sur les cultures comme les letchis, les baies roses ou encore le tabac et devenant de ce fait une nouvelle espèce exotique envahissante.

Comme la totalité de la planète, La Réunion subit l'évolution du climat. Ainsi, les températures ont déjà augmenté en moyenne de 0,9°C (contre 1,6°C en moyenne, à l'échelle mondiale). La modification des températures peut entraîner une accentuation du contraste pluviométrique Est/Ouest avec une baisse significative sur le cumul annuel des précipitations du Sud-Ouest où les sécheresses seront plus fréquentes, alors que la côte Nord-est, pourrait présenter des épisodes pluvieux plus intenses, accentuant encore les phénomènes d'érosion et de glissement de terrain. Enfin, l'augmentation du niveau des mers, du nombre de cyclones et de tempêtes, sur des populations concentrées sur le littoral, peut avoir un fort impact humain et économique durant les décennies à venir (Leroux et Bonnardot, 2023).

Quelques illustrations d'aménagements et de pressions sur les zones humides de La Réunion sont proposées sur les figures ci-après.



Figure 79 : Zone humide arrière littorale drainée et remblayée près de l'Etang Salé.



Figure 80 : Culture de canne à sucre dans une zone humide de bas fond à Sainte-Suzanne.

I.5. Mayotte

L'île de Mayotte, appartenant à l'archipel des Comores, est située dans l'océan Indien entre l'équateur et le tropique du Capricorne, à mi-chemin entre Madagascar et l'Afrique continentale. Elle est constituée de deux principales îles, Grande-Terre (365 km²) et Petite-Terre (10 km²), auxquelles s'ajoute une trentaine de petits îlots parsemés dans un lagon de plus de 1 100 km². L'île de Mayotte est surnommée « l'île aux parfums » en raison de ses senteurs de vanille et d'ylang-ylang ou « l'île au lagon », lagon réputé pour être l'un des plus grands et des plus beaux du monde, et délimité par un récif corallien de près de 160 km de long. D'une superficie totale de 375 km², Mayotte est environ six fois plus petite que l'île de La Réunion, dont elle est distante de 1 500 km (IEDOM, 2012b).

I.5.1. Climat de Mayotte

Mayotte est soumise à un climat de type tropical chaud, humide et maritime, caractérisé par de faibles variations de température journalières et annuelles (avec une moyenne annuelle de 25,6°C) et une pluviosité moyenne variant de 1 000 à 2 000 mm/an sur les plus hauts sommets (IEDOM, 2011).

Les deux principaux régimes de vents influençant l'île sont le vent de mousson (chaud et humide, de Nord à Nord-Ouest en été austral) et l'alizé engendré par l'anticyclone des Mascareignes (frais et sec, de Sud-Est en hiver austral). En liaison avec ces deux régimes de vents, deux principales saisons caractérisent l'année, l'une chaude et pluvieuse (l'été austral de novembre à avril), et l'autre plus fraîche et sèche (l'hiver austral de mai à octobre) ; elles sont séparées par deux intersaisons plus brèves (Météo – France, 2022). Plus des trois quarts des précipitations ont lieu pendant l'été austral, qui correspond à la période où Mayotte est exposée à des tempêtes cycloniques (bien que la plupart des cyclones perdent de leur puissance en traversant Madagascar) (IEDOM, 2011). La Figure ci-après indique le cumul moyen de la pluviosité sur la période 1995-2014 pendant la saison des pluies, d'une part, et pendant la saison sèche, d'autre part (Météo – France, 2022).

Si les températures se distinguent par leur faible amplitude journalière et annuelle, et surtout restent homogènes sur toute l'île, les précipitations s'apprécient par leur disparité. En effet, malgré la petite taille de l'île, les pluies qui tombent dans le centre et le Nord-Ouest de Grande-Terre représentent plus du double de celles que reçoit le Sud. On observe également une forte disparité selon les saisons et même au sein d'une même saison. Ainsi, pendant toute l'année et même pendant la saison pluvieuse, c'est plutôt le soleil qui prédomine sur l'île, et les précipitations ne durent pas (Météo – France, 2022).

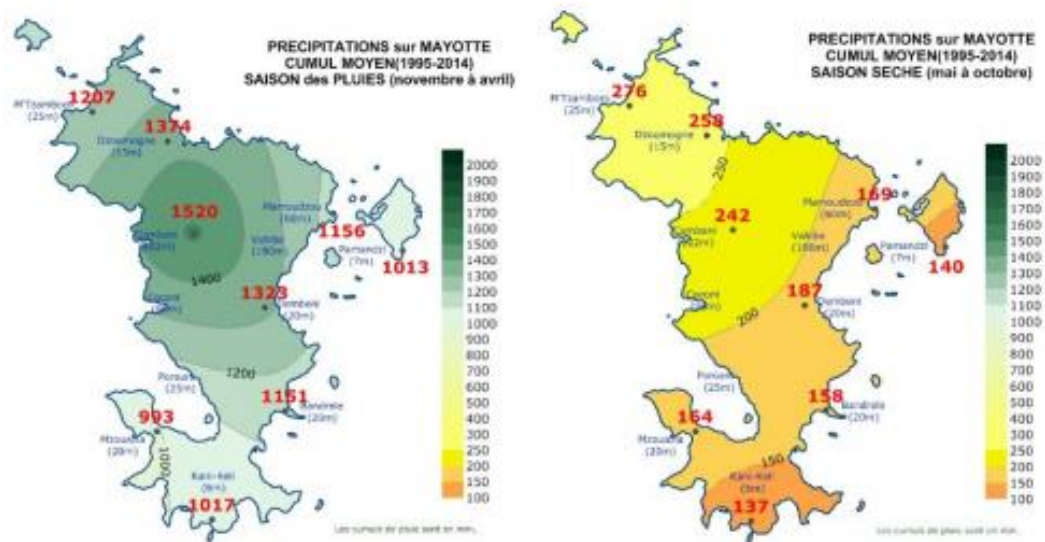


Figure 81 : Carte pluviométrique de Mayotte avec la moyenne des cumuls pluviométriques (mm) sur la période 1995-2014 pendant la saison des pluies (à gauche) et pendant la saison sèche (à droite) (Météo – France, 2022).

L'été et l'hiver austral sont clairement observables sur les diagrammes ombrothermiques ci-après (Figures ci-après). Des conditions sèches sont clairement observables entre mai et septembre, voire jusqu'à octobre selon les localités.

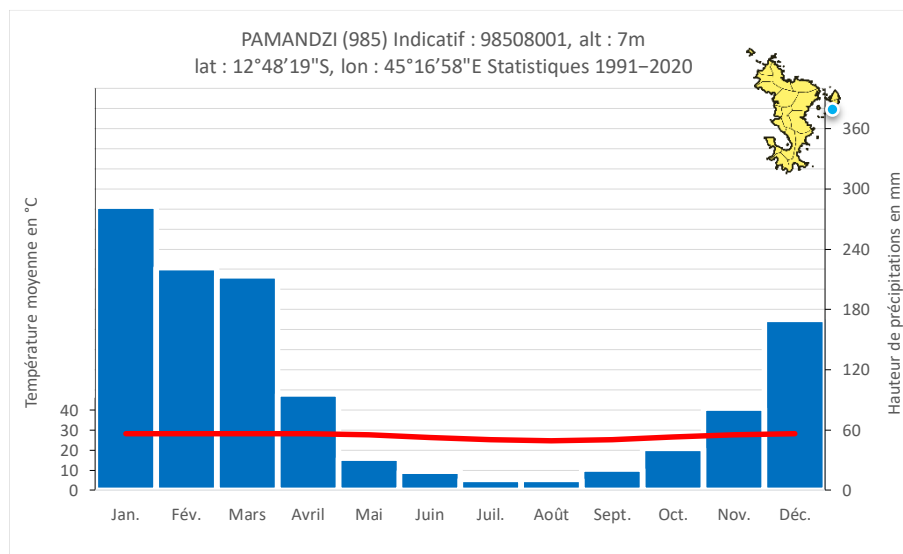


Figure 82 : Diagramme ombrothermique à Pamandzi. Source : Météo-France.

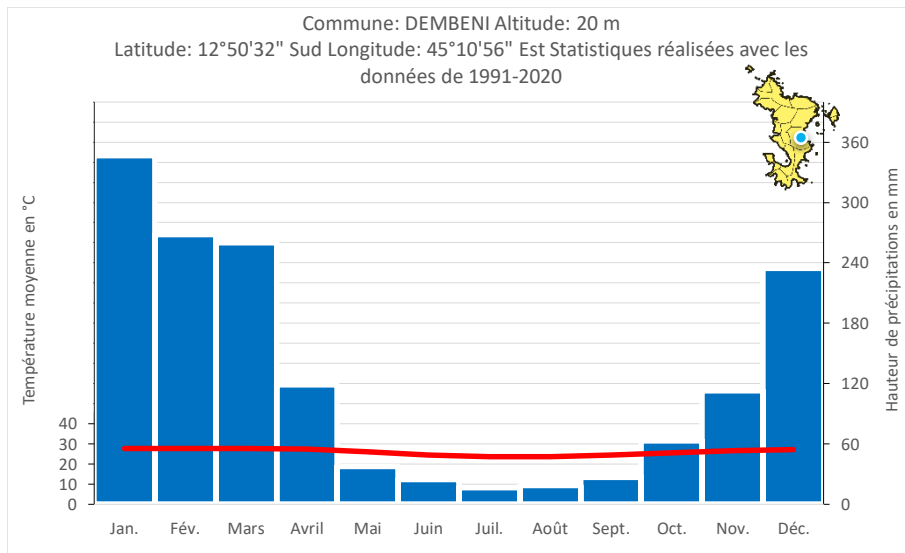


Figure 83 : Diagramme ombrothermique à Dembeni. Source : Météociel.

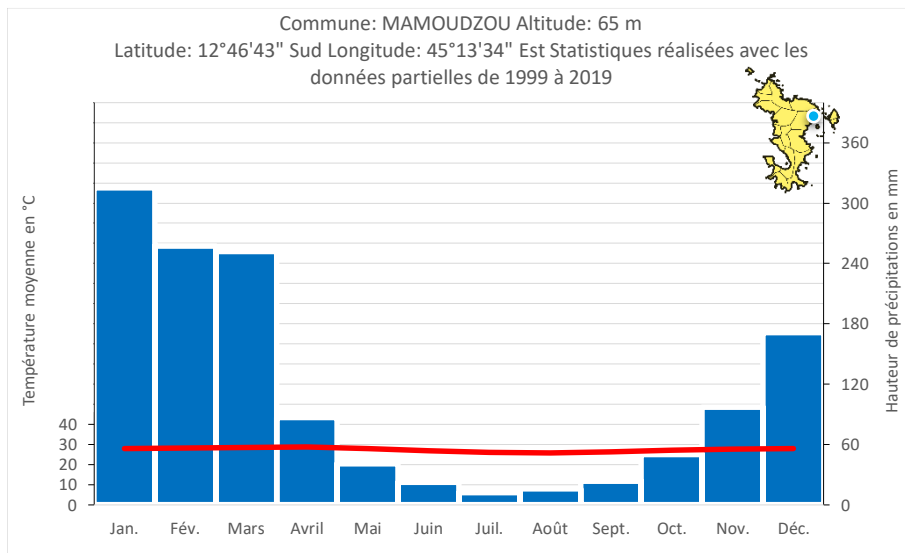


Figure 84 : Diagramme ombrothermique à Mamoudzou (1/2). Source : Météociel.

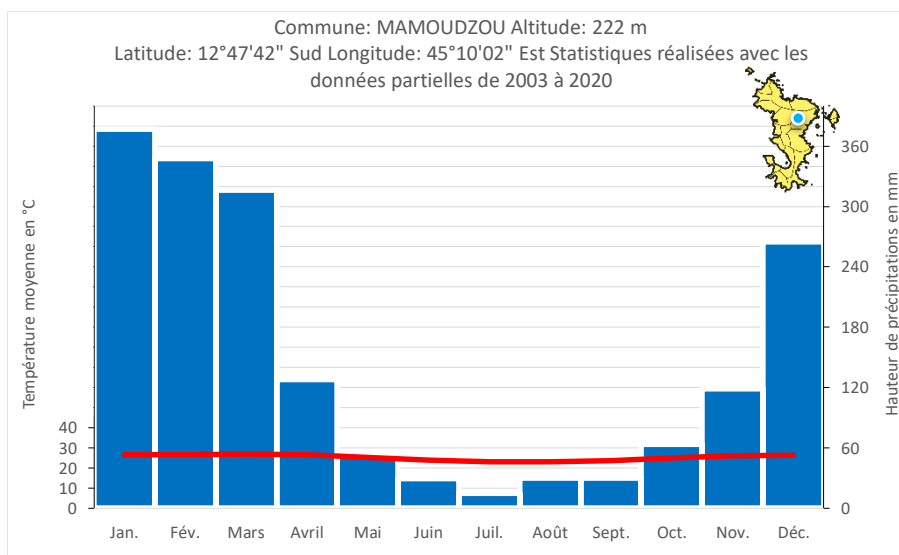


Figure 85 : Diagramme ombrothermique à Mamoudzou (2/2). Source : Météociel.

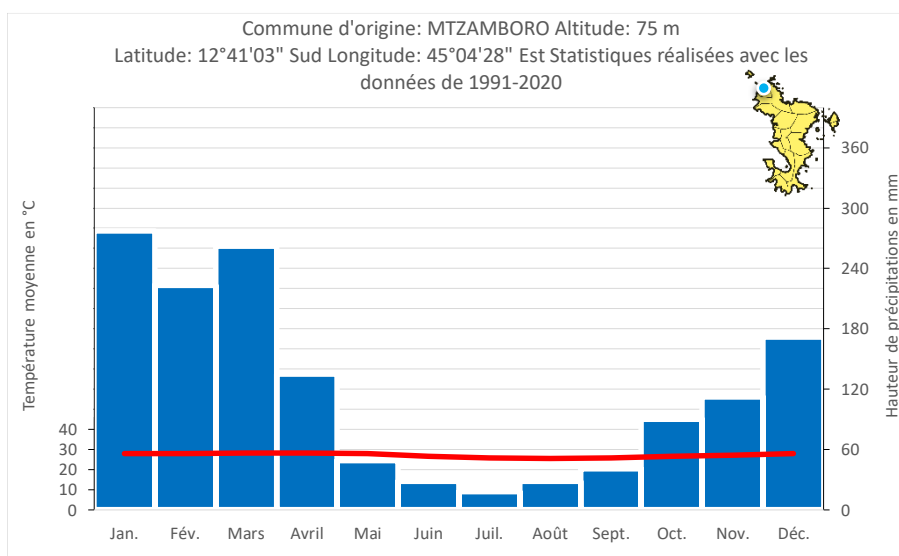


Figure 86 : Diagramme ombrothermique à Mtsamboro. Source : Météociel.

I.5.2. Hydrographie de Mayotte

Mayotte possède une hydrographie particulière tant par son important lagon et son exceptionnel récif coralien, que par sa topographie qui dessine de nombreux petits bassins versants. Ainsi, on distingue les masses d'eau douce superficielles (les cours d'eau et les plans d'eau) qui constituent le réseau hydrographique, et les masses d'eau côtières de l'île (Figure ci-après) (DEAL Mayotte, 2015a).

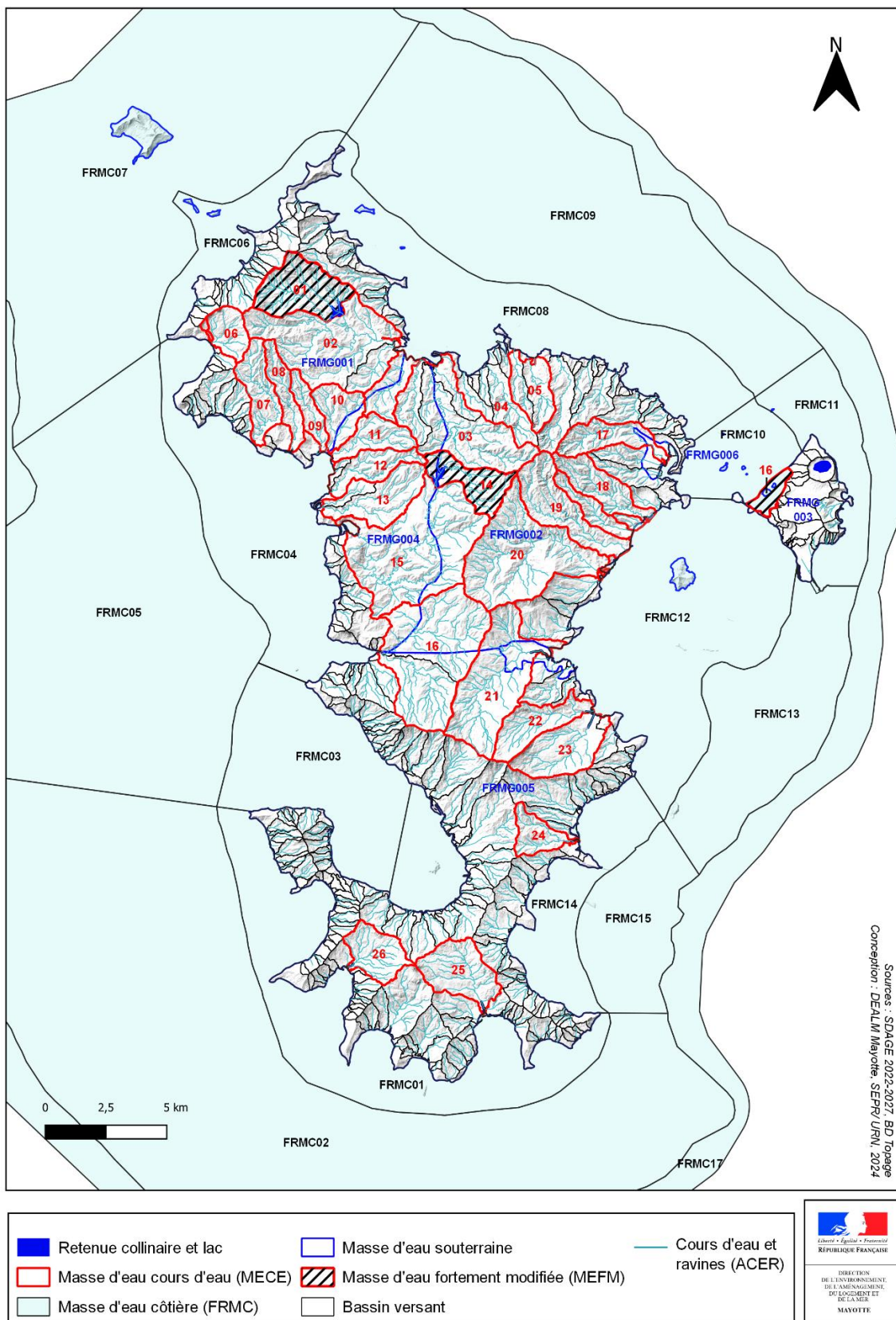


Figure 87 : Hydrographie à Mayotte (carte réalisée par la DEALM Mayotte en 2023).

Le réseau hydrographique de Mayotte est composé de nombreuses ravines intermittentes, et d'une vingtaine de rivières pérennes. La superficie des bassins versants de ces rivières ne dépasse pas 25 km² et seulement dix possèdent une superficie supérieure à 5 km². Le principal cours d'eau est l'Ourovéni avec un linéaire de 13,9 km et une superficie de 23,3 km² pour son bassin versant. Les rivières pérennes de Mayotte sont essentiellement dans le Nord de Grande-Terre, l'île principale. La topographie particulière de l'île conjuguée au climat génère des disparités spatiales et temporelles importantes à Mayotte. Le Nord de Grande-Terre est plus arrosé avec une topographie favorisant des écoulements plus lents alors que le Sud reçoit moins de précipitations avec de plus petits bassins versants et ainsi des temps de concentration plus courts, une goutte d'eau tombant à l'amont d'un bassin versant rejoint plus rapidement le lagon. Sur Petite-Terre, il n'y a pas de rivières pérennes mais seulement des écoulements temporaires en saison des pluies. La saisonnalité entraîne aussi de fortes disparités. En saison sèche, la diminution des apports se traduit par des faibles débits et des assecs, alors qu'en saison humide des épisodes pluvieux isolés et intenses peuvent générer des crues torrentielles qui engendrent d'importants dégâts en raison des difficultés rencontrées pour prédire ces événements et des temps de concentration très courts dus à la faible superficie des bassins versants. **La majorité des cours d'eau à Mayotte ont une partie amont présentant de fortes pentes favorisant un régime torrentiel, à l'aval la pente se réduit et les cours d'eau rejoignent le lagon.** L'embouchure est souvent colonisée par les mangroves (Nehlig et al., 2013).

Les masses d'eau côtières ont une définition de leur typologie basée sur plusieurs facteurs : le renouvellement de l'eau, le courant, la houle, la topographie de fond, la position par rapport à la barrière de corail et le substrat dominant (DEAL Mayotte, 2015a).

Tableau 6 : Les masses d'eau côtières de Mayotte (DEAL Mayotte, 2015a) ; la topographie de fond est exprimée en m.

		Sous-groupe	Renouvellement eau	Courant	Houle	Topographie fond	Substrat dominant
FRMC17	Eaux du Large	Large	Fort	Fort	Fort	50-800	Sable
FRMC02	Grand récif du Sud	Lagonnaire	Moyen à Fort	Moyen à Fort	Moyen à Fort	0-70	Sable
FRMC05	Barrière immergée Ouest	Lagonnaire	Moyen à Fort	Moyen à Fort	Moyen à Fort	0-50	Sable
FRMC13	Pamandzi-Ajangoua-Bandrelé	Lagonnaire	Moyen à Fort	Moyen à Fort	Moyen à Fort	0-70	Sable
FRMC15	Bambo Est	Lagonnaire	Moyen à Fort	Moyen à Fort	Moyen à Fort	0-40	Sable
FRMC07	M'Tsambaro-Choizil	Lagonnaire	Moyen à Fort	Fort	Moyen à Fort	0-58	Sable et Sablo vaseux
FRMC09	Récif du Nord-Est	Lagonnaire	Moyen à Fort	Fort	Moyen à Fort	0-40	Sable et Sablo vaseux
FRMC11	Mamoudzou-Dzaoudzi	Lagonnaire	Moyen à Fort	Fort	Moyen à Fort	0-15	Sable et Sablo vaseux
FRMC06	M'Tsambaro-Choizil	Côtière	Faible à Moyen	Faible à Moyen	Faible à Moyen	0-58	Sablo-vaseux
FRMC01	Grand récif du Sud	Côtière	Faible à Moyen	Faible à Moyen	Faible à Moyen	0-30	Sablo-vaseux
FRMC08	Récif du Nord-Est	Côtière	Faible à Moyen	Faible à Moyen	Faible à Moyen	0-40	Sablo-vaseux
FRMC10	Mamoudzou-Dzaoudzi	Côtière	Faible à Moyen	Faible à Moyen	Faible à Moyen	0-20	Sablo-vaseux
FRMC14	Bambo Est	Côtière	Faible à Moyen	Faible à Moyen	Faible à Moyen	0-30	Sablo-vaseux
FRMC04	Barrière immergée Ouest	Côtière	Faible à Moyen	Faible à Moyen	Faible à Moyen	0-50	Sablo-vaseux
FRMC12	Pamandzi-Ajangoua-Bandrelé	Côtière	Faible à Moyen	Faible à Moyen	Faible à Moyen	0-40	Sablo-vaseux
FRMC03	Baie de Bouéni	Baie	Faible	Faible	Faible	0-30	Sablo-vaseux
FRMC16	Vasière des badamiers	Vasière	Faible	Faible	Faible	0-3	Vaseux

I.5.3. Contextes géologiques de Mayotte

Mayotte est la plus vieille île de l'archipel des Comores (8 Ma) et est issue d'un volcanisme intraplaque. Des éruptions successives contribuent à son édification avec des phases tour à tour effusives (coulées) et explosives (retombées) dont les plus récentes sont celles de Petite-Terre (cratères de Moya, Dziani Dzaha par exemple). Cette île volcanique est issue de la réunion de deux

grands volcans-boucliers datés de 8 et 4 Ma. Quatre à cinq phases successives de volcanisme actif ont suivi, dont la plus récente, la phase explosive de Pamandzi (–10 000 ans) a donné naissance à « Petite Terre » (Brivois et Fontaine, 2012). La carte bathymétrique de la pente insulaire et la représentation du relief de Mayotte (Figure ci-après) indiquent que la base de l'ancien volcan est à plus de 3 000 m de profondeur (Audru et al., 2006).

La configuration géomorphologique actuelle de l'île de Mayotte résulte de divers processus physiques, successifs ou simultanés et souvent en interaction. Ces processus sont entre autres les effondrements volcano-tectoniques de type caldeira, l'enfoncement gravitaire (subsidence), les glissements de grande ampleur, l'altération des roches, l'érosion géologique, la construction des récifs coralliens, l'eustatisme⁴⁵ et la dynamique océanique (De La Torre et Aubie, 2003). Il en résulte un modelé de l'île principale constitué de nombreux bassins séparés par des crêtes et débouchant sur les multiples baies limitées par des caps rocheux. Le récif barrière s'est façonné en raison de la subsidence de l'île. Il est échanuré par quelques passes qui correspondent principalement à des paléovallées (Brivois et Fontaine, 2012). L'évolution géologique contemporaine se traduit par le comblement des dépressions volcaniques et des cratères d'explosion, l'érosion et l'altération argileuse des séries volcaniques et l'installation de plages sableuses et de lagunes à mangroves (Audru et al., 2003).

D'après la carte géologique de surface (Figure ci-après) (Ginger Environnement et Infrastructures, 2007), les formations volcaniques scindent l'île globalement en cinq zones :

- une grande partie du Sud, ancienne et altérée, avec des formations plus récentes de phonolites⁴⁶ au niveau des plus hauts sommets ;
- une zone Nord-Ouest également ancienne et altérée, marquée par l'activité du rift volcanique plus récente visible par la présence de nombreux dykes ;
- une zone Nord caractérisée par la formation phonolitique du Mtsapéré ;
- une zone Nord-Est constituée de pyroclastites de fin Pléistocène ;
- la Petite-Terre qui est la formation la plus récente (cendres et ponces trachytiques⁴⁷).

Les formations sédimentaires occupent de faibles superficies comparées à celles des roches volcaniques. Des colluvions de versant ceignent essentiellement les plus hauts sommets. Les formations de plage (sable, cordons littoraux, cayes de sable corallien⁴⁸) se localisent sur les côtes exposées à la houle c'est-à-dire en face des passes. Les plus belles plages de sable blanc se situent sur la côte Ouest et sur les îlots. Des alluvions forment les plaines en arrière-mangroves (sédiments sablo-limoneux généralement) et sont également réparties sur l'ensemble du réseau hydrographique. Les plaines littorales les plus impressionnantes sont celles de Chirongui et Bandré (Ginger Environnement et Infrastructures, 2007).

⁴⁵ Variation du niveau des mers due au climat ou aux mouvements tectoniques.

⁴⁶ La phonolite est une roche volcanique effusive dont la teneur en SiO₂ est faible, généralement comprise entre 50 et 60 % et dont la teneur en alcalin (Na₂O + K₂O) est très forte, généralement supérieure à 10 %.

⁴⁷ La trachyte est une roche volcanique dont la teneur en SiO₂ est élevée, généralement supérieure à 60 % et dont la teneur en alcalin (Na₂O + K₂O) est forte, généralement supérieure à 7 %. Souvent légère car un peu poreuse, elle est riche en feldspaths alcalins.

⁴⁸ Îlot corallien sableux.

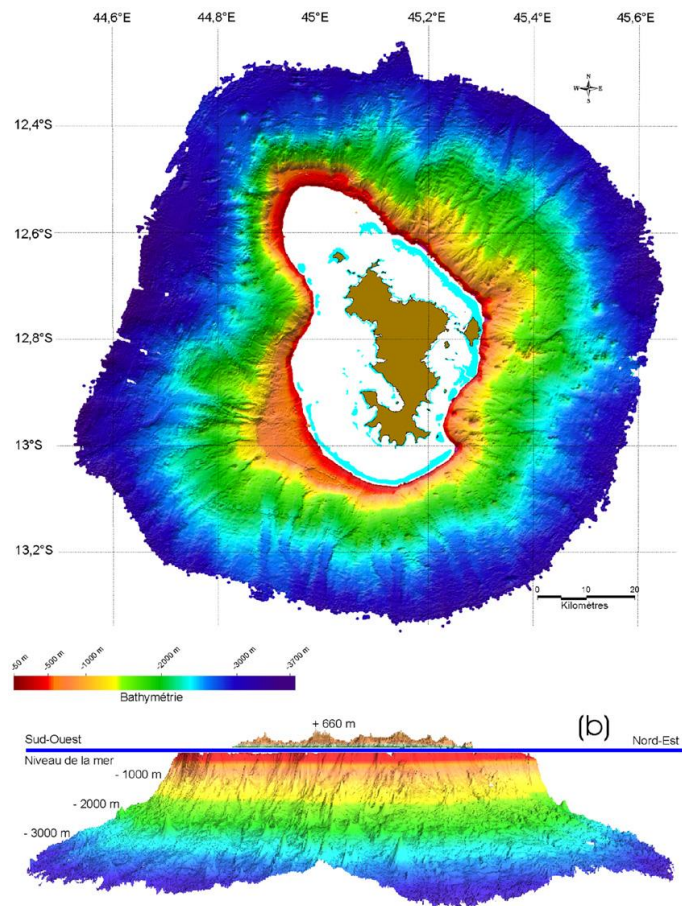


Figure 88 : Carte bathymétrique de la pente insulaire de Mayotte (pas du MNT = 50 m), avec un estompage depuis le Sud (a) et représentation de la pente insulaire et du relief, avec un point d'observation fictif d'Est en Ouest (b) (Audru et al., 2006).

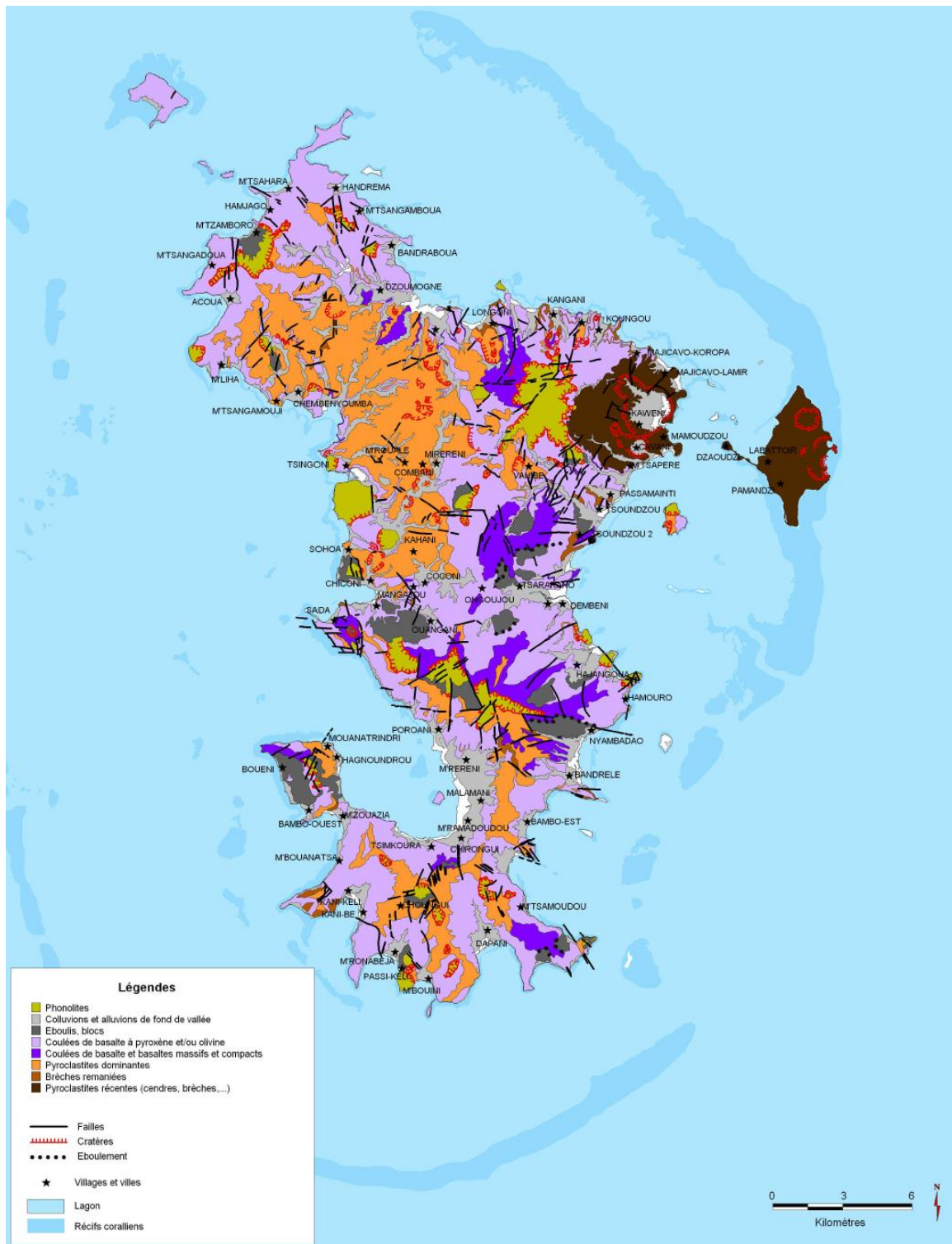


Figure 89 : Carte géologique de Mayotte (Ginger Environnement et Infrastructures, 2007).

I.5.4. Aperçu géomorphologique et pédologique de Mayotte

L'évolution géomorphologique de Mayotte depuis les dernières éruptions volcaniques se traduit par des reliefs peu élevés, des profils d'altération épais d'une dizaine de mètres et par une couronne récifale qui illustre la subsidence générale de l'île depuis environ 1,5 Ma. Les bas niveaux marins du Quaternaire ont été enregistrés dans les karsts qui jalonnent le récif aujourd'hui immergé

de Mayotte (Audru et al., 2003). Le climat chaud et humide, favorisant l'altération et l'érosion, a contribué à façonner l'île qui présente des dénivelés moyens avec de nombreux plateaux à l'intérieur des terres, quelquefois séparés par de profondes vallées. Les quelques plaines de l'île sont situées en arrière des baies. Le relief est dominé par deux massifs basaltiques : les monts Bénara et Choungui. Le premier est considéré comme le « toit de Mayotte » ; c'est un dôme de lave phonolitique culminant à 660 m d'altitude au centre de l'île (Graviou et Rançon, 2001). Grande Terre a la forme caractéristique d'un hippocampe avec ses côtes escarpées, dessinant de nombreuses baies abritant pour la plupart des mangroves (Figure ci-dessus) (Ginger Environnement et Infrastructures, 2007).

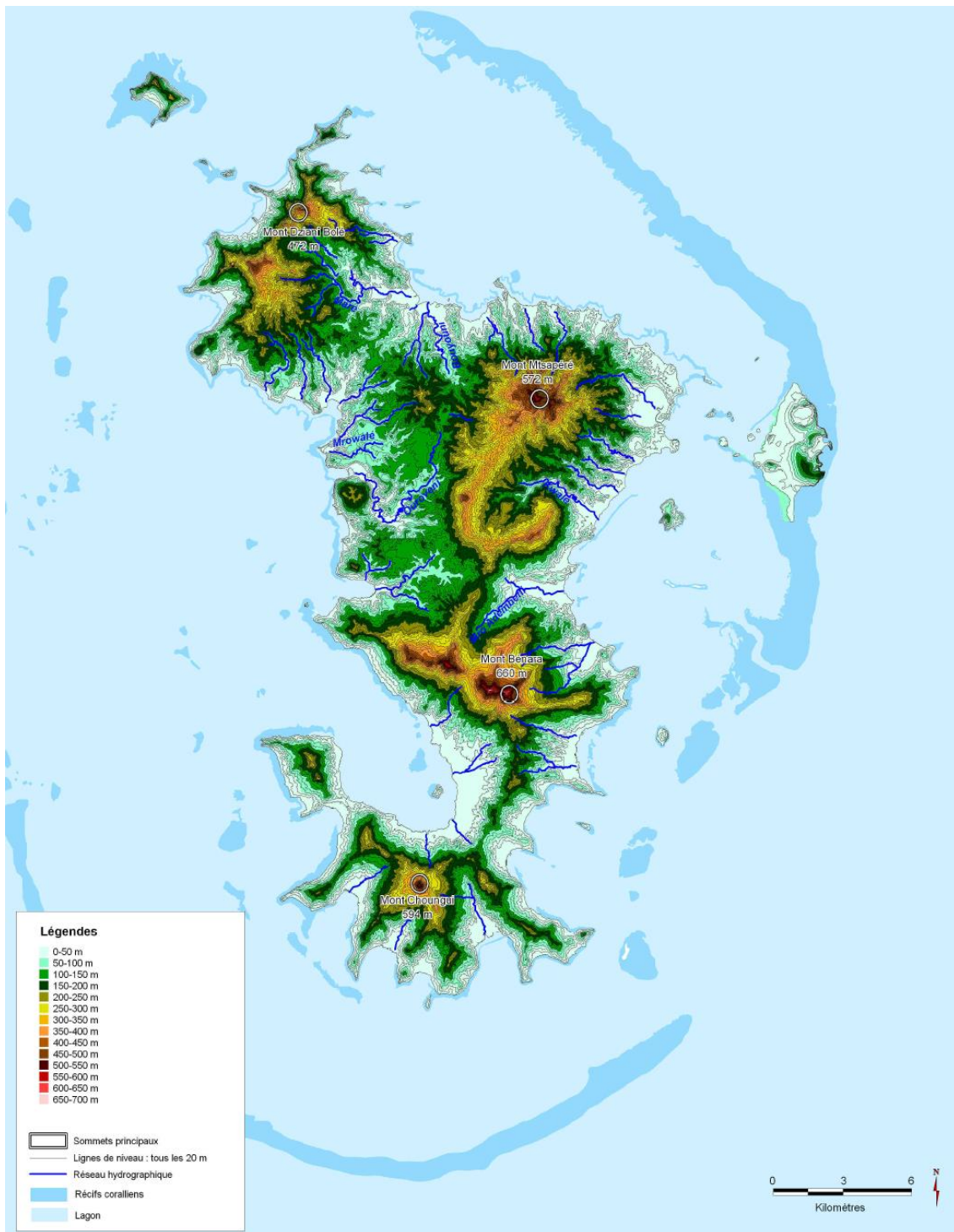


Figure 90 : Carte topographique de Mayotte (Ginger Environnement et Infrastructures, 2007).

Les sols de l'île sont profondément soumis aux phénomènes d'altérations et de rajeunissements en raison de l'érosion permanente. D'après Raunet (1992), la quasi-totalité de l'île a été ferrallitisée⁴⁹. Toutes les roches (à l'exception de celles issues des volcanismes récents) ont été

⁴⁹ Les termes autour de la notion de « ferrallitisation » sont historiques et ne prévalent plus. Ils ont été utilisés essentiellement lors de la seconde moitié du XX^e siècle notamment lors des levés des cartes pédologiques dans les milieux tropicaux. Depuis plusieurs décennies, ils ont été redéfinis plus précisément et différemment. La ferrallitisation se définissait comme un processus d'altération intense des sols en conditions climatiques chaudes et humides. Ce processus amenait à l'élimination totale par lixiviation de la silice et des autres éléments alcalins et alcalino-terreux et conduisaient à la formation de sols riches en oxyhydroxydes de fer et d'aluminium.

affectées par une épaisse altération hydrolytique⁵⁰ qui a atteint 30 mètres d'épaisseur par endroits.

Le sommet de ce manteau d'altération a été argilifié, kaolinisé et rubéfié⁵¹ par libération des sesquioxydes de fer, pour former des sols ferrallitiques proprement dits, sans restes de minéraux primaires (Figure ci-après). La morpho-dynamique a repris la plupart de ces sols pour les tronquer ou les déplacer par mouvements de masse durant le façonnement des modelés, alors que l'altération profonde par les eaux d'infiltration se perpétuait. Suivant le sens du couple antagoniste « érosion/altération », on distingue :

- des modelés à sols ferrallitiques tronqués ;
- des modelés à sols ferrallitiques glissés et remaniés : ils présentent une matrice homogène, brun rouge à rouge sombre, très argileux, et occupent une place considérable, en particulier dans les vastes amphithéâtres et alvéoles dominés par des crêtes résiduelles ;
- des modelés à sols ferrallitiques épais en place : de couleur brun rouge à rouge sombre, ils sont très argileux et issus de roches totalement digérées et homogénéisées par kaolinisation et libération du fer sous forme de sesquioxydes, et se retrouvent sur les plateaux de Combani et Coconi et sur les planèzes de Bandrelé ;
- des modelés de remblaiement à accumulations colluvio-alluviales provenant des altérites décapées : les alluvions sont à dominance argileuse kaolinique avec quelques passées gravillonnaires, tandis que les colluvions de bordure des plaines sont plus riches en graviers altéritiques sur toute leur épaisseur. Ils constituent toutes les plaines littorales avec leur glaciais d'épandage latéraux, ainsi que les fonds de vallées. Des néoformations d'argiles gonflantes (montmorillonite) peuvent apparaître dans le Sud, donnant des sols à tendance vertique ;
- des modelés à altérites décapées.

Par ailleurs, de façon spécifique, en se basant sur la position topographique basse, **Latrille (1981), et Guiot et Lacoste (2011) ont identifié six types de sols issus des accumulations détritiques ou colluvio-alluviales, présentant systématiquement des caractères hydromorphiques considérés comme indicateurs des zones humides :**

- type 1 : sols hydromorphes de mangroves, formés d'alluvions fluvio-marines à accumulation d'argiles et limons, périodiquement inondés par les marées ;
- type 2 : sols hydromorphes à gley de surface, formés d'alluvions fines des plaines littorales, observés dans les plaines littorales de transition avec la mangrove ;
- type 3 : sols hydromorphes brunifiants à gley de surface, formés d'alluvions très fines des plaines littorales, observés dans les plaines littorales ;
- type 4 : sols hydromorphes brunifiants à gley de surface, formés d'alluvions fines des plaines intérieures, observés dans les plaines intérieures ;
- type 5 : sols vertiques hydromorphes, formés d'alluvions fines des débouchés de torrents, observés dans les glaciais d'épandage ;
- type 6 : sols hydromorphes formés de colluvio-alluvions observés dans les fonds de vallées indifférenciés.

⁵⁰ processus ou réaction d'hydrolyse, durant lequel une molécule est clivée en deux par l'action de l'eau, décomposée elle-même en ions hydrogène (H⁺) et hydroxyde (OH⁻).

⁵¹ Il faut comprendre une transformation poussée en argiles, notamment en kaolinite, et une coloration rouge.

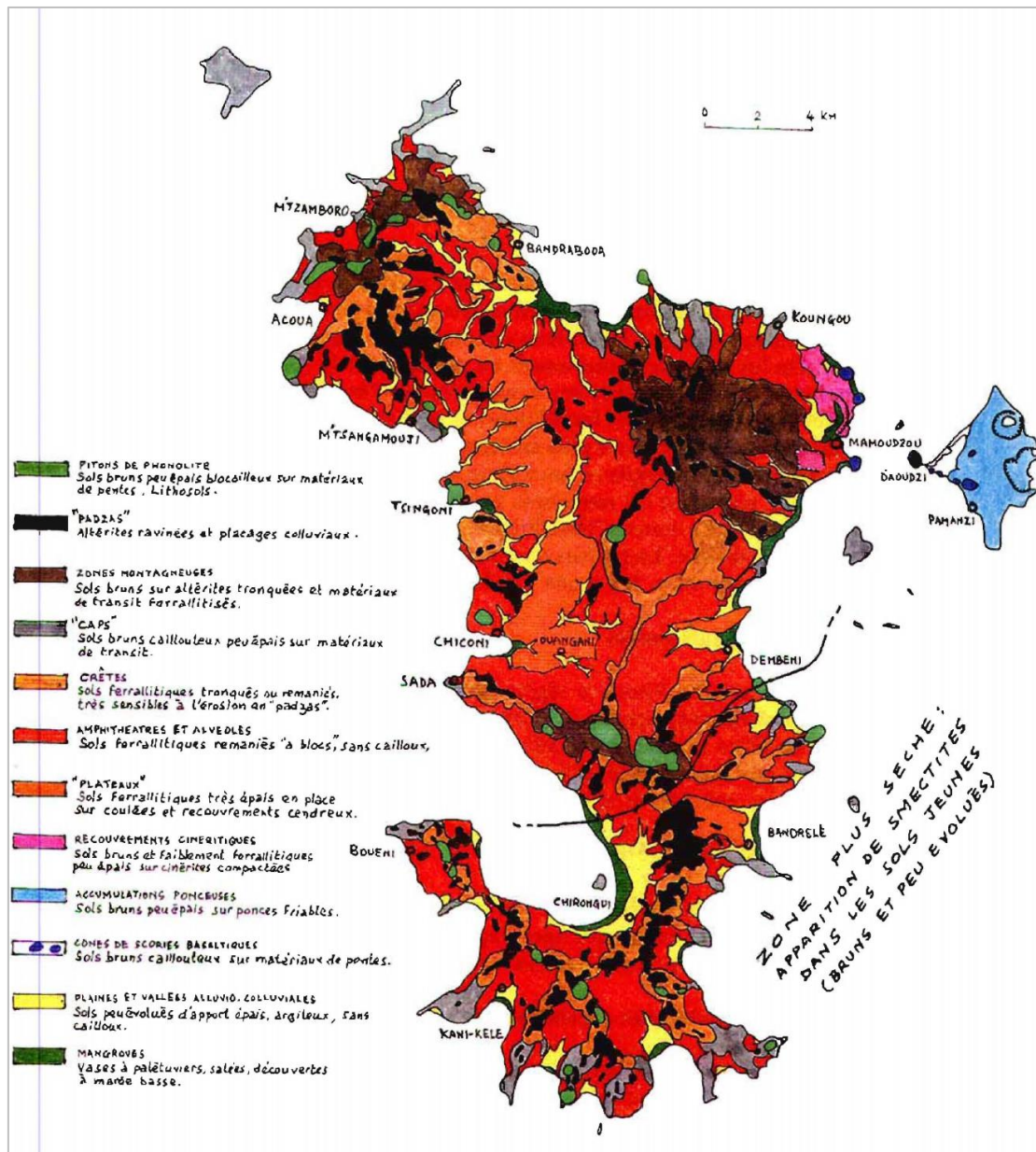


Figure 91 : Schéma morpho-pédologique de Mayotte (Raunet, 1992).

I.5.5. Aperçu des paysages de Mayotte

Entre la terre et le lagon, entre le littoral et l'arrière-pays, les paysages sont des interfaces où chaque élément (la mangrove, le littoral, la pointe, la baie urbanisée, la plaine et la pente agricole, la réserve forestière...) tient une place d'après une hiérarchie issue de l'histoire naturelle et socio-culturelle de Mayotte. Le développement démographique et le changement de société en cours à Mayotte génèrent des pressions qui fragilisent ces équilibres, avec pour effet de changer localement et durablement les paysages, en particulier sur le littoral mahorais qui cristallise l'essentiel des enjeux de développement (VU D'ICI, 2013).

La diversité des paysages est importante malgré la petite taille de l'île. Dans les terres, l'agriculture vivrière est omniprésente (paysage de type agroforestier), mêlant diverses cultures basses et arbres fruitiers. Cependant, les nouvelles cultures intensives et mono-spécifiques (manioc et banane) marquent de plus en plus fortement les milieux naturels (BRLi, 2019) (Figures ci-dessus).

Mayotte possède un condensé de végétations tropicales sèches à humides, des forêts primaires aux forêts secondaires, de la végétation sub-montagnarde à la mangrove. Le couvert forestier occupe près de 11 000 ha soit 28,8 % du territoire. Les agro-systèmes représentent la moitié de l'occupation du sol de l'île. L'urbanisation représente actuellement près de 4 % de la surface totale de l'île.

L'ensemble des formations forestières sont plus ou moins secondarisées et dégradées sous l'effet de la pression anthropique. Il ne subsisterait aujourd'hui que 5 % de végétation naturelle originelle du fait de leur topographie (fortes pentes, crêtes, sommets), de leur nature (mangrove) ou de croyances (Ziaras).

Les forêts naturelles terrestres de Mayotte se localisent sur les sommets de l'île (Bénara, Bépilipili, Choungui, Tchaourembo, M'tsapere, Hachiroungou, Combani), les îlots (Mbouzi, Mtsamboro) et les pointes (Saziley, Dapani, Sohoa, Handrema, Boungoudranavi, Moya). Elles couvrent une superficie de 1 122,84 ha soit 3 % de la surface des terres émergées de Mayotte et sont comprises dans la RNN des Forêts de Mayotte (UICN France, 2013).

L'atlas des paysages de Mayotte de 2007 a permis d'identifier 3 grandes unités paysagères :

- **Les paysages forestiers :**
 - **Les peuplements naturels forestiers** de l'île allient forêts tropicales sèches et forêts tropicales humides dont la distribution et la composition sont influencées par le relief et la pluviométrie. Les plus hauts sommets (550 à 600 m) présentent des forêts submontagnardes xériques, alors que les pentes (300 à 550 m) présentent des forêts humides d'essences forestières sempervirentes avec prédominance de strate arborée et des forêts mésophiles à xérophiles caractérisées par un mélange d'espèces caducifoliées et sempervirentes. Ces dernières correspondent à des zones de transition entre les étages humides et subhumides et les zones de crêtes sur la côte,
 - **Les forêts secondaires**, occupant la majorité du couvert boisé, sont le résultat des différentes phases de déprise (défrichement, feux, culture et reconstitution) du fait de l'action humaine. Elles représentent les ¾ de la surface forestière et se composent pour l'essentiel d'espèces introduites comme le Manguier (*Mangifera indica* L., 1753), l'Avocat marron (*Litsea glutinosa* (Lour.) C.B.Rob., 1911) et le Cannelier

(*Cinnamomum verum* J.Presl, 1825). La culture vivrière marque l'ensemble de ces milieux et a tendance à s'étendre le long des versants les plus escarpés, repoussés par l'urbanisation. Le réseau hydrographique est composé de nombreuses ravines, de plaines alluviales et alluvions de vallées intérieures, qui abritent encore quelques formations de forêts alluviales et ripisylves originelles,

- **Les agro systèmes sur le relief collinaire, les plateaux et les plaines sont majoritairement vivriers et extensifs (86 % de la surface agricole).** Les plaines littorales représentent des espaces les plus favorables aux activités agricoles, mais leur rareté, la croissance démographique et l'urbanisation poussent de plus en plus les cultures sur les pentes. Les zones de culture mono-spécifique sont très limitées à Mayotte. Les pratiques, essentiellement agroforestières de très faible superficie et dispersées, rendent difficile la distinction entre les zones agricoles et les zones de forêt secondaire. Les espaces naturels et agricoles forment un patchwork qui caractérise la structuration des paysages mahorais et leur évolution. Les méthodes traditionnelles agricoles (« gratte » avec défrichage, brûlis et nettoyage) favorisent la création de padza⁵², facilement érodables et difficilement recolonisables dans les zones de pentes fortes. Ces zones sont très visibles dans le paysage. Les milieux ouverts autres que les padzas représentent environ 200 ha . Ils accueillent des habitats de type savanes, pelouses en zones sèches et principalement des friches secondarisées dans les secteurs mésophiles et hygrophiles ;
- **Les littoraux mahorais sont** très hétérogènes en termes de milieux naturels et d'urbanisation. Ils se déclinent en trois grandes catégories de milieux naturels qui sont les falaises (53 % de l'ensemble du linéaire), les plages (14 %) et les mangroves (17 %) situées en fond de baies :
 - **Les falaises, de forme variable** (selon la pente et la répartition de la végétation), sont généralement prolongées à la base par une plateforme rocheuse sur laquelle peuvent se trouver des galets ou des blocs. Les plages mahoraises sont le résultat des accumulations de sables entre les pointes rocheuses et sont souvent prolongées en mer par un récif corallien. En arrière, les bourrelets dunaires sont colonisés par des forêts supralittorales. Ces forêts ont un caractère patrimonial fort pour Mayotte et l'Ouest de l'océan Indien à cause des menaces qui pèsent sur ces végétations.
 - **L'île de Mayotte présente le plus vaste complexe récifo-lagonaire** de la partie occidentale de l'océan Indien. Les récifs coralliens recouvrent environ 150 km² (PNMN, 2013). **Cependant 30 % des récifs coralliens sont en diminution.** Associé à ces écosystèmes, les mangroves jouent un rôle essentiel pour la biodiversité globale. Elles couvrent 725 ha (1,9 % du territoire) et environ 76 km de côtes (29 % du littoral mahorais) (issu d' « Aménagement Forestier de Mayotte », ONF, 2019 - 2028) et se développent essentiellement dans les fonds de baies qui présentent un abri favorable à leur développement. La plus importante est localisée en baie de Bouéni (181 ha sur 8 km de côte). Le développement des villages et la mise en culture de l'arrière-mangrove affectent la majorité de ces habitats (Cremades, 2010).
 - **Les zones côtières artificialisées concernent** 16 % du littoral. L'exiguïté et l'insularité de Mayotte contraignent l'organisation et l'occupation du sol de l'île ainsi que le développement des activités humaines.

⁵² Les padzas est un terme qui désigne à Mayotte des zones déforestées, ravinées avec des sols rougeâtres, non propices aux cultures et au relief accidenté. Ces sols sont le résultat d'une érosion intense sous climat chaud et humide de roches basaltiques (CIRAD).

Suite au paragraphe ci-dessus, quelques paysages typiques de Mayotte sont illustrés sur les figures ci-après.



Figure 92 : Plage de Trevani en bordure d'une zone humide occupée par des bangas.



Figure 93 : Forêts alluviales à *Erythrina fusca* en zone humide dans un contexte côtier à Miréréni.

I.5.6. Aperçu de la biodiversité de Mayotte

Sur moins de 400 km², l'île héberge 7 315 espèces, 1 317 espèces de plantes vasculaires, dont 767 espèces indigènes (57 % de la flore). D'après le compteur de la biodiversité Outre-mer⁵³ en 2024, Mayotte compte 6 039 espèces indigènes. Elle compte plus de 200 espèces de plantes ligneuses (arbres, arbustes) dont de nombreuses espèces endémiques. Près d'une espèce indigène sur deux est considérée comme menacée selon la liste rouge de l'UICN. 300 espèces de coraux sont représentées dans un lagon de 1 100 km². La faune terrestre mahoraise est constituée de nombreux mammifères terrestres dont les plus connus sont la roussette (*Pteropus seychellensis* Milne-Edwards, 1877), le lémurien (*Eulemur fulvus* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1796)) appelé communément « maki », et les oiseaux (plus de 130 espèces) dont le Crabier Blanc (*Ardeola idae* (Hartlaub, 1860)), menacé d'extinction au niveau mondial. De nombreuses espèces indigènes de reptiles, deux espèces de batraciens et d'insectes constituent aussi la diversité locale.

L'île de Mayotte est l'une des plus riches au monde en termes de flore indigène par unité de surface. Parmi ces espèces, 48 espèces sont strictement endémiques de Mayotte (soit 7 % de la flore native) et 74 espèces sont endémiques des Comores (soit 11 %). La répartition de ces espèces est très déséquilibrée sur le territoire. En effet, plus de 50 % de la flore patrimoniale se trouve sur seulement 10 % du territoire dans des zones dites refuges, généralement sur les fortes pentes ou les lieux inaccessibles (Barthelat et Viscardi, 2012). Selon la liste rouge de la flore vasculaire publiée en 2014, 43 % des espèces végétales de Mayotte sont considérées comme menacées, soit 38 espèces menacées à des degrés divers dont 14 espèces en danger critique d'extinction. Les massifs de forêts naturelles terrestres qui subsistent sur l'île concentrent 681 espèces végétales indigènes et 26 espèces d'oiseaux forestiers, dont une part importante d'espèces indigènes à fort intérêt patrimonial (BRLi, 2019). Les inventaires naturalistes de la flore de Mayotte sont récents, le territoire n'ayant fait l'objet que de quelques prospections ponctuelles jusqu'au début des années 1990.

La faune présente aussi une grande richesse, avec 131 espèces d'oiseaux (7 espèces et sous-espèces endémiques de Mayotte telles que le Drongo de Mayotte (*Dicrurus waldenii* Schlegel, 1865)), et 36 espèces de mammifères (7 espèces de mammifères indigènes ou endémiques, dont le Maki brun (*Eulemur fulvus* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1796)) et la Roussette (*Pteropus seychellensis comorensis* (Cheke & Dahl, 1981)) ou encore 18 reptiles dont 11 endémiques, comme le Gecko à bandes noires (*Phelsuma nigristriata* Meier, 1984). D'autres espèces animales sont présentes, dont certaines avec un taux d'endémisme remarquable et qui font l'objet d'inventaires en cours. La richesse de la biodiversité marine et côtière de Mayotte se caractérise par 765 espèces de poissons et 25 espèces de mammifères marins (25 % des espèces mondiales) (UICN, 2014).

Mayotte compte de nombreuses zones naturelles inscrites, classées ou incluses dans des périmètres de gestion de la biodiversité (INPN, 2024)⁵⁴ :

- 97 ZNIEFF I et II (marines et terrestres) ;
- 2 réserves naturelles nationales ;
- 1 site Ramsar ;
- 1 parc naturel marin ;

⁵³ <https://biodiversite-outre-mer.fr/>

⁵⁴ <https://inpn.mnhn.fr/docs/communication/Carte-Panorama-biodiversite-et-aires-protégees-2020-IGN.pdf>

- **des arrêtés de protection de biotope et terrains acquis par le conservatoire du Littoral.**

A noter depuis mai 2022 :

- l'extension de l'arrêté de protection de biotope sur le domaine public maritime de Moya et Papani ;
- l'arrêté de protection de biotope sur le domaine public maritime de Saziley et Charifou.

Trois projets d'arrêté de protection de biotope sont prévus pour fin 2024 :

- Mangrove et arrière-mangrove d'Ironi Bé ;
- Mangrove et arrière-mangrove de Chiconi-Mangajou ;
- Mangrove et arrière-mangrove de Dzoumonyé-Bouyouni.

Au total, 45 sites sont protégés à Mayotte en 2022. Certains de ces sites se chevauchent géographiquement. Par exemple, certains sites du Conservatoire du Littoral font également partie des espaces remarquables du littoral.

Par ailleurs 2 nouveaux sites : la Baie de Bouéni et le Lac Karihani, font l'objet d'une procédure de labélisation Ramsar.

Un aperçu de paysage et de la biodiversité exceptionnelle à Mayotte est illustré sur les Figures ci-après.

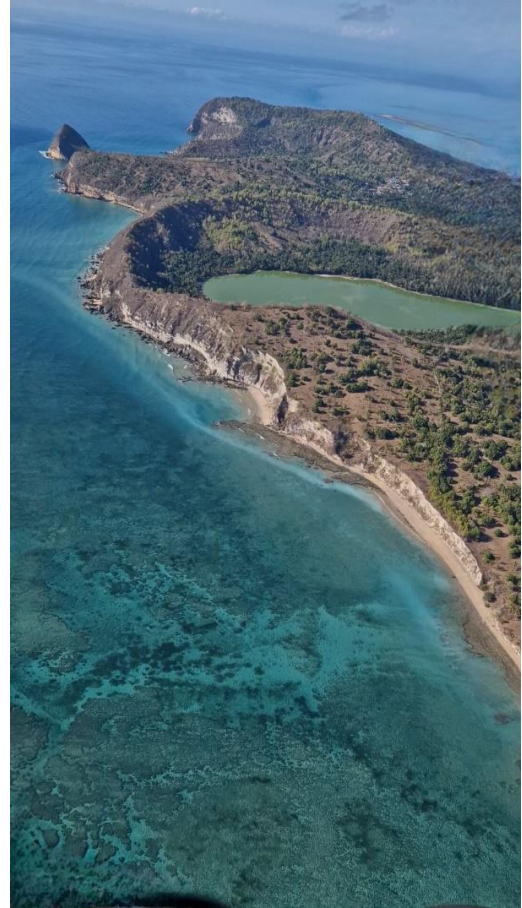
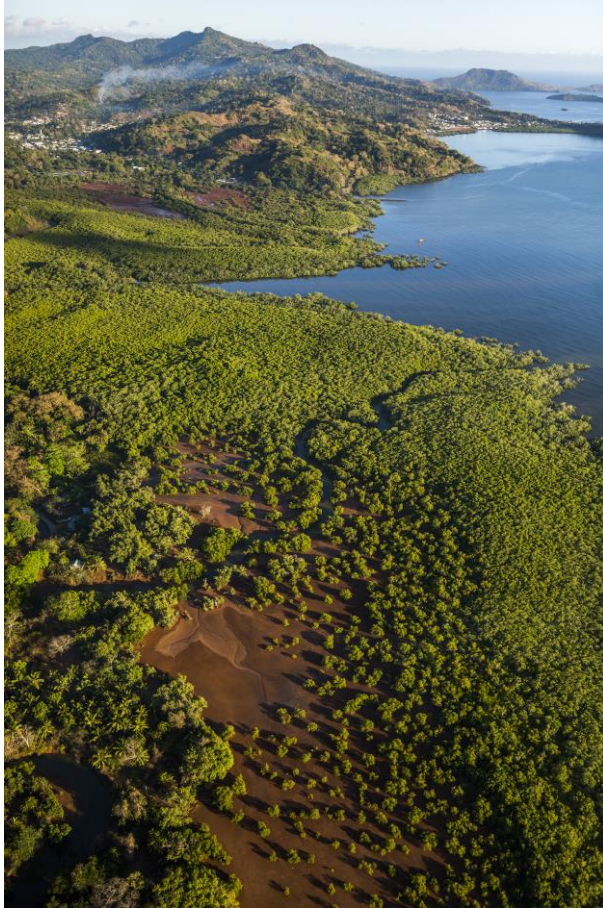


Figure 94 : Mangrove de Dzoumougne (à gauche, crédit photo : DEALM Mayotte) et lac Dziani Dzaha avec la zone humide sur les rives du lac et vue sur le lagon au large du rivage marin (à droite).



Figure 95 : Lac Karihani (crédit photo : DEALM Mayotte).

I.5.7. Aperçu des pressions et menaces sur les milieux naturels mahorais

Mayotte connaît une puissante évolution qui s'accélère en raison d'une expansion démographique rapide, passant de 47 000 habitants en 1978 à 160 000 en 2004 et autour de 270 000 habitants estimés en 2019 selon INSEE. Cette évolution se traduit par une accélération de l'urbanisation, dans un cadre réglementaire insuffisamment efficient : le développement du bâti d'habitation, des activités et équipements routiers et de communications conduit à une mutation progressive du territoire par consommation d'espaces agricoles et naturels. Les pentes les moins raides du territoire sont largement bâties par des quartiers de de cases rudimentaires en tôles, illégales, repoussant encore les milieux naturels sur le sommet des pentes. Seuls 5 % de la surface de Mayotte est encore préservée de l'activité humaine et la végétation indigène ne couvre plus qu'environ 10 % du territoire (UICN, 2014). L'adoption progressive des modes de vie occidentaux bouleverse l'équilibre paysager ancestral de l'île et crée de nombreux problèmes d'ordre environnementaux comme le stockage et l'élimination des déchets, l'épuration des eaux usées, la stabilisation des terrains, ainsi que le défrichement, le pâturage et le charbonnage illégal.

Les activités agricoles et forestières accompagnent cette forte évolution démographique.

Selon le premier recensement agricole de Mayotte en 2020 (Agreste, 2022), l'agriculture mahoraise présente certaines spécificités qui la distingue des autres DROM. Le territoire compte 6 000 ha de surface agricole, soit moins de 7 % du territoire et la surface moyenne des exploitations est faible (1,4 ha) en comparaison aux autres DROM. Les « jardins mahorais » occupent 90 % de la SAU (58 % en production fruitière et 22 % en production de tubercules). La grande majorité des exploitations sont en polyculture vivrière ou de rente (vanille (*Vanilla planifolia* Andrews, 1808), Curcuma (*Curcuma sp.*), café (*Coffea sp.*), ...) sous un couvert constitué principalement d'essences

forestières. 30 % des exploitations détiennent des animaux, souvent considérés comme épargne vivante. L'élevage du zébu est pratiqué avec un cheptel proche de 20 000 têtes.

La diminution des pratiques du « jardin mahorais » au profit de parcelles en monocultures de bananes ou de maniocs et l'extension des surfaces agricoles dans les zones de forte pente (repoussées par le développement de l'urbanisme) favorisent l'érosion des sols. La déforestation augmente le ruissellement des eaux qui entraînent les matières en suspension et les déchets de toute nature vers le lagon aggravant ainsi son envasement et la dégradation des récifs coralliens (BRLI, 2019). La succession des cultures ainsi que la mise à nu et l'érosion modifient la composition des sols et les conditions stationnelles originelles et empêchent donc le retour à la végétation naturelle indigène (padza).

Même si le paysage forestier couvre 28,8 % du territoire, les forêts naturelles sont cantonnées en altitude et sur les pointes littorales. Elles constituent un enjeu majeur et prioritaire dans le maintien de la biodiversité, mais elles sont également les garantes pour prévenir de grands équilibres insulaires puisqu'elles fournissent un couvert forestier nécessaire à la protection des sols et à la préservation de la ressource en eau. La majorité des forêts sont secondarisées et après l'abandon des parcelles cultivées ou des défrichages forestiers, des forêts « recrues à Avocat marron » se développent rapidement en une strate arborée dense. L'apparition de formations mono-spécifiques de *Merremia peltata* (*Decalobanthus peltatus* (L.) A.R. Simões & Staples, 2017) illustre un processus de dégradation ultime qui mériteraient d'être davantage étudiés pour en comprendre les effets, et qui impacteraient fortement le patrimoine naturel ainsi que le paysage du territoire comme dans le cas de la réserve forestière des monts Bénara (point culminant de l'île).

Les mangroves de fond de baie sont en régression sous la pression de l'aménagement urbain et les rejets des eaux usées. Aux aménagements côtiers s'ajoutent des phénomènes sédimentologiques comme l'érosion des fronts de mangrove, la sur-sédimentation et l'ensablement ; ainsi que le recul et la dégradation progressive des arrières mangroves. En effet, plusieurs mangroves à Mayotte ont déjà été remblayées afin d'y établir des infrastructures (routes, ports, constructions).

Contrairement à une grande partie du territoire français, la chasse est absente de Mayotte à l'exception de la capture du *Tenrec ecaudatus* (Schreber, 1777). Cependant, le braconnage existe à Mayotte comme par exemple celui des tortues marines.

La valorisation du potentiel touristique de la côte Sud-Est par la construction et l'extension de divers hôtels sur la majorité des plages entraîne une privatisation accrue d'une partie des plus beaux sites de l'île jusqu'à présent modérément fréquentés et ainsi préservés.

Les espèces exotiques envahissantes contribuent en partie à la perte de biodiversité à Mayotte. La dégradation des milieux via les brûlis, la déforestation et l'érosion, est un facteur favorisant le développement des espèces envahissantes. Sur la base de 1 317 taxons végétaux recensés à Mayotte en 2006, près de 550 espèces, soit 43 %, sont exotiques. Toutes ne sont pas envahissantes et certaines de ces espèces ont été introduites dès le 19^e siècle, dont certaines espèces multi-usages à croissance rapide comme l'avocat marron (*Litsea glutinosa* (Lour.) C.B.Rob., 1911) introduit à partir de 1841 pour les besoins en bois de chauffe des industries sucrières. Les espèces de reboisement ou de lutte contre l'érosion (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, 1961, *Lantana camara* L., 1753 s.l. [nom. et typ. cons.], *Acacia* spp.) ont été introduites plus tard au cours du 20^e siècle. Différentes espèces d'acacia (*Acacia* sp.) ont été introduites massivement depuis les années 1992 pour boiser et limiter l'érosion des padzas, avec des effets indus non escomptés. L'*Acacia mangium* Willd., 1806, est aujourd'hui naturalisé. **Les arrêtés préfectoraux faune / flore qui identifient les EEE dénombrent 145 EEE « Flore » et 68 EEE « Faune ».**

Les pratiques agricoles au sens large (culture, élevage, foresterie) et l'horticulture représentent environ 55 % des introductions d'espèces. 80 espèces exotiques sont naturalisées ou

envahissantes dans les milieux naturels et secondarisés. Parmi celles-ci, une trentaine se rencontre sur la presque totalité du territoire.

L'évolution de climat fait apparaître de grandes incertitudes sur la fréquence des précipitations et l'augmentation des sécheresses. Mayotte conserve peu ses eaux d'écoulement et pour lutter contre les déficits hydriques récurrents, des retenues collinaires ont été mises en place pour stocker les eaux à Combani et à Dzoumonyé, et une autre retenue est en projet ainsi qu'une usine de dessalement dans le SDCAGE 2022-2027. Les équipements nécessaires au développement de Mayotte se font en partie au détriment des espaces agricoles et des milieux naturels. La destruction des forêts en lien avec l'intensification des pratiques agricoles, augmentant l'érosion des sols, accentue toujours plus ce phénomène.

Quelques illustrations de pressions et d'aménagements à Mayotte sont proposées sur les figures ci-après.



Figure 96 : Mangrove envahie par les déchets proche de Trevani.



Figure 97 : Lac Karihani à sec en septembre 2023.

II. Fonctions et types de zones humides dans les DROM

Après avoir présenté les contextes physiques, écologiques et anthropiques de chaque DROM, cette section s'attache à apporter un argumentaire succinct sur les fonctions et services procurés par les zones humides, avant de détailler les éventuelles typologies de zones humides existantes dans chaque DROM.

II.1. Fonctions et services des zones humides

Les zones humides, comme tous les milieux naturels, assurent de nombreuses fonctions. Plusieurs définitions existent pour définir le terme de « fonction » et dans ce document nous nous appuyerons sur la définition retenue par Gayet et al. (2016). **Ainsi, on entend ici par fonctions les « actions qui ont lieu naturellement dans les zones humides, résultantes d'interactions entre la structure de l'écosystème et les processus physiques, chimiques et biologiques » (Maltby et al. 1996) et ces fonctions sont « les activités normales, caractéristiques de l'écosystème ou simplement ce que font les zones humides » (Smith et al. 1995).** Dans ce document, trois grandes fonctions sont identifiées, les fonctions hydrologiques, biogéochimiques et d'accomplissement du cycle biologique qui se déclinent en sous-fonctions. Les « fonctions » ne doivent pas être confondues avec les « services » rendus par les zones humides, ainsi « *les services écosystémiques sont des avantages socio-économiques retirés par l'homme de son utilisation durable des fonctions écologiques des écosystèmes du milieu humide* » (EFESE, 2016).

Les zones humides tropicales présentent les mêmes grandes fonctions que toutes les autres zones humides en France métropolitaine :

- **Les fonctions hydrologiques** se composent de celles ayant attrait à la rétention, l'infiltration et la restitution des flux qu'ils soient liquides ou solides (particulaire). Les conditions hydrologiques affectent de nombreux facteurs abiotiques qui influencent ensuite les communautés d'organismes vivants dans ces milieux. Ces communautés influençant en retour les paramètres physico-chimiques. On distingue ici les sous-fonctions hydrologiques comme : le ralentissement des ruissellements de surface, la recharge des nappes par infiltration des eaux de surface et la rétention et le dépôt des sédiments.
- **Les fonctions biogéochimiques** se composent de celles ayant attrait à la filtration, l'absorption et la transformation des différents éléments chimiques naturels ou non. Toutes ces sous-fonctions sont associées à des processus complexes par lesquels les éléments minéraux ou organiques sont transformés par la combinaison d'organismes et microorganismes. On distingue ici les sous-fonctions biogéochimiques comme : la dénitrification des nitrates, l'assimilation végétale de l'azote, l'absorption et la précipitation du phosphore, l'assimilation végétale des orthophosphates et la séquestration du carbone.
- **Les fonctions d'accomplissement du cycle biologique des espèces** se composent de celles ayant attrait au développement de la vie dans les milieux de zones humides. La composition et la structure des communautés végétales et animales des zones humides sont le résultat des interactions entre les conditions abiotiques et les activités anthropiques. Ces communautés d'organismes peuvent avoir un rôle prépondérant dans les fonctions hydrologiques (rétentions des sédiments par exemple) et biogéochimiques (fixation des éléments chimiques par exemple). Les zones humides fournissent des zones favorables à l'installation de communautés végétales et animales en leur permettant de se reproduire ou de se nourrir. On

distingue ici les sous-fonctions d’accomplissement du cycle biologique des espèces comme : le support des habitats permettant l’accueil d’espèces autochtones et la connexion de ces habitats entre eux permettant le déplacement de ces espèces.

Afin d’illustrer les fonctions des zones humides tropicales, nous nous appuyons ici sur un habitat seulement présent dans les régions d’outre-mer, les mangroves. Le tableau suivant reprend les grandes fonctions de ces zones humides en lien avec les services écosystémiques qui en découlent de manière générale. Il convient donc de rester vigilant quant au fait que la combinaison de toutes ces fonctions et services ne valent pas systématiquement dans toutes les mangroves, qui peuvent être dans des contextes assez hétéroclites.

Tableau 7 : Fonctions et services écosystémiques des habitats de mangroves (d’après Giry, 2017).

Fonctions	Fonctions détaillées	Services associés
Hydrologique	Stabilisation relative des lignes de côtes (piégeage des sédiments par les racines des palétuviers)	Contrôle ou atténuation de l’érosion
		Poldérisation et colonisation du substrat meuble
	Atténuation de l’érosion marine	Protection contre les tempêtes
	Recharge des eaux souterraines	Alimentation en eau potable
Biogéochimique	Améliorer la qualité de l’eau (épuration des eaux par les sols)	Traitement des déchets
	Séquestration du carbone	Purification de l’air
	Piégeage des polluants (métaux lourds...)	Purification de l’eau
	Transformation et stockage d’énergie et de matières	Cycle nutritif
	Décomposition et minéralisation de la matière organique détritique	Enrichissement des eaux côtières
Accomplissement du cycle biologique des espèces	Accueil de la biodiversité	Habitat refuge pour les espèces
		Nourricerie et refuge pour l’ichtyofaune
		Nourriture/Boisson
		Combustible/Matériaux
		Santé
		Commerce/Tourisme
		Alimentation du bétail
		Spirituel/Loisirs/Esthétique
Education/Sensibilisation/Recherche		

II.2. Présentation des zones humides dans les territoires ultramarins français

Il existe plusieurs classifications des zones humides en milieu tropical (e.g. Junk et al. (2014), Gomes et Júnior, (2018)) mais peu d’entre elles sont spécifiques aux territoires ultramarins français (Gausson et Legris, 1963). La Figure ci-après présente les principales typologies de zones humides en contexte tropical.

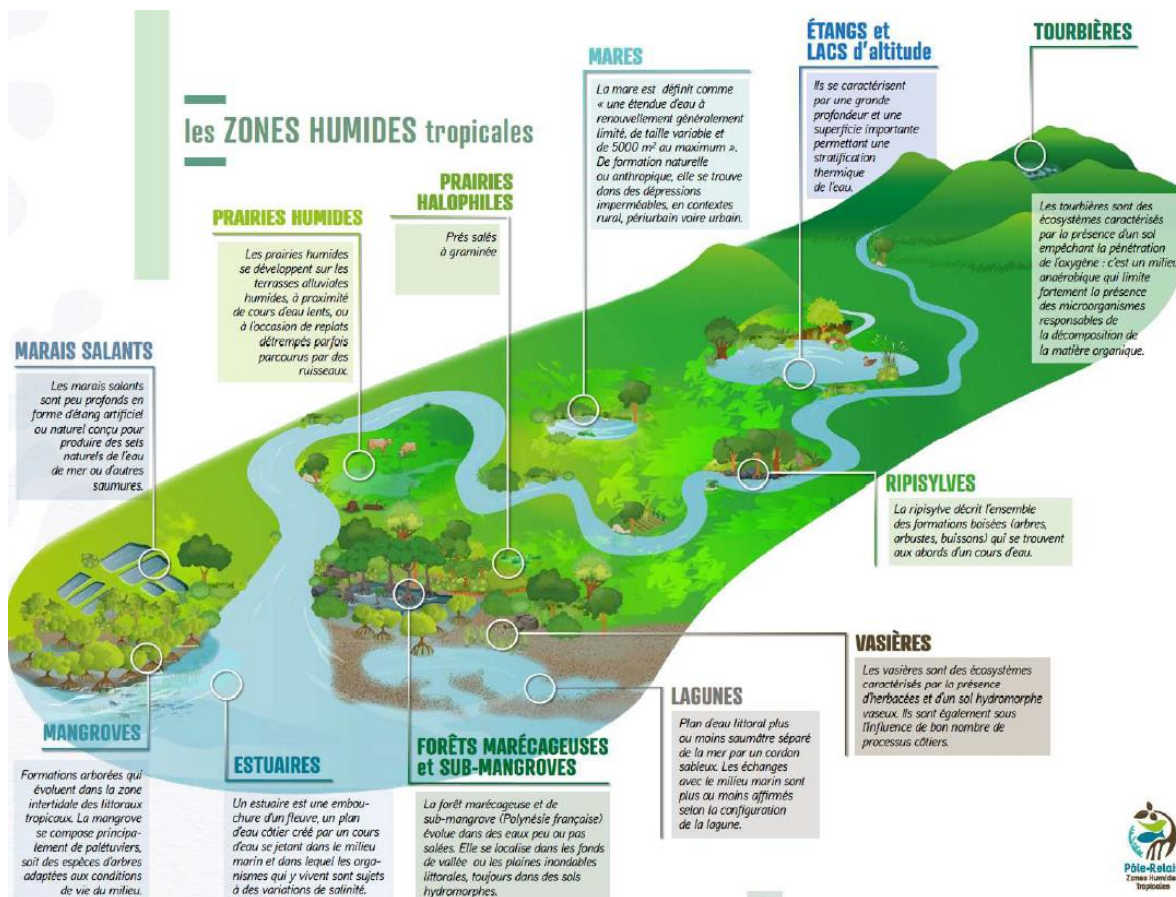


Figure 98 : Typologie des zones humides (Pôle-relais Zones Humides Tropicales, 2019).

Attention : les typologies de zones humides présentées ci-après par DROM retranscrivent textuellement les productions locales. Le vocabulaire utilisé n'est pas toujours aligné avec celui utilisé dans la réglementation en vigueur, ni avec les dictionnaires SANDRE qui normalisent le vocabulaire à l'échelle nationale sur le sujet « zone humide ». Par exemple, les bassins aquacoles ou d'épuration, les retenues collinaires, les mares... listés parmi les zones humides dans certaines typologies ne correspondent en réalité pas à des zones humides d'après la réglementation en vigueur. Ainsi, le lecteur doit être vigilant dans l'interprétation de cette lecture. Les éléments de définition disponibles en introduction des Fascicules sont alignés avec la réglementation en vigueur et ils prévalent donc dans un contexte réglementaire sur les vocabulaires utilisés ci-après, qui peuvent être utilisés hors de ce contexte réglementaire.

II.2.1. Typologie des zones humides en Guyane

Chanéac et Legrand (2009) et Blum (2013) ont recensé (i) les zones humides côtières (6 % de la superficie du territoire) soumises à de fortes modifications morpho et hydro-sédimentaires liées à l'influence de la remontée le long des côtes des sédiments du fleuve Amazone, et (ii) les zones humides intérieures ayant fait l'objet de peu d'études. Les zones humides côtières correspondent à des milieux ouverts, tandis que celles de l'intérieur correspondent à quelques exceptions près (bas-fonds, pinotières, talwegs, berges, etc.) à des milieux sous couvert forestier.

Le schéma d'aménagement régional de Guyane (2016), document de planification à l'échelle de la collectivité, a identifié et répertorié les zones humides en trois principales catégories (CTG, 2016 ; Pôle-Relais Zones Humides Tropicales, 2019) :

- **les milieux humides (marais, marécages, terres inondées, plans d'eau intérieurs) et cours d'eau ;**
- **les milieux ouverts et humides correspondant à des savanes humides ;**
- **les milieux forestiers et humides.**

La catégorie des milieux humides et des cours d'eau regroupe les milieux qui constituent la base de la trame bleue, qui représentent une surface de 122 406 ha. Il s'agit des marais intérieurs et marécages boisés, des marais maritimes ou marais saumâtres, des plans d'eau et des fleuves et criques (Figure ci-après). Les marais intérieurs et marécages boisés, appelés localement pripris, sont des terres basses inondées en saison des pluies et plus ou moins saturées d'eau toute l'année. Les marais maritimes ou marais saumâtres sont des terres basses avec végétation, situées au-dessus du niveau de marée haute, susceptible cependant d'être inondés par les eaux de mer. Il existe peu de plans d'eau en Guyane. Ceux-ci sont artificiels et participent davantage aux activités de loisirs (pêche sur le lac de Kourou...) qu'à la biodiversité. Le réseau hydrographique est extrêmement dense et ramifié. Le milieu aquatique et le milieu terrestre sont fortement interdépendants : en effet, le réseau trophique aquatique est dépendant de la matière organique produite par le couvert forestier qui borde les rivières et fleuves sur presque la totalité de leur cours.

La catégorie des milieux ouverts et humides couvre une surface de 11 687 ha et appartient aux milieux les plus patrimoniaux de Guyane. Il s'agit des savanes sèches inondables, formation végétale naturelle ou semi-naturelle composée principalement de plantes herbacées vivaces, régulièrement inondées lors de la saison des pluies (Figure ci-après).

Les milieux forestiers et humides regroupent les forêts d'eau saumâtre, les mangroves et les forêts marécageuses, bien représentées en Guyane puisqu'elles couvrent une surface de 260 236 ha (Figure ci-après). Les forêts inondées ou marécageuses sont des formations arborées régulièrement ou continuellement inondées, ou marécageuses, ayant subi relativement peu de pression anthropique.

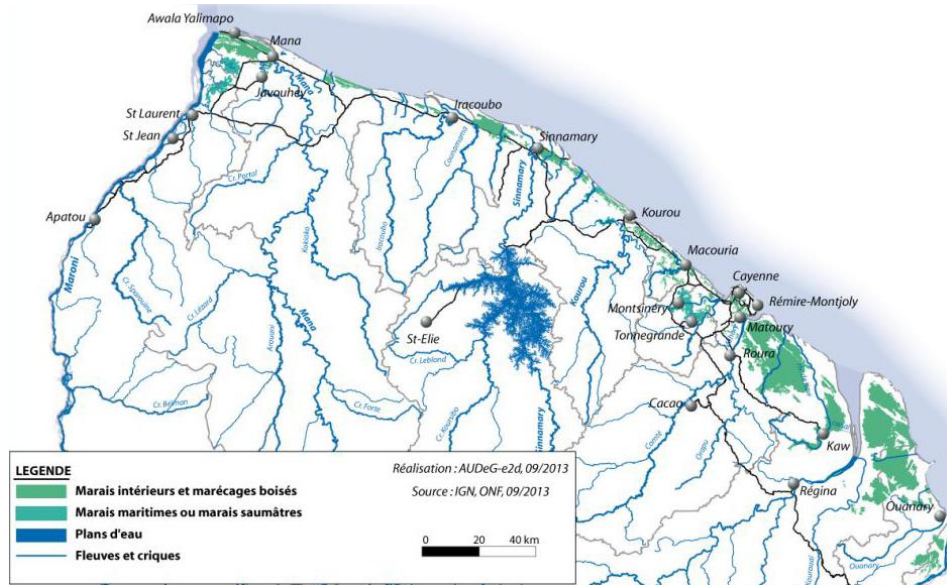


Figure 99 : Les milieux humides et cours d'eau sur la bande côtière Guyanaise (CTG, 2016).

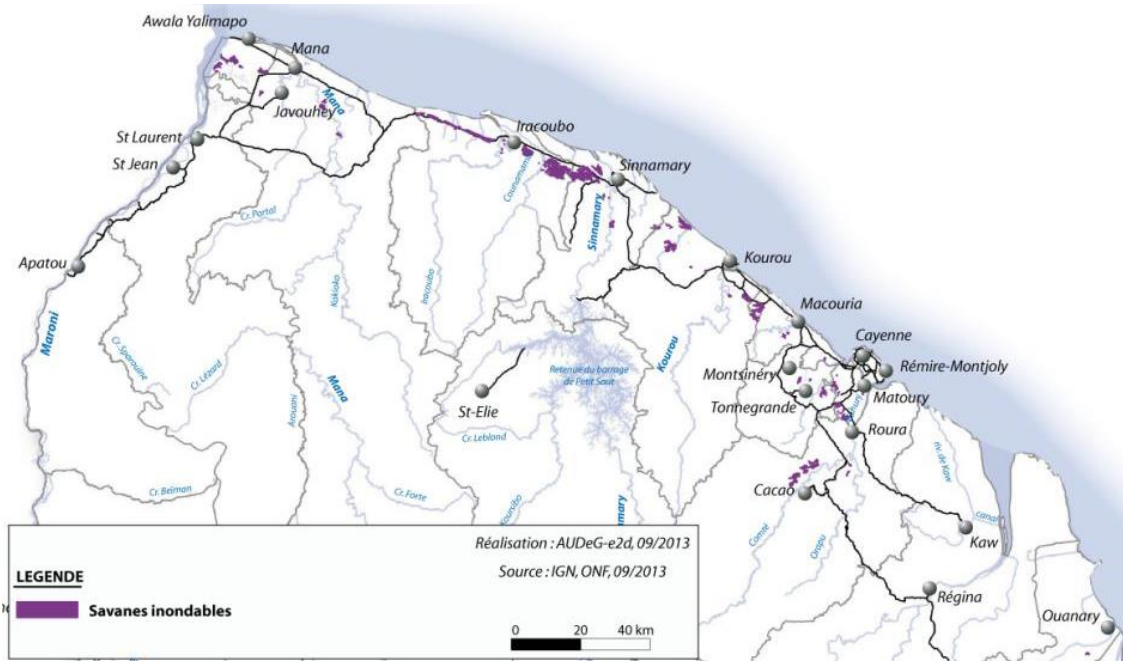


Figure 100 : Les savanes inondables sur la bande côtière guyanaise (CTG, 2016).

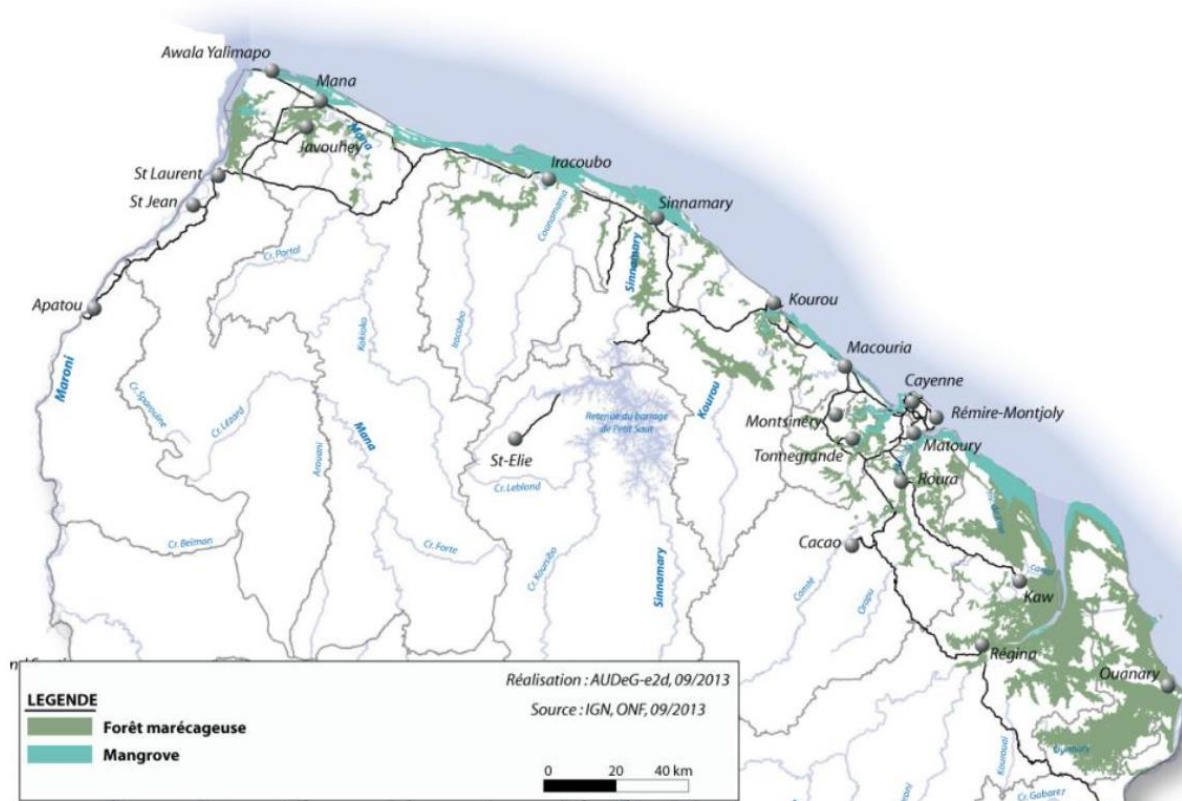


Figure 101 : Les forêts marécageuses et mangroves sur la bande côtière guyanaise (CTG, 2016).

II.2.2. Typologie des zones humides de la Martinique

Le premier inventaire des zones humides réalisé à la Martinique en 2005 a élaboré la typologie présentée dans le Tableau ci-après (Acer Campestre, 2006). Pour cette première classification concernant la Martinique, la nature des eaux, notamment leur salinité et leur régime (submersion/saturation), sont les premiers paramètres discriminants, suivis des types de sols (texture) et de formations végétales. Une actualisation de cette typologie des zones humides de la Martinique en 2015 par Impact Mer – Bios – IGED (2015), a établi non seulement une correspondance des types de zones humides et de leurs sous-types avec ceux proposés dans la classification de 2005, mais aussi a signalé l'apparition de nouveaux sous-types (Tableau ci-après).

Tableau 8 : Typologie élaborée lors du premier inventaire des zones humides de la Martinique en 2005 (Acer Campestre, 2006).

Type général	Sous-type	Code	Intitulé	Définition
1. ZONES HUMIDES SALEES OU SAUMATRES	1.1. avec étendue d'eau salée intérieure permanente	1.1.1	Lagunes et milieux connexes (boisés ou non)	lagunes, artificielles ou non, et milieux humides connexes appartenant au même ensemble fonctionnel (forêts inondables, etc.).
		1.1.2	Etangs et mares saumâtres ou salés	étangs et mares inondés toute l'année et dont le fonctionnement hydrologique est indépendant des zones dans lesquelles ils s'intègrent, ce qui les distingue des étendues d'eau inondées en permanence au sein de marais (et parfois appelées localement « étangs »), lesquelles ont un fonctionnement lié à l'ensemble du marais.
	1.2. non forestières	1.2.1	Marais et prairies herbacées saumâtres ou salés	formations ouvertes colonisées par une végétation herbacée plus ou moins halophile, inondables ou saturées (temporairement ou non).
	1.3. forestières sur sédiments argileux	1.3.1	Mangroves sur sédiments argileux et milieux ouverts connexes	massifs sur sols argileux, incluant ou bordés par des zones ouvertes de plus 5 ares (étangs bois-sec, miroirs de chasse), qui leur sont associées par leur fonctionnement hydrologique.
		1.3.2	Mangroves sur sédiments argileux	massifs sur sols argileux, sans zone ouverte associée de superficie significative.
	1.4. forestières sur sédiments argilo-sableux	1.4.1	Mangroves sur sédiments argilo-sableux et milieux ouverts connexes	massifs sur sols argilo-sableux, incluant ou bordés par des zones ouvertes de plus 5 ares (étangs bois-sec, miroirs de chasse), qui leur sont associées par leur fonctionnement hydrologique.
		1.4.2	Mangroves sur sédiments argilo-sableux	massifs sur sols argilo-sableux, sans zone ouverte associée de superficie significative.
	2. ZONES HUMIDES INONDEES OU SATUREES D'EAU DOUCE	2.1. forestières	2.1.1	Forêts marécageuses d'eau douce
2.1.2			Forêts inondables d'eau douce	zones forestières inondables ou saturées d'eau douce (temporairement ou non) caractérisées par une saturation temporaire mais récurrente et une inondation inférieure à 6 mois.
2.2. ouvertes		2.2.1	Zones inondables ouvertes ou saturées (eau douce non stagnante)	zones temporairement saturées ou/et inondées, où l'eau ne stagne pas.
		2.2.2	Zones de marais et mares temporaires (eau douce stagnante)	zones temporairement saturées ou/et inondées, comprenant en leur sein une zone en permanence saturée ou inondée où l'eau peut stagner.
		2.2.3	Zones ouvertes inondables ou saturées d'altitude	zones inondables ou saturées d'eau douce (temporairement ou non), localisées en altitude (environ plus de 1000 m).
		3.1.1	Grands Etangs (>50 ares)	zones en permanence submergées d'eau douce stagnante de superficie supérieure à 50 ares, connectées à des cours d'eau
3.1. connectés à des cours d'eau	3.1.2	Etangs (de 10 à 50 ares)	zones en permanence submergées d'eau douce stagnante de superficie comprise en 10 et 50 ares, connectées à des cours d'eau.	
	3.1.3	Mares (<10 ares)	zones en permanence submergées d'eau douce stagnante de superficie inférieure à 10 ares, connectées à des cours d'eau.	
3.2. non connectés à un cours d'eau	3.2.1	Mares	zones en permanence submergées d'eau douce stagnante, non connectées à des cours d'eau. Superficie proche ou inférieure à 10 a.	
	4.1. stations d'épuration	4.1.1	Bassins d'épuration en activité	bassins d'épuration d'eau douce actuellement exploités.
4. BASSINS D'EAU DOUCE AQUACOLES OU D'ÉPURATION	4.1. stations d'épuration	4.1.2	Bassins d'épuration hors activité	bassins d'épuration d'eau douce actuellement inexploités.
		4.2. bassins aquacoles	4.2.1	Bassins aquacoles en activité
		4.2.2	Bassins aquacoles hors activité	bassins aquacoles d'eau douce actuellement inexploités.

Tableau 9 : Mise en correspondance des typologies des inventaires 2005 et 2015 des zones humides de la Martinique (Impact Mer – Bios – IGED, 2015).

Types 2005	Sous-types 2005	Sous-types 2015	Types 2015
1. Zones humides salées ou saumâtres	1.1.1. Lagunes et milieux connexes	lagune	saumâtre ou salée
	1.1.2. Étangs et mares salés	étang, marais littoral	
	1.2. Zones humides non forestières		
	1.3.1. Zones humides forestières	mangrove boisée	
	1.3.2. Zones humides forestières	mangrove – sols nus – milieux connexes	
2. Zones humides inondées ou saturées d'eau douce	2.1. Forestières	forêt inondable eau douce	inondable ou saturée
	2.2. Ouvertes	ouverte	
3. Étangs et mares d'eau douce	3.1. Connectés à des cours d'eau	zones humides connectées à des cours d'eau	étang, mare eau douce
	3.2. Non connectés à des cours d'eau		
4. Bassin aquacole ou épuration	4.1. Bassins épuration	station d'épuration	bassin aquacole ou épuration
	4.2. Bassins aquacoles	bassin aquacole	
		Autres : bassins artificiels plus ou moins imperméabilisés (bassins de carrières, réservoirs agricoles ou industriels, etc.)	

II.2.3. Typologie des zones humides en Guadeloupe

Une étude de recensement des zones humides de l'archipel de la Guadeloupe, réalisée par l'Office national des forêts, a révélé onze types de zones humides : les mangroves ouvertes, les mangroves captives, les forêts marécageuses, les marais, les prairies humides, les lagunes, les mares, les étangs d'altitude, les cours d'eau, les canaux et les zones humides potentielles ou indéterminées (Tableau ci-après) (ONF Guadeloupe, 2007).

Tableau 10 : Typologie des zones humides de l'archipel de la Guadeloupe et leurs descriptions (ONF Guadeloupe, 2007 ; Rousteau et al.,1996).

Typologie des zones humides	Présentation générale	Genèse	Fonctionnement hydrique	Salinité
Mangroves ouvertes	Elles sont toujours directement en contact avec la mer et l'eau libre des rivières et des canaux. Il s'agit des mangroves du Grand Cul-de-Sac Marin au sud de Petit-Canal, et les petites mangroves d'estuaire au vent de la Basse-Terre.	Elles se développent sur des sédiments fins, des vases calcaires ou argileuses, qui se sont déposées dans des eaux calmes sur des côtes basses.	Elles sont alimentées en eau par les marées, les eaux de pluie, et les écoulements de surface ou souterrains drainés de l'intérieur des terres.	Concentration en sel de l'eau libre dans une mangrove ouverte est inférieure ou égale à celle de l'eau de mer (37 g/L).
Mangroves captives	Les mangroves captives sont séparées de la mer par un cordon littoral sableux, souvent boisé derrière la plage proprement dite. Elles s'étendent au nord et au sud de Port-Louis. On trouve des poches de mangroves captives le long de la côte sud de la Grande-Terre, sur la façade nord de l'îlet Fajou à Marie-Galante et sur la grève atlantique du Grand-Ilet aux Saintes.	Elles se développent derrière le cordon littoral sableux, et leur équilibre dépend des échanges entre la mer et les flux d'eau douce terrigènes.	Elles sont également alimentées en eau par les marées, par l'eau de pluie, les écoulements provenant du bassin versant. Cependant, les échanges avec la mer ainsi que les apports d'eau terrigène se font moins facilement.	L'eau des mangroves captives est plus concentrée en sel que celle des mangroves ouvertes, en raison de la limitation de la pénétration de l'eau de mer et le phénomène d'évaporation conduisant ainsi à une sursalinité permanente au niveau du sol et temporaire au niveau de l'eau.
Forêts marécageuses	Les forêts marécageuses font suite aux mangroves dans les endroits inondables hors d'influence des marées, le long des cours d'eau, et dans les plaines côtières.	Elles se développent naturellement sur les sols à hydromorphie permanente et à faible salinité.	Elles sont inondées pendant la saison humide ; la proximité de la nappe phréatique par rapport à la surface provoque un engorgement des sols, et l'évacuation latérale des eaux ne se fait que très lentement.	Elles se développent dans un milieu non salé ou faiblement saumâtre, avec une salinité généralement inférieure à 10 g/L.
Marais	Les marais saumâtres occupent de vastes superficies en Grande-Terre. Ils sont le plus souvent situés entre la mangrove et la forêt marécageuse. Les marais d'eau douce se rencontrent principalement en Basse-Terre, aux abords des forêts marécageuses.	Les marais saumâtres remplacent les mangroves quand celles-ci disparaissent suite à des actions anthropiques. Les marais d'eau douce remplacent les forêts marécageuses, suite au défrichement.	Les marais suivent une alternance saisonnière d'inondations et d'exondations	Les marais saumâtres présentent une salinité intermédiaire variant de 5 et 10 g/L. Les marais d'eau douce présentent une absence de salinité.

Typologie des zones humides	Présentation générale	Genèse	Fonctionnement hydrique	Salinité
Prairies humides	Deux grands types de faciès : les prairies halophiles qui développent en bordure des mangroves, et les prairies dulçaquicoles qui se retrouvent au voisinage des forêts marécageuses.	Les prairies halophiles correspondent à un faciès de dégradation des mangroves ; tandis que les prairies dulçaquicoles s'installent suite à la dégradation des forêts marécageuses.	Les prairies humides se développent sur des sols submergés en période pluvieuse et fortement desséchés pendant la saison sèche. Elles restent toutefois beaucoup moins inondables que les marais.	Elles peuvent présenter des faciès à eau salée, comme des faciès à eau douce.
Lagune	La lagune est une étendue d'eau généralement peu profonde, séparée de la mer par un cordon littoral.	Une lagune se forme lorsque la mer inonde des dépressions intérieures, souvent associées à des cours d'eau. Une autre possibilité est que la mer apporte des sédiments, qui bouchent l'arrivée d'un cours d'eau.	La lagune reçoit de l'eau de mer au travers du cordon sableux et des apports d'eau terrigène de son bassin versant.	La salinité des lagunes varie selon la saison et passe par un large gradient : l'eau peut être douce, saumâtre, salée ou sursalée. La salinité varie également en fonction des apports du bassin versant.
Mares	Une mare se définit comme un plan d'eau stagnante de petite superficie. Elle constitue un hydrosystème clos alimenté uniquement par les ruissellements superficiels. De nombreuses mares, naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, existent en Guadeloupe, principalement en Grande-Terre et sur Marie-Galante.	L'existence d'une mare d'origine naturelle est conditionnée par un apport d'eau (pluie ou nappe phréatique) et un sol imperméable. De petite taille (3 à 10 m de diamètre) au départ, elle évolue pour atteindre un diamètre important à maturité (20 à 100 m) et devenir davantage profonde (jusqu'à 2 m). Elle peut être permanente ou temporaire.	Les mares sont alimentées par les eaux de pluie (ruissellement direct ou par l'intermédiaire d'une ravine) ou par les eaux souterraines (nappe phréatique affleurante ou perchée). En Guadeloupe, plus de 80 % des mares ne sont pas alimentées directement par une source apparente d'eau (ravine, rivière ou canal) et ne présentent pas d'exutoire vers une ravine, une rivière ou une autre mare.	Les mares constituent des milieux d'eau douce.
Étangs d'altitude	Un étang est une étendue d'eau naturelle ou artificielle, moins vaste et moins profonde qu'un lac. Les étangs d'altitude sont localisés à des altitudes supérieures à 700 mètres, et sont peu nombreux et de petites dimensions. Ils peuvent être permanents ou temporaires.	Les étangs d'altitude sont le résultat d'une activité volcanique ayant provoqué le barrage de certaines rivières et la retenue des eaux.	Les étangs sont localisés dans des dépressions alimentées par un ou plusieurs torrents. Les ruisseaux efférents sont à l'origine de certains cours d'eau qui alimentent les rivières du sud-est de Basse-Terre.	Les étangs sont constitués d'eau douce.

Typologie des zones humides	Présentation générale	Genèse	Fonctionnement hydrique	Salinité
Cours d'eau	Les cours d'eau de Grande-Terre sont des ravines, au débit très variable selon la saison, et qui s'assèchent en grande partie pendant le carême. Les cours d'eau de Basse-Terre sont des torrents aux eaux fraîches bien oxygénées dans leur partie haute, et deviennent plus larges avec un lit profond dans leur partie de plaine.	Les cours d'eau permanents sont issus de résurgences de nappes phréatiques. Les cours d'eau temporaires (ravines) sont alimentés par l'eau pluviale ou par des résurgences temporaires liées à la nature géologique du substrat peu propice à l'existence de nappes perchées.	Les ravines de la Désirade et des Saintes sont le plus souvent sèches, en raison de la faible dimension des bassins versants et leur forte pente. Le régime hydrologique des bassins de la Grande-Terre et de Marie-Galante est conditionné par la faible pluviométrie, son caractère saisonnier bien marqué, la modération du relief et le caractère pseudo-karstique des formations calcaires. Le régime hydrologique de la Basse-Terre est déterminé par l'abondance de la pluviométrie, toujours supérieure à l'évapotranspiration.	Les cours d'eau sont constitués d'eau douce, à l'exception de quelques remontées d'eau salée concernant de rares cours d'eau à topographie plane, comme la Grande Rivière à Goyave et la rivière Lézarde.
Canaux	Deux types de canaux sont distingués en Guadeloupe : <ul style="list-style-type: none"> – en Grande-Terre, il existe un réseau ancien de canaux dans la mangrove (canaux Faujas, entre Port-Louis et Petit-Canal, des Rotours dans la plaine de Grippon, Perrin et de Belle Plaine). – en Basse-Terre, un système complexe de prises en rivière, de canaux de dérivation destinés à l'alimentation des communes, des distilleries et des exploitations agricoles. 	Les canaux sont des cours d'eau artificiels creusés par l'homme.	Le fonctionnement hydrique des canaux est marqué par l'alternance entre les saisons sèche et humide. Il varie également selon la localisation du canal.	Les canaux sont alimentés en amont par de l'eau douce. L'eau de mer pénètre en aval dans les canaux, créant ainsi un gradient, qui s'étend d'autant plus en longueur que l'eau du canal est brassée par la navigation. Les canaux de Grande-Terre traversant en aval la mangrove sont particulièrement concernés par ces apports d'eau salée.
Zones humides potentielles ou indéterminées				

II.2.4. Typologie des zones humides de La Réunion

En 2003, la DIREN a initié un travail d'inventaire patrimonial des petites zones humides de La Réunion mais qui appelle plus d'exhaustivité. 27 zones humides ont été recensées, classifiées en groupes (les zones humides de montagne/collines et plateaux, les mares/marais et lagunes côtières, et zones humides des bordures de cours d'eau) adaptés aux particularismes d'une île tropicale (DIREN Réunion, 2005) :

- **petites zones humides assimilables aux « zones humides de montagne, collines et plateaux » et « zones humides ponctuelles » :**
 - mares d'altitude : plans d'eau permanents, parfois profonds, occupant de petites dépressions (mares de Cilaos, mares de Salazie),
 - marais d'altitude : moins clairement circonscrits, ils sont constitués par des étendues de végétation hygrophile avec parfois de petits plans d'eau permanents ou non (Grande mare, mare de Kerval, mare aux Cerfs, mares des Hauts du Bras Chansons, etc.),
 - lacs de cratère : ils comprennent des plans d'eau permanents (piton de l'Eau, piton Argamasse) et des mares à scories temporaires (piton dans l'Bout) ;
- **petites zones humides assimilables aux « mares ou marais et lagunes côtiers » :**
 - mares littorales : accumulations d'eau de ruissellement en arrière du cordon littoral (Petit Étang, mare de l'Étang-Salé),
- **petites zones humides assimilables aux « bordures de cours d'eau » :**
 - mares alluviales : affleurements de la nappe alluviale, généralement à l'embouchure des grands cours d'eau (rivière des Galets, rivière du Mat, rivière Saint-Étienne).

Le deuxième inventaire des zones humides de La Réunion, réalisé en 2009 par le conservatoire botanique national de Mascarin, complète à 30 zones (Figure ci-après), identifiées et classées selon une typologie correspondant aux formations végétales ou aux faciès hydrauliques qui les caractérisent (CB Réunion, 2013) :

- deltas : ce sont des embouchures de rivières pérennes se caractérisant par un large cône de divagation et de nombreux bras de rivière (rivière du Mât et rivière Saint-Étienne). Malgré un substrat peu propice a priori aux zones humides, le caractère pérenne de ces rivières ainsi que la mobilité des lits mineurs ont engendré la formation de bras morts, îlots et autres vasques propices à l'établissement d'un cortège floristique indicateur de zones humides ;
- méandres – ripisylves : ce type de zone humide correspond uniquement à la zone aval de la rivière Sainte-Suzanne appelée bocage de Sainte-Suzanne. Au niveau de cette localité du nord-est de l'île, la topographie devient plane, et le cours de cette autre rivière pérenne devient sinueux, avec un aspect de méandres ;
- complexes marécageux liés aux étangs littoraux : les étangs littoraux sont d'anciennes baies isolées de la mer par des cordons littoraux de galets et protégés de l'action du transit marin par l'avancée en mer des cônes de déjection des trois cirques naturels. L'étang Saint-Paul est le plus grand ; sa surface d'eau libre est considérablement réduite, notamment par l'alluvionnement et la colonisation végétale. L'étang de Bois Rouge est ceinturé par la végétation. L'étang du Gol possède une vaste zone d'eau libre permanente. Ces trois étangs présentent une mosaïque de formations végétales de zones humides particulières, mais du

fait de la prépondérance de la flore exotique leur intérêt tient plus de leur fonction hydraulique et de leur attrait pour la faune ;

- complexe marécageux à Pandanaies : la vaste zone marécageuse de la Plaine des Palmistes (liée à la présence d'une nappe perchée) est constituée d'une mosaïque de formations végétales variées. Ce complexe marécageux de moyenne altitude constitue un réservoir de biodiversité pour la flore et les habitats, pour certains uniques au monde, mais aussi pour la faune qu'elle recèle. La pandanaie de la Plaine des Palmistes figure comme un cas particulier parmi des pandanaies marécageuses, en meilleur état de conservation, entre environ 800 et 1500 m d'altitude, sur des surfaces importantes, en bandes continues (Sainte Rose et Saint Philippe, et plus ponctuellement à Sainte Suzanne, Saint André, Bras Panon, Les Avirons) ;
- complexe marécageux lié à l'étang de moyenne altitude : ce type concerne uniquement la zone humide de Grand Étang (étang de moyenne altitude), depuis les cascades du Bras d'Anette, ainsi que le site des Puys de l'Étang. Sur les rives de Grand Étang, ainsi qu'à son aval, la zone humide forme une ceinture végétalisée mésotrophe, liée à la zone de sédimentation. Elle est caractérisée par des espèces subaquatiques et hygrophiles à fort degré de recouvrement. L'espace fonctionnel de Grand Étang présente deux niveaux différents au sujet de son intérêt patrimonial. La zone haute correspondant aux rives de l'étang proprement dit présente un intérêt floristique supérieur à la zone basse des puys de l'Étang ;
- pelouses humides d'altitude : les pelouses représentent des synusies herbacées originales pour les hautes altitudes (entre 1800 et 2400 mètres d'altitude) ; se développant en taches dispersées et de faibles étendues. Deux conditions semblent présider à leur établissement : un substrat finement divisé (cendres, lapillis, particules de desquamation des laves, ...) et un drainage médiocre ou nul. L'intérêt patrimonial global de ces pelouses est important, au vu des espèces floristiques et des associations végétales endémiques strictes de La Réunion. Un autre intérêt de ces zones tient de leurs fonctions hydraulique (zones tampons limitant les inondations à l'aval) et hydrologique (zone d'infiltration des eaux et de recharge des nappes) ;
- mares, marais d'altitude et lacs de cratère : les mares et marais d'altitude correspondent à des zones d'eau libre peu ou pas végétalisées, plus ou moins permanentes. Ce type est le plus présent dans les cirques, mais aussi au niveau de l'étage altimontain. Pour ce dernier, les mares, marais d'altitudes, et lac de cratère sont intégrés avec les pelouses humides d'altitude au sein d'espaces de fonctionnalité, comme le piton de l'Eau par exemple ;
- prairies humides : ce type générique regroupe deux types élémentaires : les prairies de fauche et les prairies de pâture (situées principalement sur la commune du Tampon). Éléments importants du paysage socio-économique principalement agricole des plaines, ces prairies sont apparues au milieu du XIXe siècle, à la place de pelouses humides d'altitude, de fourrés ou de forêts indigènes, suite au défrichement pour la mise en valeur agricole des terres. Elles ont un intérêt majeur du fait de leurs fonctions hydraulique (zones tampons limitant les inondations à l'aval) et hydrologique (zone d'infiltration des eaux et de recharge des nappes).

Tableau 11 : Synthèse de l'inventaire des zones humides de La Réunion, réalisé en 2009 par le conservatoire botanique national de Mascarin (CB Réunion, 2013).

SAGE concerné	Nom de la zone humide	Type	Surface (en ha)
Est	Plaine de Bois Rouge	Complexe marécageux lié à l'étang littoral	53,87
	Rivière du Mât	Delta	209,7
	Grand Etang	Complexe marécageux lié à l'étang de moyenne altitude et fourrés secondaires à <i>Rubus alceifolius</i>	126,8
	Cap Anglais	Pelouses humides (costuléraires) dans fourrés éricoides	19,98
	Coteau Kerveguen	pelouses humides (principalement festucaies) dans fourrés éricoides	79,83
	Plaine des Palmistes	Complexe marécageux à Pandanaies	807,8
	Piton de l'Eau	Pelouses humides dégradées et prairies pâturées dans fourrés éricoides	425,0
	Rempart de la Rivière de l'Est amont	Pelouses humides dans fourrés éricoides	265,9
	Plateau des Basaltes	Pelouses humides dans fourrés éricoides	17,11
	Savane Cimetière	Rynchosporaies, jonchaie, pelouses humides dans fourrés éricoides	176,5
Nez Coupé Sainte Rose	Pelouses humides dans fourrés éricoides	22,7	
Nord	Bocage Sainte Suzanne	Méandres - Ripisylve	50,53
	Roche Ecrite Nord	Pelouses humides (principalement festucaies) dans fourrés éricoides	86,89
	Roche Ecrite Est	Pelouses humides (principalement festucaies) dans fourrés éricoides	28,01
	Roche Ecrite Ouest	Pelouses humides (principalement festucaies) dans fourrés éricoides	74,57
Ouest	Plaine Saint Paul	Complexe marécageux lié à l'étang littoral	462,6
	Brûlé de Saint Paul - Mardo	Pelouses humides dans fourrés éricoides	62,3
	Brûlé de Saint Paul - Grand Bord	Pelouses humides dans fourrés éricoides	42,36
	Brûlé de Trois Bassins - la Glacière	Pelouses humides dans fourrés éricoides	45,71
	Piton Rouge	Pelouses humides dans fourrés éricoides	207,7
Brûlé de Saint Leu	Pelouses humides dans fourrés éricoides	128,6	
Sud	Rivière Saint Etienne	Delta	149,3
	Plaine du Gol	Complexe marécageux lié à l'étang littoral	129,2
	Les Makes	Pelouses humides dans fourrés éricoides	21,56
	Sommet de l'Entre Deux	Pelouses humides (principalement festucaies) dans fourrés éricoides	15,78
	Plaine des Cafres	Prairies humides (fauche et pâture)	1416
	La Grande Ferme	Prairies humides (fauche et pâture)	291,5
	Plaine des Remparts	Pelouses humides dans fourrés éricoides	226,3
	Nez de Bœuf	Pelouses humides dans fourrés éricoides ; prairies humides (fauchées et pâturées)	384,8
	Foc-Foc	Pelouses humides dans fourrés éricoides	536,8
Total			1416

1 CARTE GENERALE A L'ECHELLE DE LA REUNION

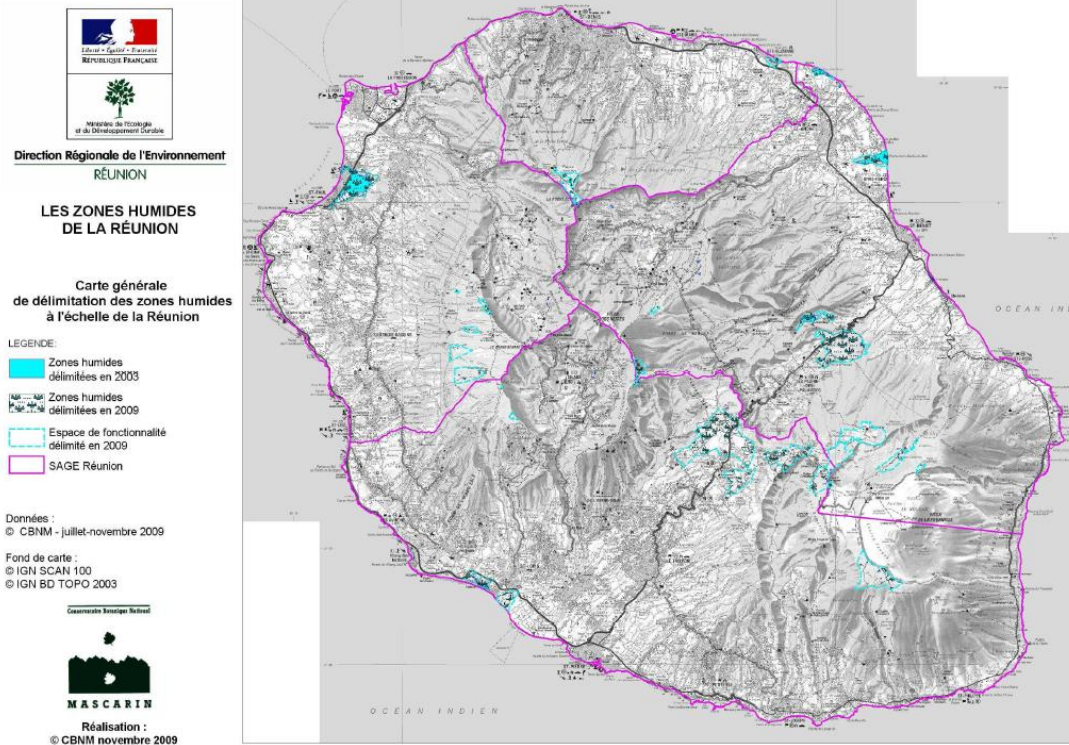


Figure 102 : Répartition des zones humides de La Réunion d’après les cartographies de 2003 et 2009 (CB Réunion, 2013). Attention, cette carte n’a pas la prétention de représenter les zones humides de façon exhaustive.

II.2.5. Typologie des zones humides à Mayotte

La typologie des zones humides de Mayotte proposée par Guiot et Lacoste (2011) s’est basée sur la classification Ramsar, et décrit douze différents types de zones humides (Figure ci-après) délimitées suivant un étagement bioclimatique qui s’étend depuis le littoral (médiolittoral à supralittoral), traversant les plaines littorales (ad-littoral), les plaines intérieures (subhumide) jusqu’en fonds de vallées (mésohumides) :

- vasières estuariennes ou ripisylves mangroviennes ;
- prairies humides ou marais littoraux ;
- mangroves ;
- forêts d’arrière-mangrove ;
- complexe de zones humides boisées et prairiales de plaines supra-littorales ou forêts de plaines littorales ;
- lagunes ;
- lacs naturels d’eau douce ;
- lacs naturels d’eau saumâtre ;
- prairies humides intérieures ;

- ripisylves ou forêts galeries ;
- complexe de zones humides boisées de plaines intérieures ou plaines alluviales ;
- retenues collinaires.

Ces zones humides délimitées sur l'île de Mayotte couvrent au total une superficie d'environ 5 200 ha et ont été cartographiées (Figure ci-après) (DEAL Mayotte, 2015b ; Pôle-Relais Zones Humides Tropicales, 2019). Cette cartographie est en cours d'actualisation par l'UICN avec la DEAL de Mayotte dans le cadre du projet MAYWET.

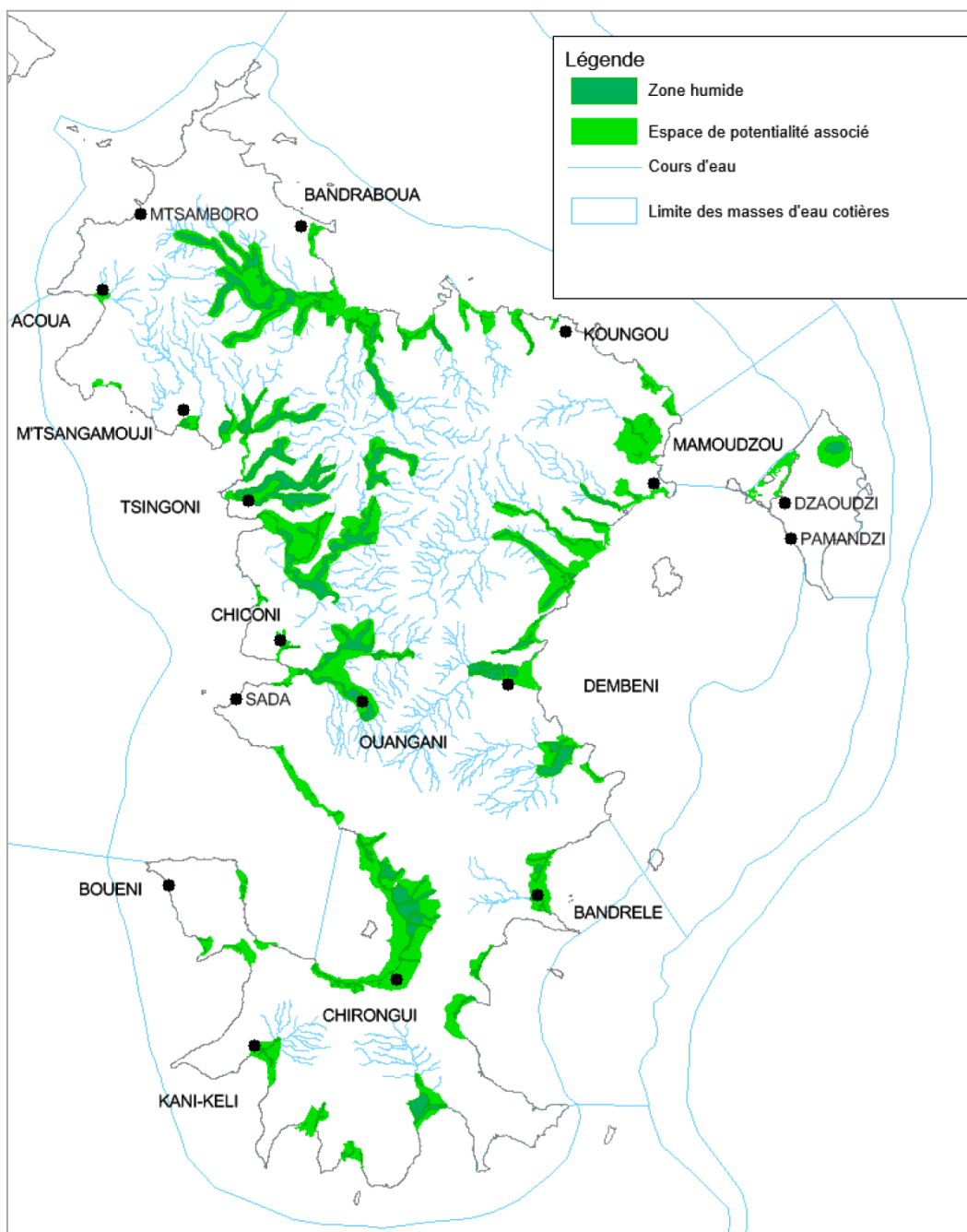


Figure 103 : Cartographie des zones humides de Mayotte (DEAL Mayotte, 2015b).

Tableau 12 : Typologie des zones humides de Mayotte et leurs descriptions (Guiot et Lacoste, 2011).

	Classification Ramsar	Typologie des zones humides	Descriptions
Zones humides côtières et marines	Vasières, bancs de sable ou de terre salée intertidaux (G- Typologie Ramsar)	Vasières estuariennes ou ripisylves mangroviennes	Les zones de delta des cours d'eau s'abaissant par endroits forment de vastes zones planes d'estuaires envahies par les eaux du lagon à marée haute, rythmées par les marées montantes et descendantes. Ces embouchures aux apports sédimentaires importants forment des vasières sous forme de boue. À Mayotte, ces vasières littorales occupent de faibles surfaces ; les plus remarquables sont : Bouéni, Majicavo, Longoni, les vasières de M'liha et de N'Gouja.
	Marais intertidaux (H-Typologie Ramsar)	Prairies humides ou marais littoraux	Zones humides colonisées par une végétation herbacée plus ou moins halophile (dilution de la salinité par des apports d'eau douce) sur des sols inondables ou saturés de façon permanente ou temporaire. On observe deux niveaux de formations herbacées qui peuvent être déclinés en plusieurs faciès : les prairies humides de bas niveau situées dans les zones d'arrière-mangroves ou de vasières estuariennes (visibles à l'embouchure du Mro Kwalé, sur les rives des cours d'eau à Hagnoundrou et Bambo-est, à Mtsangamouji jouxtant la lagune d'Ambato), et les prairies humides de haut niveau en position supralittorale (directement liées aux cours d'eau temporaires ou permanents et subissant des influences marines).
	Zones humides boisées intertidales (I- Typologie Ramsar)	Mangroves	Zones humides situées à l'interface entre la terre et la mer, colonisées par des formations végétales arborées (palétuviers) caractéristiques de la zone de balancement des marées (zone intertidale). Ces formations se développent sur substrat sablo-vaseux avec accumulations de sédiments essentiellement argiles et limons et s'organisent en bandes parallèles au rivage suivant les conditions topographiques, courantologiques et celles du substrat. Les mangroves de la baie de Bouéni (environ 182 ha) et celle de Dzoumonyé (101 ha) sont les plus importantes de l'île et présentent des faciès remarquables.
		Forêts d'arrière-mangroves	Espaces marécageux atteints périodiquement par les marées de hautes eaux et exceptionnelles, et qui sont colonisés par des forêts marécageuses d'arrière-mangroves. Ces formations boisées halophiles sont installées sur sols alluviaux fluvio-marins hydromorphes, à dominance de texture limoneuse à limono-argileuse, et à salinité réduite par des apports d'eau douce. Les formations arborées marécageuses marquent le domaine supralittoral et frangent les mangroves intertidales ; elles constituent la transition avec la terre ferme.

	Classification Ramsar	Typologie des zones humides	Descriptions
		Complexes de zones humides boisées et prairiales de plaines supralittorales ou forêts de plaines littorales	Zones humides colonisées par des formations arborées et prairiales imbriquées d'arrière-mangroves en zone supralittorale sous influence marine temporaire et sur sols gorgés d'eau de façon quasi permanente du fait de la nappe phréatique proche et/ou de la proximité immédiate du réseau hydrographique. On peut citer : l'érythrinaie (baie de Chirongui, Bandrélé), la raphiaie (baie de Longoni, de Chiconi Mangajou, Bandrélé), les forêts à <i>Barringtonia</i> (baie de Bouéni), et les formations herbacées hautes à <i>Typhonodorum</i> et <i>Cyclosorus</i> (baie de Bouéni).
	Lagunes côtières saumâtres/salées (J- Typologie Ramsar)	Lagunes	Zones humides littorales formées dans des dépressions en arrière du cordon dunaire et se caractérisant par un faible renouvellement de l'eau. Les eaux sont fortement salées près du littoral et légèrement saumâtres plus loin du littoral. À Mayotte, ces milieux sont rares, et le niveau d'inondation, de la salinité et du type de sol peut être assez originale. On peut citer : la lagune d'Ambato à Mtsangamouji avec un faciès de mangrove à <i>Lumnitzera racemosa</i> à engorgement saumâtre permanent, la vasière des Badamiers et de petites dépressions lagunaires visibles à moindre échelle sur les sites de Dapani et Munyambani.
Zones humides continentales	Lacs d'eau douce permanents (O- Typologie Ramsar)	Lac naturel d'eau douce	Le seul lac naturel d'eau douce à Mayotte est Dziani Karihani, situé sur la commune de Tsingoni dans une cuvette du plateau de Combani. Il joue un rôle hydrologique majeur de réserves hydriques en drainant les eaux de ruissellement issues des précipitations et les eaux d'infiltrations des terres environnantes. Il alimente le Mro-oua-Haoutoungou, un affluent du Mro-oua-Ouroveni qui à son tour alimente la mangrove de Tsingoni.
	Lacs salés/saumâtres/alcalins permanents (Q- Typologie Ramsar)	Lac naturel d'eau saumâtre de Dziani Dzaha	Lac de cratère qui était situé au niveau de la mer lors des dernières manifestations volcaniques sur l'île de Mayotte. Ses caractéristiques géologiques, ses qualités physicochimiques (salinité, teneurs en chlorures et sodium importantes, et dégagement d'hydrogène sulfuré) indiquent un milieu très particulier probablement lié à l'origine des eaux marines qui ont été concentrées suite aux phénomènes d'évapotranspiration. Il est alimenté faiblement par les eaux pluviales et de ruissellement du bassin versant.
	Mares/marais d'eau douce saisonniers/intermittents sur sols inorganiques (Ts Typologie Ramsar)	Prairies humides intérieures	Ce sont des formations végétales herbacées hautes installées sur des zones temporairement inondées ou saturées d'eau douce issue du débordement d'un cours d'eau ou la remontée de la nappe. Ces espaces, constituant des zones d'expansion des crues, présentent des fonctions d'atténuation des inondations par le ralentissement des ruissellements, le stockage et l'épuration de l'eau.

	Classification Ramsar	Typologie des zones humides	Descriptions
	Zones humides d'eau douce dominées par des arbres (Xf- Typologie Ramsar)	Ripisylves ou forêts galeries	Ce sont des formations arborées associant arbustes, herbes, mousses et fougères, installées sur les berges des cours d'eau dans leurs parties basses souvent inondées en plaines intérieures et littorales sur sols brunifiants avec alluvions fines. Elles constituent des transitions entre les milieux terrestres et aquatiques, et participent ainsi à la vie biologique de la rivière. Outre leur rôle de fixation des berges et de maintien de la stabilité du lit de rivières, elles limitent le risque d'inondation dans les plaines et contribuent à la recharge des nappes, réserves d'eau potable.
		Complexe de zones humides boisées de plaines intérieures ou plaines alluviales	Ces zones humides sont localisées dans les plaines alluviales remblayées par des dépôts d'alluvions issus du débordement du lit des rivières lors des grandes crues. À Mayotte, deux faciès sont distingués : i) les érythrinaies, dominées par <i>Erythrina fusca</i> , un grand arbre indigène associé à <i>Cyclosorus interruptus</i> , et observées sur les zones de Tsingoni Mrowalé ; ii) les forêts marécageuses à <i>Raphia farinifera</i> associé à <i>Typhonodorum lindleyanum</i> , <i>Cyclosorus interruptus</i> et <i>Stenochlaena tenuissifolia</i> , observées dans les cours inférieurs des rivières permanentes ou temporaires, les dépressions hydromorphes des vallons de basse altitude, les marigots et cuvettes des plaines alluviales intérieures. Les zones plus remarquables ont été observées à Coconi, Kahani, et sur le cours d'eau Mro-oua-Bandrani qui alimente la retenue collinaire de Dzoumonyé.
	Zones de stockage de l'eau (6-Typologie Ramsar)	Retenues collinaires	Ce sont des zones humides artificielles, créées pour les besoins en eau potable et pour pallier le manque d'eau dans les rivières en saison sèche. La recharge a lieu en saison des pluies avec une vidange en saison sèche. À Mayotte, on peut citer (i) la retenue collinaire de Combani, créée en 1998, et qui est alimentée par le Mro-oua-Mwala, un affluent du Mro-oua-Ourovéni ; sa capacité de stockage est de 1,5 million de m ³ , sur une surface de 23,7 ha, (ii) la retenue collinaire de Dzoumonyé, créée en 2001, qui est alimentée par trois affluents du Mro-oua-Tanabé ; sa capacité de stockage est de 2 millions de m ³ , sur une surface 22, 3 ha.

III. Définitions de l'hydromorphie, de ses causes et des conséquences dans les sols

Cette section étudie si des protocoles et listes de référence utilisés en métropole (par ex. les traits d'hydromorphie dans le sol) sont applicables dans les DROM, et le cas échéant, elle propose de développer de nouveaux protocoles et listes de référence pertinents pour identifier les zones humides loi sur l'eau en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement et de la rubrique 3.3.1.0 de la nomenclature établie par l'article R. 214-1 du code de l'environnement.

Pour cela, dans la section suivante, nous préciserons les causes de l'hydromorphie et ses conséquences qui se traduisent par des processus géochimiques d'oxydo-réduction le plus souvent observables par des traits liés à la redistribution du fer ; avant d'envisager l'utilisation de ce critère pour identifier et délimiter les zones humides tout en tenant compte des limites dudit critère.

III.1. Définition de l'engorgement des sols et de l'hydromorphie

D'après Baize et Ducommun (2014) ainsi que Baize et Jabiol (2011), l'engorgement et la saturation par l'eau sont des processus similaires : l'air d'un horizon est chassé par l'eau qui occupe toute la porosité du sol. La macroporosité de l'horizon est occupée par de l'eau qui s'y trouve « libre ». Dans la littérature, il est souvent question « d'engorgements temporaires » que l'on oppose à « engorgements permanents ». « L'engorgement temporaire » peut vouloir dire fréquent, mais de courte durée (par exemple, au rythme des précipitations en hiver et au printemps), mais tout aussi bien trois fois par an avec une durée d'un mois. « L'engorgement permanent » correspondrait plutôt à de longues durées de saturation par l'eau, par exemple, à huit mois sans discontinuer. Un horizon de sol engorgé est à son humidité maximale, celle-ci dépassant largement sa capacité au champ⁵⁵.

En revanche, la notion d'excès d'eau, dans une certaine mesure, est un jugement intéressé de l'homme quant à une utilisation qu'il veut faire du sol : selon la culture, selon l'itinéraire cultural, le contexte socio-économique et technique ou l'exploitation forestière. L'excès d'eau est donc jugé par l'homme relativement à une population ou une communauté végétale (par exemple : blé, vigne, prairie, pin maritime, etc.) et à certaines productions visées (intensive, extensive, etc.) (Baize et Jabiol, 2011). Concernant les zones humides, définies juridiquement en métropole à partir de listes de référence multiples d'hydromorphie du solum, de végétation... l'expression « excès d'eau » est inadaptée, d'autant plus que leur reconnaissance juridique est essentielle tant le besoin de les protéger est reconnu du fait de la multiplicité de leurs fonctions (Baize et Jabiol, 2011).

L'hydromorphie au sens strict et originel, est la conséquence morphologique d'un engorgement suffisamment prolongé dans un horizon ou un solum dans son ensemble, sous la forme de taches, de concrétions, de colorations spécifiques ou de décolorations, résultant de la dynamique, en milieu réducteur, ou alternativement réducteur puis réoxydé, de deux éléments colorés : le fer et le manganèse. L'hydromorphie est un processus qui débute en général quelques jours après son engorgement et s'accroît au rythme de l'alternance et de la durée des phases d'humectation et de dessiccation saisonnière. La rapidité de son expression, annuelle ou pluriannuelle (de petits volumes rédoxiques au sein d'un horizon labouré sont observables après quelques semaines), est tributaire des propriétés du sol (pH, matières organiques, etc.) et des conditions météorologiques (température, durées d'engorgement) (Baize et Ducommun, 2014 ; Sparks 2003). Comme l'indique bien l'étymologie

⁵⁵ La capacité au champ est la capacité de rétention maximale en eau du sol.

de ce mot, l'hydromorphie se manifeste par des traits morphologiques liés à l'eau : ces traits sont donc visibles. **Mais là réside une difficulté majeure : il peut y avoir engorgement (actuel) sans hydromorphie visible, et hydromorphie (bien visible) sans engorgement (actuel).** Il ne faut donc pas confondre les causes et les effets, et ne pas employer le terme « hydromorphie » pour désigner un engorgement (Baize et Jabiol, 2011). D'où les « cas particuliers » qu'il a fallu signaler dans la réglementation en métropole pour établir des protocoles et listes de référence afin d'identifier les zones humides (Baize et Ducommun, 2014).

III.2. Les différentes causes des engorgements

L'engorgement d'un sol implique un déséquilibre à un moment donné entre les entrées et les sorties d'eau dans le solum. L'étude de l'engorgement passe nécessairement par celle de ses causes, donc de l'origine de ce déséquilibre qui peut être sous l'influence de facteurs extérieurs au solum ou propres à celui-ci. Les paramètres à prendre en compte sont donc variés : pédologiques, topographiques, macro climatiques, hydrogéologiques et botaniques. Le tableau ci-après présente les causes des engorgements et la typologie des régimes hydriques (Baize et Jabiol, 2011). Ces auteurs ont fait remarquer que différents types de matériaux peuvent constituer un plancher : une roche non fissurée (granite, grès), un horizon limoneux compact, un horizon induré⁵⁶ (alios) ou un horizon argileux gonflant ou mal structuré.

Tableau 13 : Les principales causes d'engorgements des sols par une appréciation du bilan entrées/sorties d'eau (Baize et Jabiol, 2011).

	Augmentation des entrées	Ralentissement des sorties
Causes primaires		
		Faible infiltration en surface (texture, structure)
Propres au solum		Faible écoulement latéral (position topographique plane)
		Faible percolation verticale (existence d'un plancher)
Extérieures au solum	Remontée de nappe soutenue par une rivière	Présence de dépressions à l'échelle du relief ou du microrelief
	Source, mouillère	Climat à faible évapotranspiration
Causes secondaires		
	Précipitations abondantes	Faible profondeur du plancher
Facteurs aggravant les engorgements	Apports latéraux importants : position de bas de versant ou de fond de vallon	Diminution de l'évapotranspiration

⁵⁶ Un horizon est induré lorsqu'il est de consistance dure rappelant le ciment, empêchant la libre pénétration de l'eau et le développement racinaire. Situé généralement près de la surface, les alios des Podzols en sont un exemple.

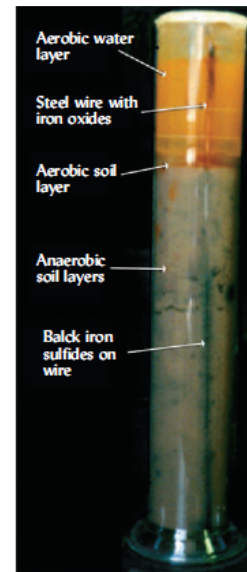
III.3. Les processus géochimiques dans les sols hydromorphes

Les sols hydromorphes se caractérisent par la présence de caractères morphologiques attribuables à un engorgement, dont les origines sont diverses comme nous venons de le voir précédemment : précipitations (pour les sols à drainage limité), apports externes superficiels liés aux ruissellements/inondations, apports profonds liés à la remontée de la nappe, modifications anthropiques... **Pour qu'il y ait hydromorphie, plusieurs conditions doivent être réunies dans le sol :**

- **la présence d'un engorgement** : l'eau peut néanmoins circuler rapidement dans le sol et s'évacuer verticalement ou latéralement, en deux ou trois jours, si les conditions s'y prêtent (bonne porosité, absence d'horizon imperméable sous-jacent, terrain en pente) ; cette eau peut aussi stagner ;
- **la restriction de la ressource en oxygène** : les réserves d'oxygène sont rapidement épuisées par l'activité biologique. En effet, les microorganismes aérobies du sol épuisent l'oxygène piégé ou dissous, en quelques heures à quelques jours (Jaffrezic, 1997) ; des microorganismes anaérobies dont la respiration repose sur la réduction de certains composés, comme le fer et le manganèse prennent le relais. Attention toutefois, la saturation par l'eau n'est pas synonyme de milieu réducteur, car il existe des nappes riches en oxygène dissous, par ex. quand une circulation rapide de l'eau assure le renouvellement des réserves en oxygène ;
- **la présence de substrats métabolisables** tels que des matières organiques permettant l'activité des microorganismes impliqués dans les processus d'oxydoréduction ;
- **des conditions thermiques** qui permettent l'activité des micro-organismes ;
- **et la présence d'éléments susceptibles** de changer d'état d'oxydoréduction (Jaffrezic, 1997) tels que le fer ou le manganèse.

Le fer est le principal élément responsable de l'expression de l'hydromorphie, en raison de sa place dans les processus d'oxydoréduction dans les sols, de son rôle dans leur coloration, de son changement de solubilité selon son état (oxydé ou réduit). Les manifestations qui accompagnent sa réduction (et sa mobilisation) et son oxydation (et son immobilisation) sont particulièrement nettes. En effet, les composés du fer changent de couleur lorsque ce dernier passe de son état oxydé Fe^{3+} (par exemple coloration rouille) à son état réduit Fe^{2+} (par exemple coloration bleuâtre, verdâtre). De plus, il devient également mobile : Fe^{3+} est très peu soluble à l'état oxydé, alors que Fe^{2+} est susceptible de passer en solution (Figures ci-après).

Figure 104 : Zones oxydées (oxyde de fer orange) et réduites (sulfure de fer noir) le long d'une tige d'acier noyée dans un sol gorgé d'eau dans une colonne de Winogradsky. Le sol a été mélangé avec des matières organiques et du sulfate de calcium (pour fournir du soufre), mélangé avec de l'eau pour obtenir une boue épaisse et versée dans un récipient d'eau pour obtenir une boue épaisse et versée dans un grand cylindre de verre de manière à ce que plusieurs cm d'eau recouvrent le sol qui s'est déposé au fond de la colonne. Un fil d'acier a ensuite été inséré près du verre pour servir d'indicateur d'oxydoréduction simple. Le cylindre a ensuite été recouvert de parafilm pour empêcher l'évaporation et a été placé au soleil. Après plusieurs semaines, l'action des micro-organismes du sol a entraîné un gradient d'oxydoréduction et les changements chimiques indiqués. Crédit photo : Ray R. Weil. Issue de Weil & Brady, (2008).



De ce fait, les processus d'oxydoréduction interviennent sur les possibilités de migration, donc de redistribution au sein des horizons et des couvertures pédologiques, qui se traduisent par des changements de coloration. Cette redistribution dépend aussi d'autres processus biochimiques et physico-chimiques influencés par le pH principalement, l'importance de la macroporosité (permettant ou non des mouvements de l'eau libre), mais aussi la nature, l'abondance et la forme de certains constituants : forme initiale du fer, argile, certains cations ou anions tels que Ca^{2+} et SO_4^{2-} (Baize et Jabiol, 2011). **Le manganèse répond aux mêmes processus que le fer, mais les processus d'oxydoréduction associés au manganèse précèdent ceux associés au fer lors de l'apparition de conditions réductrices (Figure ci-après).**

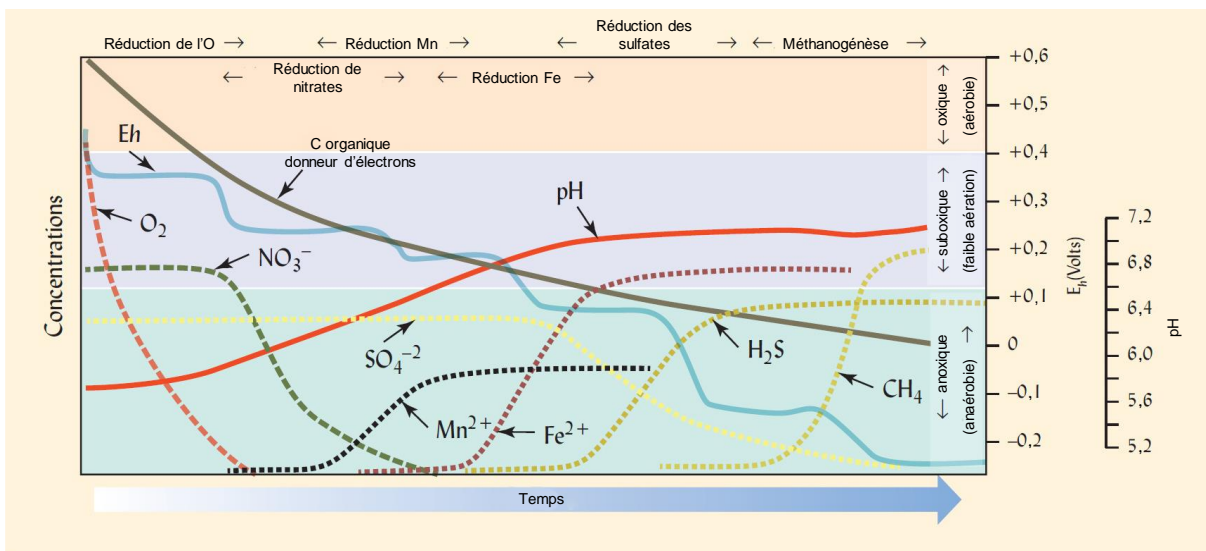


Figure 105 : Changements généralisés dans la chimie du sol suite à la saturation en eau d'un sol riche en matière organique. Selon principalement la température et le niveau de carbone organique facilement oxydable présent, la période représentée peut varier de quelques jours (si le sol est chaud et riche en sucres) à quelques semaines (si le sol est frais et pauvre en carbone facilement oxydable). Pendant la première période, les microorganismes aérobies et facultatifs digèrent (oxydent) le carbone organique via la respiration, consommant (réduisant) la majorité de l' O_2 dissous, abaissant ainsi le potentiel redox (E_h) de la solution du sol (ligne bleue continue). À mesure que l' O_2 est épuisé et que l' E_h diminue, les conditions deviennent favorables aux microorganismes anaérobies qui peuvent utiliser des substances dans la solution du sol, telles que le nitrate (NO_3^-) comme

accepteur final d'électrons libérés par leur métabolisme. Ce processus réduit le nitrate et abaisse encore davantage l'Eh. À mesure que l'Eh diminue, les microbes réduisent alors les oxydes de manganèse [Mn(III, IV)] et plus tard les oxydes de fer [Fe(III)] dans les minéraux du sol, ce qui fait apparaître les ions métalliques réduits en solution. Ces réactions changent la couleur du sol en dissolvant certains minéraux contenant du fer. Comme indiqué par la ligne rouge continue dans le graphique, le pH tend à augmenter à mesure que les ions H⁺ sont consommés dans les réactions qui réduisent Fe³⁺. Une fois que la plupart du fer a été réduit et que l'Eh a chuté bien en dessous de 0 V, le soufre (S(+VI)) dans le sulfate (SO₄²⁻) est réduit en sulfure (S⁻²), produisant du gaz sulfure d'hydrogène (H₂S). Enfin, certains microbes (méthanogènes) réduisent les composés carbonés pour produire du méthane (CH₄) (Weil 2008).

Notons qu'aux États-Unis d'Amérique, le concept d'*hydric soil* a été développé par Cowardin et al. (1979) pour identifier les sols soumis à des engorgements prolongés. Leur système de classification a été développé pour aider le *National Wetlands Inventory* de l'*U.S. Fish and Wildlife Service*. Il définit les terres de transition entre les systèmes terrestres et aquatiques, où la nappe phréatique est généralement à la surface ou près de la surface, ou alors là où la terre est recouverte d'eau peu profonde. Les zones humides doivent comporter au moins une des trois caractéristiques suivantes pour être considérées comme telles : (1) au moins temporairement, des hydrophytes composent l'essentiel de la communauté végétale, (2) le sol est principalement un sol *hydric*, et (3) le substrat n'est pas du sol et il est saturé d'eau ou recouvert d'eau peu profonde à un moment ou à un autre de la saison de croissance chaque année. Les pédologues du département de l'agriculture aux États-Unis d'Amérique (USDA) ont ainsi demandé une liste de ces sols *hydric* pour les identifier avec des critères spécifiques, et il a notamment été suggéré d'indiquer des durées de saturation du sol pour les identifier. En 1985, des critères ont donc été produits, révisés notamment en 1991, avec des listes de sols, des durées d'inondation et des critères relatifs à la profondeur de la nappe pour identifier les zones humides : selon la perméabilité des sols la profondeur de la nappe devait ainsi être à moins de 30 cm ou moins de 45 cm de la surface pendant la période de croissance de la végétation durant au moins 2 semaines (voir Vepraskas et Craft, 2016).

III.3.1. Horizons rédoxiques et traits liés à la redistribution du fer

D'après le référentiel pédologique de 2008, deux types d'horizons peuvent être distingués en fonction de leur dynamique hydrique et des processus d'oxydoréduction, et donc en fonction de leur couleur et de la répartition du fer en leurs seins : il s'agit des horizons rédoxiques et réductiques. Outre ces deux horizons en contexte d'engorgement, on distingue des horizons histiques (horizons de tourbe) de couleur sombre, très légers, formés en milieu saturé par l'eau durant des périodes prolongées (plus de 6 mois dans l'année) et constitués essentiellement de débris de végétaux hygrophiles ou subaquatiques non décomposés (Baize et al., 2009).

Les traits rédoxiques sont identifiés par un suffixe g ou -g accolé au nom de l'horizon par exemple Eg, BTg, Sg, Cg. Les codes n'ont pas changé entre les anciennes classifications (CPCS ou autres) et le référentiel pédologique. **Les traits rédoxiques et les horizons rédoxiques étaient nommés « pseudogley ». Ils résultent d'engorgements temporaires disparaissant totalement à certaines périodes, et dont l'origine est directe (par exemple les zones humides ombrogènes) ou indirecte (par exemple les zones humides alluviales avec engorgement résultant de la nappe associée au cours d'eau en crue).**

D'après le référentiel pédologique de 2008, la morphologie des horizons rédoxiques résulte de la succession dans le temps de processus de réduction-mobilisation du fer (périodes de saturation en eau) et de processus d'oxydation-immobilisation du fer (périodes de non-saturation). En période d'engorgement où l'horizon du sol est anoxique, le fer réduit (qui est soluble) migre sur quelques millimètres ou quelques centimètres puis, lorsque le milieu se réoxyde, reprécipite sous forme de petits volumes de couleur rouille et de nodules bruns (voire noirs si du manganèse est également réoxydé) ou de films de mêmes couleurs. En même temps, les zones appauvries en fer se décolorent et deviennent plus claires (Vizier, 1992 ; Baize et al., 2009). **Ces alternances rapides d'oxydation, de réduction, d'oxydation sont des cycles d'oxydoréduction qui conduisent donc à la redistribution progressive du fer dans les horizons dits rédoxiques, avec des zones d'accumulation.**



(a)



(b)



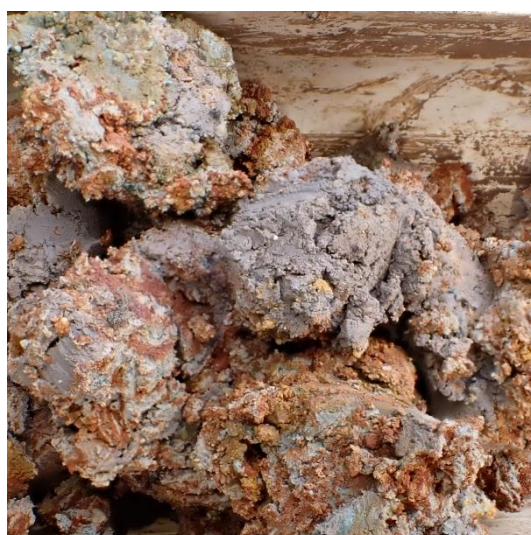
(c)



(d)



(e)



(f)

Figure 106 : Photographies macroscopiques de traits d'hydromorphie rédoxiques observés en Guadeloupe (a) à la Savane des rosières (Anse-Bertrand), à La Réunion (b) à Foutaque (Sainte-Suzanne), en Guyane (c) à Bergère (Sinnamary), en Martinique (d) au Lac de la Manzo (Ducos), en Guyane (e) à la Cité judiciaire (Saint Laurent du Maroni), à Mayotte (f) à Dziani Karihani (Tsingoni).

La répartition du fer y est donc très hétérogène. La couleur des faces des unités structurales, plus claire que celle de leur partie interne, résulte d'une redistribution centripète de fer migrant, lors des périodes de saturation, vers l'intérieur des agrégats où il s'y immobilise lors du dessèchement. **Les immobilisations se maintenant lorsque le sol est de nouveau saturé, elles tendent ainsi à former peu à peu des accumulations localisées de fer qui donnent des tâches de couleur rouille, des nodules ou des concrétions.**

Les cycles d'oxydo-réduction ne conduisent jamais à une répartition homogène des composés ferriques et à une teinte uniforme. À l'échelle de l'horizon, la répartition du fer est donc très irrégulière. Moins de taches de couleur rouille et plus de zones décolorées et déferrifiées à mesure que l'on descend dans le solum peuvent aussi être un signe d'intensification de l'hydromorphie car le départ de la totalité du fer est le résultat de nombreux cycles d'oxydoréduction.



(a)



(b)



(c)

Figure 107 : Reconstitution d'un profil pédologique à partir de prélèvement à la tarière réalisé en Guyane ((a), la surface du profil est à gauche), dans la savane de Stoupan (Matoury). Les zones plus décolorées et plus déferrifiées visibles sur les macros (b) et (c) à mesure que l'on descend dans le profil de sol peuvent indiquer une intensification croissante de l'hydromorphie car le départ de la totalité du fer est le résultat de nombreux cycles d'oxydoréduction. L'observateur doit toutefois rester vigilant quant à des risques de confusion qui peuvent exister pour les horizons les plus décolorés (en profondeur) qui peuvent résulter d'autres processus de pédogénèse que des cycles d'oxydo-réductions actifs, notamment la rubéfaction.

Les horizons rédoxiques sont caractérisés par une juxtaposition (Vizier, 1992 ; Baize et al., 2009) :

- de plages ou de traînées grises (ou simplement plus claires que le fond matriciel de l'horizon), appauvries en fer ;
- et de taches de couleur rouille (brun rouge, jaune-rouge, voire rouge vermillon dans les Salisols), enrichies en fer. Les taches d'oxydation et/ou de réduction peuvent être assez nombreuses (2 à 20 % de la surface de l'horizon) à très nombreuses (horizon bariolé). Elles peuvent être très fines (1 à 2 mm) à grosses (> 15 mm), peu contrastées ou contrastées.

De façon générale, les traits rédoxiques ne se limitent pas aux taches ocres ou rouilles. À ces taches peuvent s'ajouter des volumes décolorés, car déferrifiés des films et nodules noirs ferromanganiques en proportions variables (Figure ci-après) (Baize et Ducommun, 2014).



Figure 108 : Reconstitution d'un profil pédologique réalisé en Guadeloupe (a, la surface du profil est à gauche), dans une zone humide rétro-littorale (Les Abymes). Le lieu des photos en macro est indiqué par un cercle blanc en (a) et les nodules noirs ferromanganiques sont indiqués par des flèches blanches en (b) et en (c).

Ainsi, les horizons rédoxiques peuvent être caractérisés par des traits variés (Baize et Jabiol, 2011) :

- des accumulations de fer réoxydé après redistribution :
 - petites accumulations ou taches rouille d'imprégnation (mais attention, toutes les taches rouille ou ocre ne sont pas des signes d'hydromorphie, certains sont des taches d'altération du matériau parental ou d'éléments grossiers présents dans la matrice, indice de la « sortie » du fer hors des réseaux cristallins) ; ces

taches s'observent au sein d'un fond matriciel coloré et/ou souvent juxtaposés à des taches gris clair ; ce sont les manifestations les plus courantes,

- revêtements orange vif (lépidocrocite),
 - indurations rouille ou brunes diffuses,
 - nodules et concrétions noirs plus ou moins durs, souvent auréolés de rouille, provoquant à l'extrême les indurations citées plus haut,
 - revêtements noirs sur faces d'agrégats, avec souvent un dégradé de couleurs vers le rouge puis l'orangé,
- des zones appauvries en fer :
 - veines ou marbrures blanches ou grises,
 - zones blanchies ou éclaircies, en taches fines ou en larges plages, juxtaposées aux taches ocre citées plus haut, avec ou sans couleur résiduelle du fond matriciel,
 - horizon complètement délavé et blanchi (caractère albique), parsemé ou non de taches ocre minoritaires. C'est la seule morphologie d'horizon rédoxique qui paraît de couleur homogène, bien que ces types d'horizons prennent souvent en surface des teintes plus foncées, liées à des entraînements de matières organiques.

Ces morphologies s'expriment différemment selon les caractéristiques des matériaux parentaux, en particulier leur texture et leur pH :

- dans les matériaux à faible perméabilité, les déplacements du fer restent très localisés, les taches ocre et grises juxtaposées sont souvent centimétriques et très contrastées ;
- quand le pH est élevé (> 6), les taches restent floues et peu contrastées en raison de la difficulté à réduire le fer dans ces conditions (nécessité d'un potentiel d'oxydoréduction très bas) ;
- en milieux filtrants (sables, limons sableux, etc.), les couleurs grises l'emportent que l'on soit dans la partie haute du solum ou du paysage ;
- dans les matériaux initialement très pauvres en fer (sables généralement), les taches ocre sont rares et peu contrastées (Baize et Jabiol, 2011).

Cette redistribution du fer peut générer des déplacements très localisés, au sein même de l'horizon, mais le fer peut aussi provenir d'horizons sus-jacents ou situés plus haut sur un versant, en liaison avec des flux d'eaux verticaux ou latéraux des solutions du sol. Dans « ces zones d'arrivées d'eau », il y a alors un enrichissement général de l'horizon en fer, pouvant même conduire, si l'enrichissement et l'hétérogénéité de la redistribution du fer sont forts, à la formation d'horizons d'accumulation, des horizons ferriques, soit non indurés (Fe), soit indurés (Fem), tous les intermédiaires étant possibles. En « zones de départs d'eau », les départs de fer sous forme réduit Fe^{2+} solubilisé peuvent être importants, principalement en milieu acide, et conduire à un appauvrissement de cet élément qui se traduit par un blanchiment progressif de tout l'horizon (horizon ga ou -ga albique) (Baize et Jabiol, 2011).

Ces ségrégations du fer sont permanentes et visibles quel que soit l'état hydrique de l'horizon. Les traits rédoxiques demeurent donc visibles même en périodes sèches et sont

reconnaissables en permanence. S'ils sont suffisamment nombreux ou contrastés dans un horizon et s'ils correspondent à un fonctionnement hydrique actuel⁵⁷, l'horizon en question est considéré comme étant rédoxique. Autrefois, les traits rédoxiques et les horizons rédoxiques étaient nommés « pseudogley » et portaient les mêmes codes (Baize et Ducommun, 2014).

Les processus d'oxydo-réduction ne sont pas les seules causes de coloration différenciée dans le sol et ils doivent donc être utilisés avec prudence. Par exemple, des résidus racinaires (souvent rougeâtres), la décomposition des racines (souvent gris sombre à noir), des fragments de cailloux ou galets (souvent avec un contraste abrupt et fort avec la matrice adjacente) et les accumulations de carbonates (souvent blanches) peuvent être confondues avec des traits d'hydromorphie. De plus des morphologies relictuelles peuvent exister, c'est-à-dire qu'elles se sont formées par le passé quand les conditions étaient propices à leur présence, et elles sont toujours visibles bien que le fonctionnement d'un sol ne soit désormais plus propice à leur manifestation (Vepraskas et Craft, 2016).

III.3.2. Sols particuliers sans traits d'hydromorphie rédoxiques

En cas d'absence de fer dans les horizons pédologiques, comme pour les sols développés sur des matériaux géologiques sableux quartzeux ou constitués quasi-exclusivement de calcaire (roches sédimentaires, alluvions) ou, également, dans le cas des horizons dont le fer a fini par être totalement évacué par lixiviation à l'état oxydé après de très nombreux cycles d'oxydoréduction, les engorgements temporaires ne laissent pas de taches rouille rédoxiques visibles en période sèche.

Dans d'autres cas, tels que la présence d'une nappe circulante ou oscillante très oxygénée (nappes alluviales), où on n'observe pas de bariolage blanc/rouille, ni de nodules noirs ferromanganiques, il convient de rapprocher les observations faites sur le sol de la présence d'eau libre à proximité du site étudié (plans d'eau, cours d'eau, fossés) (Baize et Ducommun, 2014) ou d'utiliser des données piézométriques.

Ainsi, un engorgement des sols sans hydromorphie peut apparaître dans les situations suivantes (Baize et Jabiol, 2011) :

- l'engorgement est éphémère ;
- la nappe d'eau est bien oxygénée et circulante (sols alluviaux) ;
- le sol ou l'horizon contient très peu de fer (cas de certains matériaux sableux ou limoneux, blanchis). L'hydromorphie se marque peu dans les matériaux très calcaires, car le fer est d'autant plus mobile que le pH est bas.

Pour la description des sols dans ces contextes, les signes d'hydromorphie doivent être replacés dans le contexte général du solum étudié et de son environnement.

Par ailleurs, certains sols tropicaux naturellement de couleur rouge du fait de la présence en quantité d'oxyde de fer ne montreront pas de traits d'hydromorphie rédoxiques visibles, différenciables de la matrice.

⁵⁷ Les horizons rédoxiques peuvent également être fossiles et issus d'un fonctionnement hydrique ancien.

Dans d'autres contextes tels que sur roches volcaniques récentes, l'altération de la roche mère naturellement de couleur rouge produit au mieux des Lithosols (Leptosols dans la WRB) dont les éléments grossiers conservent la couleur rendant impossible l'identification de traits rédoxiques. Ces contextes peu propices au développement d'une hydromorphie ne sont parfois pas qualifiables de « sols » selon l'état d'altération de la roche.

III.3.3. Horizons réductiques et traits liés à la réduction du fer

Les horizons réductiques se forment lorsque les volumes de sol qui subissent des stagnations d'eau permanentes, ou quasiment permanentes, manquent d'oxygène. Ils constituent alors un milieu anoxique et réducteur. Il n'y a pas de cycles d'oxydo-réduction. Selon le référentiel pédologique de 2008, la morphologie des horizons réductiques est à attribuer à la prédominance des processus de réduction et de mobilisation du fer suite à des engorgements permanents ou quasi permanents. Dans les horizons réductiques, la répartition du fer est plutôt homogène. Autrefois, les horizons réductiques étaient nommés « gleys » et codés G. Le codage des horizons réductiques est désormais Gr. Parfois, dans la partie supérieure de l'horizon réductique, suite à un abaissement temporaire de la nappe, quelques petits volumes sont réoxydés à proximité de la macroporosité (codage Go).

Dans des horizons de sub-surface ou profond (i.e. pas ou peu influencés par l'oxygène présent dans l'air) et peu riches en matières organiques, le fer à l'état ferreux Fe^{2+} induit une coloration uniforme verdâtre-bleuâtre. La Figure ci-après montre un Réductisol argileux de fond de talweg avec une superposition d'horizons rédoxiques Ag/Jg gris et rouille, sur un horizon réductique Go gris bleuté à taches rouille, témoignant du caractère permanent, stagnant et oscillant de la nappe (Baize et Ducommun, 2014). La coloration bleuâtre/verdâtre s'atténue à l'air (par réoxydation) en quelques heures (échantillon sorti de son contexte). Cette coloration est donc significative d'un fonctionnement actuel et s'estompe quand la cause (l'hydromorphie) disparaît. Ainsi, dans les secteurs drainés où les niveaux d'eau ont été rabaissés par surcreusement des cours d'eau et fossés, les horizons réductiques ne peuvent plus être observés.



Figure 109 : Réductisol argileux de fond de talweg (Baize et Ducommun, 2014).

La morphologie des horizons réductiques varie sensiblement au cours de l'année en fonction de la persistance ou du caractère saisonnier de la saturation (battement de nappe profonde) qui les génèrent. D'où la distinction entre horizons réductiques entièrement réduits et ceux temporairement réoxydés. Les horizons réductiques *stricto sensu* (notés Gr) sont caractérisés par leur couleur qui peut être soit uniformément bleuâtre à verdâtre selon la nature des phases minérales ferrifères produisant ces couleurs (sur plus de 95 % de la surface), soit uniformément blanche à noire ou grisâtre, avec une chroma ≤ 2 (Figure ci-après). Dans les horizons réductiques temporairement réoxydés (notés Go), la saturation par l'eau est interrompue périodiquement. Des taches de teintes rouille (jaune-rouge, brun-rouge), souvent pâles, sont observables pendant les périodes de non-saturation, au contact des vides, des racines, sur les faces de certains agrégats. Il y a une redistribution centrifuge du fer, migrant lors du dessèchement de l'horizon de l'intérieur des agrégats vers leur périphérie. Cette ségrégation de couleurs est fugace : elle disparaît quand l'horizon est de nouveau saturé d'eau (Baize et al., 2009).



Figure 110 : Photographies macroscopiques de traits d'hydromorphie réductives observés en Guyane (a) à Caïman (Roura), en Martinique (b) à Desroses (Le François), à La Réunion (c) à la Rivière du Mât (Bras-Panon) et (d) à la Zone des sables (l'étang salé), en Guadeloupe (e) à Bebel (Sainte-Rose), à Mayotte (f) à Dzoumonié (Dzoumonié).

Lorsque la porosité et les conditions hydrologiques permettent le renouvellement de l'eau en excès, ces horizons s'appauvrissent progressivement en fer. Parfois, il peut y avoir déferrification complète et blanchiment de l'horizon (horizon G albique). Dans certains de ces horizons, il n'y a pas (ou plus) de fer. C'est le cas de matériaux sableux uniquement quartzeux ou de sols constitués quasi exclusivement de calcaire. Cela advient également quand tout le fer a fini par être totalement évacué d'un horizon. On n'observe alors pas de coloration bleuâtre-verdâtre. Un tel cas a été appelé « gley blanc » (codé Ga) (Baize et Ducommun, 2014) (Figures ci-après).



(a)



(b)

Figure 111 : Profil pédologique réalisé en Guyane (a, la surface du profil est à gauche), dans une zone humide d'arrière-mangrove (Saut Sabbat). Le lieu de la photo en macro est indiqué par un cercle blanc (b) avec une déferrification complète et blanchiment de l'horizon.



(a)



(b)

Figure 112 : Reconstitution d'un profil pédologique réalisé à La Réunion (a, la surface du profil est à gauche), dans une zone humide sur le rivage marin (Ravine Ermitage). Le lieu de la photo en macro est indiqué par un cercle blanc (b) avec des matériaux sableux quartzeux engorgés.

Baize et Jabiol (2011) font remarquer que :

- il ne faut pas confondre les teintes liées à la présence de fer ferreux avec des couleurs lithochromes dues à la présence de glauconie (vert épinard) ou de certaines marnes ou argiles ;
- de petits volumes localisés gris verdâtre où le fer est réduit (dites autrefois « taches de gley ») peuvent apparaître dans des horizons non engorgés, notamment au sein ou à la base de l'horizon labouré au contact de matières organiques mal décomposées ;
- en milieu pauvre en argile et en fer, les volumes où le fer est réduit apparaissent sous des teintes claires, sous la forme de taches ou de marbrures au sein d'un horizon « bariolé » ou « panaché ».

Il doit être noté, que certains matériaux parentaux sont naturellement gris, bien qu'ils n'aient pratiquement pas de minéraux de fer recouvrant les surfaces des particules et ne contiennent pas de minéraux ferrifères. Leur apparence peut laisser penser à une déplétion du fer alors que ce n'est pas le cas. Les horizons E, éluviaux, peuvent aussi poser problème durant l'identification des traits d'hydromorphie (Vepraskas et Craft, 2016).

III.3.4. Horizons histiques

D'après le référentiel pédologique de 2008, les horizons histiques (horizons de tourbe, codés H) sont des horizons de couleur sombre, voire noire, très légers, formés en milieu saturé par l'eau durant des périodes prolongées (plus de six mois dans l'année) et constitués principalement de débris de végétaux hygrophiles ou subaquatiques non décomposés (Baize et al., 2009 ; Baize et Ducommun, 2014). Ce sont des horizons caractéristiques des Histosols.

Ces horizons H peuvent reposer sur, ou être interstratifiés dans, des horizons ou matériaux minéraux (matériaux terriques, limniques, horizons G), mais le plus souvent, ils reposent directement sur un substrat qui peut être très profond. Ils sont parfois observés flottant sur l'eau, par exemple lors de recolonisation végétale d'anciennes fosses de tourbage.

Plusieurs horizons H peuvent se superposer et se distinguer par leur fonctionnement. Ils se différencient principalement et sont définis par leur taux de fibres frottées et le degré de décomposition du matériel végétal. Les « fibres frottées » sont des débris organiques à structures végétales reconnaissables, retenus par un tamis de 200 µm après tamisage sous un courant d'eau. Le degré de décomposition du matériel s'apprécie sur le terrain par la couleur du liquide qui s'écoule quand on presse un échantillon (échelle de von Post). Ainsi, on distingue :

- les horizons H sapriques (Hs) : ils contiennent moins de 10 g de fibres frottées pour 100 g. La décomposition du matériel végétal est forte à totale. Les structures végétales ne sont plus discernables. La proportion de matières organiques amorphes est très élevée. Degré de 8 à 10 dans l'échelle de von Post. Le matériel noir, gras, tachant les doigts, à structure continue, passe presque en totalité entre les doigts avec l'eau qu'il contient. Le liquide qui s'écoule est noir. La masse volumique, variable suivant la compacité, est souvent proche de 0,2 g/cm³ ;
- les horizons H mésiques (Hm) : ils contiennent de 10 à 40 g de fibres frottées pour 100 g. La décomposition du matériel végétal est moyenne à forte. Les structures végétales variées (bois, herbacées et mousses) sont difficilement identifiables ou même indistinctes, la proportion de matières organiques amorphes est moyenne à élevée (degré de 5 à 8 dans l'échelle de von Post). Quand on presse un échantillon, le liquide qui s'écoule est trouble et brun. Le résidu est légèrement pâteux. La masse volumique est comprise entre 0,1 et 0,2 g/cm³ ;
- les horizons H fibriques (Hf) : ils contiennent au moins 40 g de fibres frottées pour 100 g. La décomposition des débris végétaux est nulle à très faible. Les structures végétales sont facilement identifiables : sphaignes, roseaux, laîches, joncs, mousses, bois, etc. Il est à noter une absence de matières organiques amorphes (degré de 1 à 5 dans l'échelle de von Post). Quand on presse un échantillon, le liquide qui s'écoule est clair (ou ambré) et limpide. Le résidu n'est pas pâteux. La masse volumique est < 0,1 g/cm³ ;
- les horizons H assainis (Ha) et horizons H labourés (LH) : ce sont des horizons formés de matières organiques très décomposées, de couleur foncée. Un abaissement du niveau de la nappe, avec mise en culture (horizon LH) ou sans (horizon Ha), entraîne l'apparition d'une structure grumeleuse, mais qui peut être fragile. Souvent, sur ces horizons, il n'est pas possible de déterminer le taux de fibres frottées. Ils se caractérisent par un indice pyrophosphate > 50, une faible porosité et une faible capacité de rétention en eau.

Dans les Histosols, il y a parfois des matériaux non holorganiques⁵⁸ déposés en surface (sur une épaisseur < 50 cm) ou intercalés au sein des horizons histiques : (i) le matériau terrique (Mt) est un matériau minéral ou organominéral, consolidé ou non, continu, recouvrant des horizons H ou recouvert par eux ; (ii) le matériau limnique (Mli) est un matériau coprogène ou une « tourbe sédimentaire » (débris de plantes aquatiques très modifiées par les animaux aquatiques), une terre à diatomées, une marne dérivant de débris végétaux et d'organismes aquatiques (charophycées, coquilles d'animaux). Cette définition inclut la notion de « gyttja » (Baize et al., 2009).

III.4. Les processus écologiques dans les sols hydromorphes

Pour une documentation fournie sur les processus d'engorgement dans les sols, le fonctionnement hydrologique des zones humides et les effets sur les processus écologiques, le lecteur se tournera utilement vers Tiner (2016). La présente section en reprend des éléments fondamentaux pour connaître les effets d'un engorgement prolongé sur les processus écologiques, et en particulier ceux relatifs à la flore.

Dans la synthèse de Tiner (2016), il apparaît que le fonctionnement hydrologique des zones humides est largement tributaire de quatre principaux facteurs : la durée d'humidité du sol, la fréquence à laquelle le sol est humide, la profondeur de saturation du sol et le moment auquel survient l'humectation du sol. Des éléments relatifs au fonctionnement hydrologique des sols permettent d'évaluer les contextes propices à la présence des zones humides. Ainsi, le *National Research Council* (1995) a réalisé une synthèse bibliographique selon laquelle l'inondation ou l'engorgement d'un sol pendant 14 jours consécutifs est propice à des conditions dans lesquelles sont présentes des zones humides. Dans des environnements semi-arides, Coventry et Williams (1984) ont identifié que des conditions d'hydromorphie pouvaient apparaître dans des sols saturés moins de 5 semaines, une fois tous les 3 ans.

La saturation du sol dans la zone de prospection racinaire apparaît comme un élément fondamental du fonctionnement hydrologique des zones humides, qui contraint le développement des espèces végétales. De nombreuses espèces végétales ne tolèrent pas les inondations, alors que d'autres les supportent très bien et ont même développé des adaptations morphologiques pour se développer dans ces conditions. Une humidité excessive durant la période de croissance de la plupart des plantes, est un facteur limitant à leur développement, puisque le développement de certaines espèces peut être inhibé par un engorgement prolongé ou des inondations (Tiner, 2016). L'essentiel des racines des plantes de zones humides est généralement limité à la partie supérieure du sol, en partie exposée à l'air ; si bien que l'essentiel du système racinaire de ces plantes est dans les 30 premiers centimètres depuis la surface du sol (Day et Dabel, 1978, Powell et Day, 1991 ; NRC, 1995) ; voire moins profonds selon les espèces. Sipple (1992) avance ainsi que l'essentiel du système racinaire des plantes herbacées est dans les 15 premiers centimètres depuis la surface du sol, alors que concernant les espèces d'arbres ce serait entre les 15 premiers centimètres et 46 cm depuis la surface du sol.

Le NRC (1995) en conclut dans son rapport relatif à la caractérisation des zones humides que « *l'hydrologie des zones humides devrait être considérée comme une saturation dans les 30 cm de la surface du sol pendant 2 semaines ou plus au cours de la saison de croissance dans la plupart des années (environ une année sur deux en moyenne)* ». Les 30 premiers cm de sol au contact de la surface contiendraient la plupart des racines des plantes affectées par des conditions anaérobies résultant de

⁵⁸ Par opposition à la couche holorganique qui est la surface du sol composée de matière organique à divers stades de décomposition.

conditions de saturation prolongée. Toutefois, le NRC reconnaît également dans son rapport des variations régionales résultant de variations liées au climat, à la végétation, au sol et à la géologie, sans pour autant disposer de donnée pour un examen plus poussé sur ces variations. Jusqu'à ce que des informations contraires soient produites, ce seuil devrait être considéré comme le temps minimum nécessaire pour créer des conditions favorisant la croissance de la végétation d'hydrophytes et suffisant pour définir hydrologiquement les zones humides. Il convient toutefois de considérer la référence suscitée avec prudence, puisque la définition de zones humides aux États-Unis d'Amérique n'est pas exactement la même que celle utilisée en France, puisqu'elle inclut également les milieux aquatiques de pleine eau par ex. ce qui n'est pas le cas en France avec la définition réglementaire.

IV. Inventaire et conditions pédologiques de reconnaissance des sols des zones humides dans les territoires ultramarins français

Le Tableau ci-après présente un récapitulatif des sols des zones humides identifiés dans les territoires ultramarins français ainsi que leurs conditions pédologiques et classes d'hydromorphie. Il donne un aperçu résumé des grands ensembles pédologiques propices à la présence de zones humides par DROM, d'après la synthèse bibliographique qui précède ; avant de penser l'élaboration de listes de référence qui permettent d'identifier les zones humides d'après le sol.

Tableau 14 : Inventaire des sols des zones humides identifiés dans les territoires ultramarins français ainsi que leurs conditions pédologiques et classes d'hydromorphie.

TERRITOIRE ULTRAMARIN	SOLS DES ZONES HUMIDES RECENSÉES					Classe d'hydromorphie du GEPPA (1981)	Conditions pédologiques nécessaires	Conditions complémentaires non pédologiques
	Classe	Sous-classe	Sous-groupe	Dénomination WRB (2015)	Dénomination RP 2008 (Baize et al., 2009)			
GUYANE	Sols minéraux bruts (Leprun et al., 2001)	Sols minéraux bruts d'apport	Un seul groupe alluvial et sous-groupe modal	Tidalic Fluvisols	Thalassosols-Réductisols	VI (c et d)	<p>Souvent salés avec des profils non différenciés en horizons.</p> <p>Réduction des sulfates en sulfures au contact de matières organiques enterrées.</p> <p>Dominance des horizons réductiques à taches brunes à brun-noirs diffuses. Apparition de quelques traits rédoxiques en phase temporaire de marées basses</p>	Situés à l'extrémité de la plaine côtière, le long des estuaires, et soumis à l'influence des marées et inondés le plus souvent.
	Sols peu évolués (Leprun et al., 2001)	Sols peu évolués d'apport	Sols peu évolués d'apport modaux	Fluvic Cambisols	Fluvisols typiques	V (a, b, c, d)	<p>Sols peu différenciés en horizons, pouvant présenter des concrétions ferrugineuses, plus ou moins durcies, et argileuses formées à partir des alluvions marines.</p> <p>Présence de sulfures, et couche de tourbe pégasse avec une épaisseur variable.</p>	Leur évolution est liée à l'influence de la submersion permanente ou temporaire des marées, au dessalement partiel ou total, et à l'oxydation progressive du matériau.
			Sols peu évolués d'apport hydromorphes	Gleyic Cambisols	Fluvisols rédoxiques ou réductisols fluviques			
Sols peu évolués d'apport salés	Salic Cambisols							

TERRITOIRE ULTRAMARIN	SOLS DES ZONES HUMIDES RECENSÉES					Classe d'hydro morphie du GEPPA (1981)	Conditions pédologiques nécessaires	Conditions complémentaires non pédologiques
	Classe	Sous-classe	Sous-groupe	Dénomination WRB (2015)	Dénomination RP 2008 (Baize et al., 2009)			
	Sols podzolisés et Podzols (Leprun et al., 2001)	Sols podzolisés de climat tropical	Podzols à hydromorphie profonde (alios)	Gleyic Podzols	Podzosols réductiques ou rédoxiques	IV (c, d) et V (b, d)	Les Podzols à hydromorphie profonde à alios ferrugineux	Situés dans les zones assez bien drainées, aérées (bord de plateaux, changements de pente) et influencées par la présence d'une nappe peu profonde, localement et momentanément affleurante.
			Podzols humiques	Histic Podzols	Podzosols humiques		Horizon humifère épais (mor), un horizon A2 blanchi et un horizon profond d'accumulation de matière organique (E/Bp).	
	Sols hydromorphes (Leprun et al., 2001)	Sols hydromorphes organiques		Histosols	Histosols leptiques	H	Sols contenant une matière organique de type tourbe, avec : - plus de 30 % sur au moins 40 cm si la matière minérale est argileuse, - plus de 20 % si la matière minérale est sableuse.	
	Sols hydromorphes moyennement organiques	Deux sous-groupes : sols humiques à gley à anmoor acide, et sols humiques à gley salés	Gleysols	Réductisols humiques à anmoor ou épihistiques	VI (c et d)	Sols moyennement organiques caractérisés par : · une matière organique de type anmoor (C/N < 20) teneur en matière organique variant de 8 à 30% sur 20 cm, · une hydromorphie totale, mais temporaire en surface.		

TERRITOIRE ULTRAMARIN	SOLS DES ZONES HUMIDES RECENSÉES					Classe d'hydro morphie du GEPPA (1981)	Conditions pédologiques nécessaires	Conditions complémentaires non pédologiques
	Classe	Sous-classe	Sous-groupe	Dénomination WRB (2015)	Dénomination RP 2008 (Baize et al., 2009)			
		Sols hydromorphes peu humifères ou minéraux		Gleysols	Réductisols typiques	V (d) et VI (c et d)	Les sols hydromorphes peu humifères possèdent moins de 8% de matière organique sur une épaisseur de 20 cm. L'hydromorphie s'exprime par des caractères de couleur : Horizon réductique principalement partiellement réoxydé (Gr, Go).	
MARTINIQUE	Sols alluviaux (Colmet-Daage, 1969 ; Venkatapen, 2012)			Fluvisols	Fluvisols)	Développés dans les fonds de vallées et dans la plaine du Lamentin, ils sont donc caractérisés par une position basse dans les paysages et par la présence d'une nappe permanente ou temporaire à fortes oscillations.	
	Sols hydromorphes des zones humides salées ou saumâtres (étangs, mares, marais et mangroves) (Acer Campestre, 2006)			Tidalic Fluvisols	Thalassosols- Réductisols	VI (c et d)	Sols développés dans des formations d'apports marins ou fluvio-marins, et donc situés à des altitudes voisines de celles de la mer. Les solums sont peu différenciés, non décarbonatés et non brunifiés. D'après le référentiel pédologique de 2008, seuls peuvent être présents les horizons de référence suivant : H, A (ou LA), Js, Jp, G, -g, C et Yp.	
				Fluvisols ou Gleysols	Thiosols et Sulfatosols	VI (c et d)	D'après Baize et al. (2009), les Thiosols et Sulfatosols partagent les mêmes paysages de plaines basses littorales, liés aux alluvions	Observés dans les zones continuellement saturées en eau

TERRITOIRE ULTRAMARIN	SOLS DES ZONES HUMIDES RECENSÉES					Classe d'hydro morphie du GEPPA (1981)	Conditions pédologiques nécessaires	Conditions complémentaires non pédologiques
	Classe	Sous-classe	Sous-groupe	Dénomination WRB (2015)	Dénomination RP 2008 (Baize et al., 2009)			
							<p>marines ou fluvio-marines que les Thalassosols.</p> <p>Les Thiosols sont définis par la présence d'un matériau thionique (code TH) débutant à moins de 50 cm de profondeur. Les caractéristiques du solum sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - présence de soufre élémentaire et de sulfates de fer, avec une teneur en soufre total > 0,75 % ; - pH s'abaissant à des valeurs < 3,5 après séchage ; - consistance fluide à très plastique : $n > 1,4$; - sans structure, parce que les solums sont toujours inondés ; - souvent intercalations d'horizons H (fibriques, mésiques ou sapriques). 	généralement salée ou saumâtre.
GUADELOUPE	Fluvisols (Sierra and Desfontaines, 2018)			Fluvisols	Fluvisols		Développés sur des alluvions fluviales le long des cours d'eau, ils occupent des positions basses dans les paysages, et sont marqués par la présence d'une nappe phréatique alluviale permanente ou	

TERRITOIRE ULTRAMARIN	SOLS DES ZONES HUMIDES RECENSÉES					Classe d'hydro morphie du GEPPA (1981)	Conditions pédologiques nécessaires	Conditions complémentaires non pédologiques
	Classe	Sous-classe	Sous-groupe	Dénomination WRB (2015)	Dénomination RP 2008 (Baize et al., 2009)			
							temporaire, et un risque d'inondation en période de crue.	
	Sols hydromorphes de mangroves (Sierra and Desfontaines, 2018)			Tidalic Fluvisols	Thalassosols- Réductisols	VI (c et d)	Développés sur des alluvions marines et lacustres dans les régions côtières ; et présentant des horizons réductiques.	
				Gleysols	Sulfatosols	VI (c et d)	Sols des estuaires et deltas vaseux, caractérisés par la présence de soufre (pyrite, jarosite) dans les solums, et susceptibles de devenir hyperacides lorsque drainés.	
				Histosols	Histosols	H	Présence d'horizons histiques.	
LA RÉUNION (RAUNET, 1991)	Les Andosols perhydratés hydromorphes			Gleyic Andosols		V (c) et VI (c et d)	Sols semi-tourbeux observés dans la Plaine des Palmistes, et présentant des zones imperméables renforcées par la formation d'un niveau ferrugineux aliotique entre les cendres et les coulées, créant une nappe perchée qui engorge les sols en permanence. Aux endroits où la nappe est sub-affleurante, les débris végétaux se décomposent mal et s'accumulent en « hydromor » spongieux et fibreux. Le degré d'hydromorphie de ces sols est variable suivant la profondeur du plan d'eau (entre 0 et 50 cm).	Ces sols portent une végétation particulière : un fourré très hygrophile à <i>Pandanus montanus</i> (moins de 3 m de haut), dont les racines échasses plongent dans le matériau engorgé, parfois inondé. Ces sols montrent une thixotropie très marquée et une faible portance, avec des teneurs en eau

TERRITOIRE ULTRAMARIN	SOLS DES ZONES HUMIDES RECENSÉES					Classe d'hydro morphie du GEPPA (1981)	Conditions pédologiques nécessaires	Conditions complémentaires non pédologiques
	Classe	Sous-classe	Sous-groupe	Dénomination WRB (2015)	Dénomination RP 2008 (Baize et al., 2009)			
								pondérale supérieures à 300 %.
	Les sols d'alluvions à galets	Les sols d'alluvions récentes		Tidalic Fluvisols	Fluvisols juvéniles		Les alluvions des zones hydromorphes marécageuses littorales, issues des grands cônes de déjection des rivières, et des étangs (Saint-Paul, Sainte-Suzanne et Gol).	Présence d'une nappe phréatique proche ou subaffleurante, douce ou saumâtre en surface, plus salée en profondeur.
		Les sols d'alluvions actuelles		Leptic Fluvisols	Fluvisols bruts		Sables et galets des lits majeurs des cours d'eau.	
	Les sols d'alluvions fines	Les sols d'alluvions des plaines d'ennoyage littorales		Tidalic Gleysols			Sols observés dans les plaines d'ennoyage littorales, situées entre les cônes de déjection à galets et les cordons sableux littoraux. Ces alluvions à dominance limoneuse ou argileuse, sont mises en place par les eaux en conditions peu turbulentes. La nappe phréatique et la pluviométrie jouent des rôles prépondérants dans l'hydromorphie et la salinité de ces sols.	La nappe phréatique reste le plus souvent à moins de 2 mètres de la surface. Douce en surface, elle peut être saumâtre en profondeur (spécialement autour de l'étang de Saint-Paul et à l'Hermitage).
		Les sols d'alluvions des plaines d'altitude à		Plinthic Gleysols			Sols observés dans les hautes plaines d'altitude, à faible déclivité, où les coulées de basalte se sont épanchées sans direction	

TERRITOIRE ULTRAMARIN	SOLS DES ZONES HUMIDES RECENSÉES					Classe d'hydro morphie du GEPPA (1981)	Conditions pédologiques nécessaires	Conditions complémentaires non pédologiques
	Classe	Sous-classe	Sous-groupe	Dénomination WRB (2015)	Dénomination RP 2008 (Baize et al., 2009)			
		piégeage cendrex					dominante, isolant ainsi des gouttières ou larges cuvettes (mares et marais d'altitude).	
	Les sols de colluvions Terro-caillouteux des îlets			Gleyic Colluvic Cambisols	Colluviosols	V (a, b, c, d)	Sols généralement observés dans les îlets ou « surfaces-reliques » des compartiments affaissés présentent une morphologie typique en gouttières plus ou moins marquées, ou cuvettes arrondies. Ces zones peuvent être hydromorphes lorsque l'exutoire est insuffisant. Les cuvettes marécageuses ou lacustres ayant entre 30 et 300 mètres de diamètre sont souvent remplies de matériaux fins de décantation et sont souvent inondables.	
MAYOTTE (LATRILLE, 1981 ; GUIOT & LACOSTE, 2011)	Sols hydromorphes de mangroves			Tidalic Fluvisols	Thalassosols- Réductisols	VI (c et d)	Sols formés d'alluvions fluvio-marines à accumulation d'argiles et limons, périodiquement inondés par les eaux des hautes marées. Notons que le préfixe qualificatif « tidalic » signifie : « étant inondé par les eaux des plus hautes marées, mais non recouvert par l'eau à marée basse moyenne ». Présence d'horizons G débutant à moins de 50 cm et se prolongeant en profondeur (Baize et al., 2009).	

TERRITOIRE ULTRAMARIN	SOLS DES ZONES HUMIDES RECENSÉES					Classe d'hydro morphie du GEPPA (1981)	Conditions pédologiques nécessaires	Conditions complémentaires non pédologiques
	Classe	Sous-classe	Sous-groupe	Dénomination WRB (2015)	Dénomination RP 2008 (Baize et al., 2009)			
	Sols hydromorphes à gley de surface des plaines littorales de transition avec les mangroves			Tidalic Fluvisols	Thalassosols-Redoxisols		Sols observés dans les plaines littorales de transition avec les mangroves, et formés d'alluvions fines des plaines littorales. Présence d'horizons –g ou g débutant à moins de 50 cm et traits rédoxiques se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur (Baize et al., 2009).	
	Sols hydromorphes brunifiants à gley de surface des plaines littorales			Tidalic Fluvisols	Thalassosols-Redoxisols		Sols observés dans les plaines littorales et formés d'alluvions très fines des plaines littorales.	
	Sols hydromorphes brunifiants à gley de surface des plaines intérieures			Planosols	Planosols		Sols observés dans les plaines intérieures et formés d'alluvions fines des plaines intérieures. Dans ces sols, un contraste existe : - les horizons supérieurs perméables qui sont saisonnièrement le siège d'excès d'eau, et présentant donc des caractères rédoxiques (-g) ; - forte différenciation texturale entre horizons supérieurs peu argileux, assez perméables, et horizons plus profonds, beaucoup plus argileux et très peu perméables (= plancher) :	

TERRITOIRE ULTRAMARIN	SOLS DES ZONES HUMIDES RECENSÉES					Classe d'hydro morphie du GEPPA (1981)	Conditions pédologiques nécessaires	Conditions complémentaires non pédologiques
	Classe	Sous-classe	Sous-groupe	Dénomination WRB (2015)	Dénomination RP 2008 (Baize et al., 2009)			
							<ul style="list-style-type: none"> - la différence entre taux d'argile au sein du solum doit être d'au moins 20 % ; - l'horizon E le moins argileux ne doit pas excéder 30% d'argile ; - l'horizon le plus argileux du solum doit avoir au moins 25 % d'argile. <p>Saisonnement, les horizons E sont (au moins en partie) le siège d'engorgements par des nappes perchées temporaires à écoulement essentiellement latéral. Il en résulte des phénomènes d'oxydoréduction qui se marquent morphologiquement par des décolorations et/ou des précipités d'oxyhydroxydes de fer (Baize et al., 2009).</p>	
	Sols vertiques hydromorphes			Vertic Cambisols	Pélosols- Redoxisols	IV (d) et	Sols observés dans les glacis d'épandage, et formés d'alluvions fines des débouchés de torrents.	
	Sols hydromorphes des fonds de vallées			Colluvic Cambisols	Colluviosols- Redoxisols	V (a, b, c, d)	Sols observés dans les fonds de vallées indifférenciés, et formés de colluvio-alluvions.	

V. Définitions des termes et notions utilisés

Les cartes et informations pédologiques des DROM ont été produites, pour la plupart, en s'appuyant sur la classification CPCS (1967). En France, c'est le Référentiel pédologique (RP 2008) qui l'a remplacé et est désormais utilisé. Cependant, ces deux systèmes de classifications sont assez différents d'où la nécessité d'explicitier leurs notions. Ailleurs dans le monde, deux principales classifications internationales sont également utilisées :

- la WRB (2015) qui ambitionne d'être exhaustive et d'une portée mondiale notamment parce qu'issue de la FAO ;
- la classification américaine des sols (*USDA Soil Taxonomy*), développée par le département de l'agriculture des États-Unis et la *National Cooperative Soil Survey* dont l'utilisation est possible hors des États-Unis pour laquelle elle a été élaborée. Peu utilisée dans le monde francophone, nous n'y faisons que peu souvent référence, excepté dans cette partie.

Toutes ces classifications utilisent des descriptions, des définitions et des approches différentes ; les transpositions ne pas toujours aisées et sont parfois impossibles. Dans cette partie, nous souhaitons aider le lecteur à comprendre l'origine des grands groupes de sols, les différentes terminologies utilisées, les possibilités de transposition entre certaines classifications et inversement les incertitudes et problèmes empêchant ces transpositions. Succinctement, nous sommes donc amenés à présenter, voire définir ces grands groupes de sols.

Il est possible de rapprocher les grands sols de référence cités dans la section 1 des différentes classifications selon les processus qui les affectent et leur confèrent leurs caractéristiques fondamentales. Dans le tableau ci-après, nous rapprochons de manière très synthétique la WRB (2015), le Référentiel pédologique (RP 2008) et la CPCS (1967). Cependant, certaines correspondances sont imparfaites, certains recouvrements ne sont pas considérés. Chaque type de sols est explicité dans les sections suivantes selon sa classification et en suivant le regroupement selon les processus qui les affectent.

Tableau 15 : Correspondances entre les grands types de sols selon les processus qui les affectent.

	WRB 2015	RP 2008	CPCS 1967
Sols dominés par la chimie du fer et de l'aluminium			
affectés par une nappe phréatique, par les marées ou submergés :	Gleysols	Réductisols et	sols
eau stagnante, différence structurale et/ou différence texturale modérée :	Stagnosols	Rédoxisols	hydromorphes
allophanes ou complexes Al-humus :	Andosols	Andosols	Andosols
accumulation en profondeur d'humus et/ou d'oxydes :	Podzols	Podzosols	sols podzolisés
argiles à faible activité, fixation du P, nombreux oxydes de fer, structure forte :	Nitisols	Nitosols	sols ferrallitiques
accumulation et redistribution du fer :	Plinthosols	Ferrallisols et Oxydisols	
dominance de kaolinite et d'oxydes :	Ferralsols		
Sols avec couches organiques épaisses			
	Histosols	Histosols	sols hydromorphes organique
Sols avec limitations au développement racinaire			
minces ou avec nombreux éléments grossiers :	Leptosols	Régosols	sols minéraux bruts
conditions humidité-sécheresse alternantes, gonflement-retrait des argiles :	Vertisols	Vertisols	Vertisols
Sols à sous-sol enrichi en argile			
argiles à faible activité, faible teneur en bases :	Acrisols	Ferruginosols	sols à sesquioxydes de fer
argiles à faible activité, teneur élevée en bases:	Lixisols		
argiles à forte activité, faible teneur en bases :	Alisols	Ferralsols	
Sols à différenciation de profil faible ou nulle			
modérément développés :	Cambisols	Brunisols	sols brunifiés
sableux :	Arenosols	Arénosols	
à sédiments stratifiés fluviatiles, marins ou lacustres ou à colluvions :	Fluvisols	Fluvisols Colluviosols	sols peu évolués
sans développement de profil significatif :	Regosols		sols minéraux bruts

Les sous-sections suivantes sont développées selon l'approche des sols listés dans le Tableau ci-avant. À noter aussi que Baize et Girard (2008) proposent une « clef non dichotomique » pour orienter un observateur dans le rattachement d'une observation à un sol (Tableau ci-après). D'autres approches ou clefs sont également disponibles dans la bibliographie.

Tableau 16 : Clef non dichotomique pour rattacher les sols, modifiée de Baize et Girard (2008). Les sols qui n'ont pas été détectés dans la section 1 du présent Fascicule (Aperçus pédologiques par DROM) figurent avec un polygone vert (par ex. les Cryosols).

Principaux caractères distinctifs	
1 Solums très minces (< 10 cm), sur roches dures ou meubles, non ou très peu altérées	LITHOSOLS ou RÉGOSOLS
2 Solums très fortement transformés par les activités humaines (apports répétés de matériaux allochtones, aménagement en terrasses) ou accumulation de matériaux artificiels sur au moins les 50 premiers centimètres ou matériaux terreux déplacés	Anthrosols
3 Solums dont la morphologie, le fonctionnement et la pédogenèse sont dominés par des alternances gel/dégel (hautes altitudes et latitudes)	Cryosols
4 Solums dont la morphologie et le fonctionnement sont dominés par des engorgements par l'eau : horizons H, rédoxiques ou réductiques, apparaissant à moins de 50 cm de profondeur	
Solums marqués seulement par des caractères rédoxiques	RÉDOXISOLS ou planosols ou luvisols-RÉDOXISOLS*
Horizons réductiques apparaissant à moins de 50 cm (et constituant presque toujours toute la partie inférieure du solum)	Réductisols
Solums constitués essentiellement d'horizons holorganiques H formés en conditions de saturation par l'eau	Histosols
5 Solums issus de matériaux de mise en place récente (alluvions, colluvions) et dont la position particulière dans le paysage influe fortement sur les fonctionnements	
Solums peu différenciés, situés en positions basses (vallées ou plaines littorales), développés dans des alluvions fluviales marines ou lacustres récentes (Quaternaire) et soumis à l'influence d'une nappe alluviale	Fluviosols ou thalassosols
Solums des estuaires et deltas vaseux des régions tropicales (mangrove), caractérisés par la présence de soufre (pyrite, jarosite), susceptibles de devenir hyper-acides quand drainés	THIOSOLS et SULEATOSOLS
Solums de bas de versants ou de vallons secs, formés de matériaux colluviaux accumulés	COLLUVIOSOLS

* ne pas oublier la possibilité d'établir un rattachement double ou multiple

Principaux caractères distinctifs

6 Solums montrant une constitution très particulière (granulométrie très déséquilibrée et/ou dominance d'un constituant)

Solums où les éléments grossiers dominant (> 60 % de la terre brute totale en pondéral) dans au moins les 50 premiers centimètres

PEYROSOLS

Solums uniformément sableux ne présentant ni horizons BT ni horizons BP ni caractères rédoxiques ou réductiques dans les 100 premiers centimètres

ARÉNOSOLS

Solums uniformément argileux lourds à argiles gonflantes, avec présence d'horizons V à moins de 100 cm de profondeur

Vertisols

Solums argileux lourds à argiles gonflantes, limités à moins de 50 cm de profondeur par une roche dure et massive, sans horizon V

LEPTISMECTISOLS

Solums argileux lourds, sans horizon V, non calcaires, issus d'argilites ou de marnes compactes et peu perméables

Pélosols

Solums argileux, bien structurés, à faces d'agrégats brillantes, dominance des argiles de type halloysite

NITOSOLS

Solums humifères issus de matériaux volcaniques pyroclastiques ou durs (basaltes)

Andosols

Solums dominés sur toute leur épaisseur par du gypse primaire et/ou secondaire

Gypsosols

Solums formés sous l'influence dominante de sels solubles et/ou du sodium

Salisols et sodisols

7 Solums à horizons supérieurs très riches en matières organiques, formés en milieux aérés

Solums constitués uniquement d'horizons hologaniques O et/ou d'horizons hémiorganiques Aho, en milieu aéré

Organosols
ou RANKOSOLS

Solums comportant un horizon Ah biomacrostructuré d'au moins 50 cm d'épaisseur (action de vers de terre géants), en contexte acide, sous climat chaud et humide (Béarn)

Veracrisols

Épisolums noirs ou presque noirs, à caractères clinohumique. Structure très fine bien développée, d'origine biologique. Zones bioclimatiques de steppes, prairies et pampas

Chernosols
ou phæosols

Principaux caractères distinctifs

8	Solums très acides, développés dans des matériaux pauvres en minéraux altérables. Migration de complexes humus + fer vers la profondeur = podzolisation	Podzosols
9	Solums comportant (au moins en profondeur) des horizons FS = horizons argileux rougeâtres ou rouges, à structure polyédrique anguleuse, fine, très nette et très stable, à faces luisantes	Fersialsols
10	Solums des zones intertropicales, marqués par une altération totale ou quasi totale des minéraux primaires. Dominance de la kaolinite et de la gibbsite. Abondance des oxyhydroxydes métalliques	Ferrallitisols et oxydisols ou ferruginosols
11 Solums ni calcaires ni dominés par le calcium, n'ayant pas les caractères des catégories 1 à 10		
	Solums non ou faiblement différenciés au plan textural, ne présentant que des horizons A (ou L) et S	Brunisols ou alocrisols
	Solums montrant une forte différenciation texturale entre des horizons supérieurs beaucoup moins argileux que ceux de moyenne profondeur	Luvisols ou planosols ou PÉLOSOLS DIFFÉRENCIÉS ou FERSIALSOLS ÉLUVIQUES
12	Solums calcaires ou dominés par le calcium, n'ayant pas les caractères des catégories 1 à 10	Solums dont le complexe adsorbant est dominé par le calcium et/ou le magnésium

V.1. Sols dominés par la chimie du fer et de l'aluminium et affectés par une nappe phréatique, par les marées ou submergés ou avec eau stagnante, différence structurale et/ou différence texturale modérée

Généralités. La saturation des horizons par l'eau, c'est-à-dire l'occupation de toute la porosité accessible, peut prendre des formes différentes suivant la géométrie de l'espace poral. Si elle se manifeste le plus souvent sous forme de nappe, perchée ou profonde (eau libre), elle peut aussi prendre la forme d'une imbibition capillaire (eau plus ou moins fortement liée au sol) en l'absence de pores grossiers. La saturation par l'eau est plus ou moins durable au cours de l'année, elle peut affecter une partie ou la totalité du solum. La saturation par l'eau limite les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère. Il peut en résulter un déficit en oxygène plus ou moins prolongé, qui entraîne : (i) une ségrégation du fer liée au développement de processus d'oxydo-réduction qui modifient la mobilité différentielle des constituants du sol ; (ii) une évolution spécifique de la fraction organique lorsque la saturation intéresse la partie supérieure des solums. L'anaérobiose provoque alors un ralentissement et une modification de l'activité biologique. Cela se traduit par une production de substances propres à ces milieux saturés par l'eau et par une augmentation des teneurs en matières organiques.

Les sols qui correspondent à ces caractéristiques sont décrits ci-après avec trois références : la WRB, le RP et la CPCS pour donner les matières disponibles dans la littérature pour comprendre et décrire les processus dominants dans ces sols.

- **GLEYSOLS (WRB 2015)** : les Gleysols sont des sols saturés par une nappe phréatique pendant des périodes suffisamment longues pour permettre l'installation de conditions réductrices générant des propriétés gleyiques ; ils comprennent les sols immergés et tidaux. Ils présentent un motif fait de couleurs rougeâtres, brunâtres ou jaunâtres sur les surfaces des agrégats et/ou dans les couches supérieures du sol, combinées à des couleurs grisâtres/bleuâtres à l'intérieur des agrégats ou plus profondément dans le sol. De nombreux sols submergés ne possèdent que ces dernières.
- **STAGNOSOLS (WRB 2015)** : les Stagnosols sont des sols avec nappe perchée. Ils présentent périodiquement des conditions réductrices donnant des propriétés stagniques. Les Stagnosols ont une couche tachetée (avec les oxydes principalement à l'intérieur des agrégats) avec ou sans matériau albique la surmontant. Les processus redox peuvent être causés par des liquides autres que de l'eau (comme de l'essence). Un nom courant pour les Stagnosols dans les classifications nationales est Pseudogley. Aux États-Unis, de nombreux Stagnosols sont rangés dans les sous-ordres « Aquic » et les grands groupes de divers ordres (Aqualfs, Aquults, Aquents, Aquepts et Aquolls).
- **RÉDUCTISOLS ET RÉDOXISOLS (RP 2008)** : solums dans lesquels les processus d'oxydo-réduction sont jugés prédominants, sinon exclusifs. Il n'inclut pas d'autres types de solums dans lesquels ces processus se surimposent à d'autres caractères, que nous nommons « solums à caractères hydromorphes ». Ce grand ensemble de référence rassemble les solums pour lesquels les traits d'hydromorphie rédoxiques ou réductiques (toujours fonctionnels) débutent à moins de 50 cm de la surface, puis se prolongent ou s'intensifient en profondeur (sur au moins 50 cm d'épaisseur). Ces solums présentent obligatoirement des horizons de référence marqués par la redistribution du fer (horizons G et g ou -g) et parfois un épisolum humifère épais et foncé. Les solums à caractères hydromorphes (au sens large) présentent des

caractères attribuables à un excès d'eau. Ce dernier peut être dû au seul défaut de perméabilité d'horizon(s) qui empêchent l'infiltration des précipitations dans le solum ou résulter de la concentration dans ce dernier de flux d'origine extérieure (inondation, ruissellement, transferts latéraux, remontée d'une nappe souterraine).

- **Dans le référentiel pédologique (RP 2008)**, les réductisols et rédoxisols regroupent les solums qui présentent exclusivement des horizons marqués par une redistribution particulière du fer et parfois un épisolum humifère épais et foncé. En revanche, nombre de solums subissant un excès d'eau ne sont pas traités ici, soit parce qu'ils n'ont pas de caractères attribuables aux processus d'oxydo-réduction (certains vertisols, les histosols), soit parce qu'en outre ils présentent des caractères importants relatifs à d'autres pédogenèses (salisols, sodisols, sulfatosols, luvisols, planosols, etc.). Tous ces solums affectés par l'excès d'eau constituent un grand ensemble cognat. Les solums subissant des excès d'eau sont développés dans des matériaux parentaux ou des substrats très variés, dans des positions topographiques diverses (plateau, glacis, plaine, vallée, terrasse), indépendamment du climat. Ils occupent des superficies très variables, et les conditions stationnelles spécifiques de leur localisation se marquent dans le paysage par la végétation constituée d'espèces hygrophiles en contexte naturel. Dans la WRB, les Gleysols sont peu différents des réductisols. Les Stagnosols sont, quant à eux, peu différents des rédoxisols.
- **CLASSE DES SOLS HYDROMORPHES (CPCS 1967)** : elle correspond à des sols dont les caractères sont dus à une évolution dominée par l'effet d'un excès d'eau en raison d'un engorgement temporaire ou permanent d'une partie ou de la totalité du profil. Cet excès d'eau peut être dû, soit à la présence ou à la remontée de la nappe phréatique, soit au manque d'infiltration des eaux pluviales provoquant une nappe perchée ou un engorgement de surface. L'hydromorphie se traduit selon les conditions d'anaérobiose par une accumulation de matière organique de type tourbeux, anmoor, hydromor, hydromoder, hydromull et/ou par la présence de gley ou pseudo-gley. Elle peut être accompagnée, de manière irrégulière, par une redistribution de calcaire, de gypse et parfois par l'induration de ces éléments. La règle de classification précise que le principe retenu pour la définition de la classe est l'importance du caractère d'hydromorphie qui doit être suffisamment marqué et affecter la majorité du profil pour constituer l'élément essentiel de la pédogenèse. Dans le cas contraire, ce caractère apparaît au niveau de la sous-classe ou du groupe. La sous-classe fait intervenir la teneur en matière organique, cette dernière résultant de l'intensité de l'hydromorphie qui entraîne des conditions plus ou moins intenses d'anaérobiose. Le groupe tient compte de l'intensité du phénomène de décomposition de la matière organique ou de réduction et de redistribution du fer.

V.2. Sols dominés par la chimie du fer et de l'aluminium et avec allophanes ou des complexes Al-humus

- **ANDOSOLS (RP 2008)** : le mot « Andosol » vient du japonais « an » = noir et « do » = sol. Ce nom désignait à l'origine des sols de couleur sombre dérivant de cendres volcaniques, ayant des propriétés particulières attribuées aux « produits amorphes », dits allophaniques, de leurs colloïdes minéraux et organo-minéraux. Par la suite, leurs propriétés caractéristiques ont été mises en relation avec une quantité significative d'aluminium et de fer extraits par l'oxalate acide d'ammonium et attribués soit à de l'allophane, de l'imogolite et de la ferrihydrite, soit à des complexes organométalliques.

Les Andosols sont relativement ubiquistes et couvrent plus de 100 millions d'hectares à travers le monde, surtout dans des régions de volcanisme actif ou récent. Ils existent sous une large gamme de climats dans différents paysages et se développent à partir de matériaux parentaux variés, le plus souvent volcaniques, d'âge très variable. Les Andosols sont caractérisés par les propriétés de la fraction colloïdale de leurs constituants minéraux et organo-minéraux. Trois grandes catégories peuvent être distinguées : les Vitrandosols, les Silandosols et les Aluandosols.

Les Vitrandosols et les Silandosols se développent à partir de matériaux volcaniques pyroclastiques récents. Les Vitrandosols sont des sols très jeunes, constitués de verres volcaniques en début d'altération ainsi que d'un peu d'allophane et de composés humiques, dans lesquels les propriétés spécifiques des andosols (propriétés « andosoliques ») sont encore faiblement exprimées. Les Silandosols se développent en conditions d'altération très rapide de fines particules de verres volcaniques, favorables à la genèse de minéraux paracristallins, dont l'allophane, en quantités suffisantes pour que les propriétés andosoliques soient bien exprimées. Les Aluandosols correspondent à une évolution à partir de matériaux plus compacts ou plus anciens, parfois par évolution de Silandosols. Cela conduit à la formation de complexes organo-minéraux stables saturés en aluminium et à des conditions oligotrophes et acides. Ils sont observés sous climat tempéré humide à plus de 700 m d'altitude sur de vieux matériaux volcaniques compacts (laves ou tufs), et même en régions tempérées sur des matériaux non volcaniques (lœss, argilites, roches métamorphiques basiques), ou en région tropicale de moyenne altitude (plus de 1 000 m) sur des produits d'altération ferrallitique provenant de roches métamorphiques ou volcaniques.

- **ANDOSOLS (WRB 2015)** : les Andosols comprennent des sols qui se développent dans des produits volcaniques riches en verres sous quasiment tous les climats (sauf sous conditions hyper arides). Des Andosols peuvent cependant se développer dans d'autres matériaux riches en silicates en altération acide sous climats humides et perhumides. De nombreux Andosols (WRB 2015) correspondent aux Andosols et Vitrisols (RP 2008).
- **CLASSE DES ANDOSOLS (CPCS 1967)** : les Andosols constituent un ensemble de sols qui doivent l'originalité de leurs propriétés à l'abondance dans leur fraction minérale de produits amorphes, les allophanes associés à des teneurs variables mais souvent élevées de matière organique.

V.3. Sols dominés par la chimie du fer et de l'aluminium et avec accumulation en profondeur d'humus et/ou d'oxydes

- **PODZOLS (WRB 2015)** : les Podzols ont un horizon illuvial avec accumulation de matière organique noire et/ou d'oxydes de Fe. Cet horizon illuvial est normalement surmonté par un horizon éluviaire gris-cendré. Les Podzols sont situés dans les régions humides des régions boréales et tempérées et également dans les tropiques. Le nom Podzol est employé dans la plupart des classifications de sols ; les appellations Spodosols (Chine et États-Unis) sont également employées.
- **PODZOSOLS (RP 2008)** : les podzosols présentent des solums où le processus de podzolisation est jugé dominant. Le concept de podzolisation implique : (i) un processus biogéochimique d'altération, dit acido-complexolyse, défini comme une attaque des minéraux altérables (minéraux primaires, minéraux argileux) par des solutions contenant des composés organiques acides et complexants. Cette altération conduit à la formation de complexes organo-métalliques solubles ; (ii) puis un processus de migration de ces complexes par les eaux gravitaires, plus ou moins marquée, ayant pour effet l'élimination de l'aluminium et du fer ainsi que celle des autres cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , etc.) des horizons supérieurs. Il se forme alors un horizon résiduel, essentiellement quartzé, correspondant à un horizon E ; (iii) et enfin un processus d'immobilisation des constituants organiques et des complexes organo-minéraux d'aluminium et/ou de fer, conduisant à la formation d'un horizon podzolique d'accumulation BP.
- **CLASSE DES SOLS PODZOLISÉS (CPCS 1967)** : cette classe regroupe des sols formés le plus souvent sous l'influence d'un humus de type mor, ou éventuellement moder. Les acides fulviques libérés en grandes quantités sont responsables d'une altération poussée des silicates allant jusqu'à la destruction des argiles et d'une complexation importante du fer et de l'aluminium. Ces deux processus sont caractéristiques de la podzolisation. Morphologiquement, les sols podzolisés sont en général caractérisés par un horizon A2 éluviaire très blanchi et fortement appauvri en argile, en fer et en cations, et par un horizon B illuvial dont les caractères sont définis ci-après. Dans quelques cas, l'horizon A2 manque et B succède directement à A1 ou A0. Parfois, c'est l'horizon B qui peut être absent ; A2 est alors le seul horizon caractéristique.

V.4. Sols dominés par la chimie du fer et de l'aluminium avec des argiles à faible activité, une fixation du phosphore, de nombreux oxydes de fer et une structure forte

- **NITISOLS (WRB 2015)** : les Nitisols sont des sols tropicaux, rouges, profonds et bien drainés avec transitions diffuses et un horizon subsuperficiel ayant une teneur en argile d'au moins 30 % ; ils ont une structure angulaire modérée à forte se divisant en éléments polyédriques ou à bords plats ou nuciformes présentant (humides) des faces brillantes. L'altération est relativement avancée, mais les Nitisols sont bien plus productifs que la plupart des autres sols tropicaux rouges. De nombreux Nitisols correspondent aux sols fersiallitiques ou Ferrisols (CPCS 1967 et RP 2008), et aux grands groupes « Kandic » des Alfisols et Ultisols et à différents grands groupes des Inceptisols et Oxisols (États-Unis).
- **NITOSOLS (RP 2008)** : les Nitosols sont généralement observés sous climat tropical ou subtropical à courte saison sèche (pluviosité moyenne annuelle de 1 500 à 3 500 mm). Ils se forment à partir de roches volcaniques ou de roches métamorphiques basiques d'âge plio-pléistocène, par exemple dans les régions suivantes : Vanuatu, Mexique, Brésil, Nicaragua, La Réunion, les Canaries, les Antilles ainsi qu'au Cameroun et en Nouvelle-Calédonie. En Martinique, ils ont été appelés « sols brun-rouille à halloysite ». Ils ont également été nommés « sols ferrallitiques à halloysite » par d'autres auteurs.

Les Nitosols sont caractérisés par des horizons de subsurface très argileux (> 50 % de la fraction < 2 mm) dont la fraction < 2 µm est constituée principalement d'halloysite mais aussi de goethite et d'hématite. Cette fraction argileuse peut contenir aussi un peu (< 20 % de la fraction argileuse) de kaolinite et de gibbsite ou de beidellite. Selon le degré d'altération (lequel varie en fonction de l'âge du sol ou du régime pluviothermique), il peut demeurer quelques minéraux primaires altérables (< 10 % de la fraction sableuse). Les Nitosols sont également caractérisés par des faces luisantes sur les faces d'agrégats des horizons de subsurface (leur nom vient du latin nitidus : luisant, brillant). L'halloysite se présente sous deux formes : l'une, hydratée, présentant des feuilletts distants de 1 nm, et l'autre, déshydratée, avec une distance interfoliaire typique de 0,7 nm (métahalloysite). L'halloysite hydratée à 1 nm est souvent observée en profondeur dans des Nitosols issus de laves ou dès la surface pour ceux ayant été recouverts de cendres volcaniques. Sous l'effet des successions des périodes de sécheresse et à mesure que le temps s'écoule, l'halloysite se transforme par déshydratation en métahalloysite. Cette dernière apparaît dans les horizons près de la surface ou dans les zones à saison sèche plus marquée, où peut être observée une transition avec les Fersisols, ou, sous climat plus régulièrement humide, dans les Nitosols plus évolués contenant un peu de kaolinite et de gibbsite, qui font transition avec les Ferrallisols.

En raison de l'altération quasi totale des verres volcaniques et des minéraux primaires altérables (hydrolyse acide en condition de libre drainage, hormis le quartz et certains oxydes stables), la composition chimique des produits d'altération (phyllosilicates et oxydes libres de fer et d'aluminium) est caractérisée par des valeurs des rapports moléculaires K_i et K_r représentant respectivement une constante de vitesse de la réaction d'altération chimique des minéraux ou des processus de réaction de dissolution :

$$K_i = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} \text{ mol.} < 2,2 \quad \text{et} \quad K_r = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \text{ mol.} < 1,8.$$

Les Nitosols correspondent à une première étape de la pédogenèse « ferrallitique » en climat tropical et subtropical, d'âge plio-pléistocène (de 10 000 ans à trois millions d'années au maximum), particulièrement par altération de roches volcaniques (riches en verre) ou de roches métamorphiques basiques. Ils évoluent ensuite, par transformation de l'halloysite en kaolinite et gibbsite, soit sur place dans le solum, soit latéralement en toposéquence. Cette transformation se fait par l'individualisation et la relocalisation des oxyhydroxydes de fer et des hydroxydes d'aluminium (concrétions, carapaces, cuirasses, etc.) ou par altération des argiles sous l'effet de phénomènes d'oxydoréduction et d'individualisation de la silice pouvant donner des indurations siliciques et pétrosiliciques.

V.5. Sols dominés par la chimie du fer et de l'aluminium et avec une accumulation et une redistribution du fer ou une dominance de la kaolinite et d'oxydes

- **PLINTHOSOLS (WRB 2015)** : les Plinthosols sont des sols à plinthite, à pétroplinthite ou à pisolites. La plinthite est un mélange riche en Fe (quelquefois en Mn), pauvre en humus fait d'argile kaolinique (et autres produits d'altération forte, comme la gibbsite) avec du quartz et autres constituants. Soumis à une alternance d'humectations et de dessiccations, elle se transforme généralement et de manière irréversible en une couche de concrétions dures ou de nodules ou en une cuirasse. La pétroplinthite est une croûte continue ou brisée de concrétions connectées, fortement cimentées à indurées ou de nodules, ou des concentrations organisées en réseau lamellaire, polygonal ou réticulé. Les pisolites sont des concrétions ou nodules, fortement cimentés à indurés. La pétroplinthite et les pisolites se forment à partir de la plinthite par induration. Les Plinthosols étaient traditionnellement appelés *Groundwater Laterite Soils* et *Perched Water Laterite Soils*. De nombreux Plinthosols sont rangés dans les sols gris latéritiques (CPCS 1967).
- **FERRALSOLS (WRB 2015)** : les Ferralsols sont les sols rouges ou jaunes, très altérés, typiques des tropiques humides. Ces sols ont des limites diffuses entre horizons, un mélange d'argiles dominé par les argiles à basse activité (kaolinite principalement) et une teneur élevée en sesquioxydes. Les appellations vernaculaires font souvent référence à la couleur du sol. De nombreux Ferralsols sont connus comme Oxisols (États-Unis), sols ferrallitiques (CPCS 1967).
- **FERRALLITISOLS ET OXYDISOLS (RP 2008)** : la définition des Ferrallitisols et Oxydisols insiste sur un certain nombre de caractères majeurs : la grande épaisseur des solums, la minéralisation rapide des matières organiques, l'altération très poussée des minéraux, y compris du quartz, l'élimination de la majeure partie des cations alcalins et alcalino-terreux, la forte teneur en sesquioxydes de fer, assez souvent accompagnés de sesquioxydes d'aluminium, la présence presque exclusive de la kaolinite comme minéral argileux dans la majorité des sols, une capacité d'échange cationique variable, mais généralement basse ou très basse, et dans certains cas l'existence d'une capacité d'échange anionique, un taux de saturation souvent faible ou moyen (exceptionnellement élevé), un pH acide ou très acide, une teneur en limons faible; une structure assez diversifiée en éléments nettement individualisés, généralement assez fins, polyédriques ou grumeleux, qui peut être parfois grenue fine ou très fine, voire particulière. Cette structure confère aux horizons meubles ou à la fraction meuble des solums ferrallitiques une grande friabilité.
- **CLASSE DES SOLS FERRALLITIQUES (CPCS 1967)** : les sols de cette classe se développent actuellement dans les parties humides de la zone intertropicale sous l'influence d'une pluie chaude tombant sur des roches quelconques (à condition qu'elles ne soient pas essentiellement quartzieuses). La végétation est la forêt primaire (ombrophile ou semi-décidue) ; elle peut, localement, être remplacée par la savane. Le relief est à rattacher aux surfaces d'érosion, aux accumulations volcaniques, aux chaînes de montagnes. Le concept central de la classe applicable à l'ensemble des sols est caractérisé par : (i) Une altération complète des minéraux primaires (péridots, pyroxènes, grenats, amphiboles, feldspaths, feldspathoïdes, micas, etc.), avec possibilité de minéraux hérités tels que l'ilménite, magnétite, zircon, illite ; abondance de quartz résiduel ; élimination de la majeure partie des **bases alcalines et alcalino-terreuses, d'une grande partie de la silice.** (ii) **La présence en abondance**

des produits de synthèse suivants : (a) silicates d'alumine A : 1, famille de la kaolinite, et/ou (b) hydroxydes d'alumine (gibbsite, rarement boehmite et produits amorphes), (c) hydroxydes et oxydes de fer (goethite, hématite et produits amorphes), (d) autres minéraux tels que leucoxène, bioxyde de manganèse, etc.

Un profil ABC comprenant : (i) L'horizon A où la matière organique est bien évoluée (dans certains cas, peu fréquents, on peut avoir de la matière organique grossière). (ii) L'horizon B le plus souvent épais où les minéraux primaires autres que le quartz sont rares ou absents et où les minéraux secondaires énumérés à l'alinéa 2 sont essentiels. (iii) L'horizon C est variable et dépend pour beaucoup de la roche-mère ; quel que soit son épaisseur, quelques cm ou 20 m, l'horizon est caractérisé par des matériaux (autres que quartz et ceux énumérés à l'alinéa 1) complètement altérés et s'écrasant sous la pression des doigts. L'abondance de la pluie chaude détermine en outre l'apparition des caractéristiques physico-chimiques suivantes : (i) une capacité d'échange faible, qu'elle soit mesurée sur l'argile ou le sol total, en raison des constituants kaoliniques et des sesquioxydes (actuellement une valeur limite est difficile à préciser), (ii) une quantité de bases échangeables faibles, (iii) un degré de saturation variable, mais généralement faible, (iv) un pH acide.

Il convient également de définir le terme de LATÉRITE : la latérite (du latin later, brique) est un matériau rouge vif, rouge-brun, résultat d'un processus d'altération long et intense des roches dans les climats tropicaux. Au sens large, le terme désigne l'ensemble des matériaux, meubles ou indurés, riches en hydroxydes de fer ou en hydroxyde d'aluminium, qui constituent les sols, les horizons superficiels et les horizons profonds de profil d'altération. Le terme de latérite est attribué à Francis Buchanan-Hamilton (1807). Une couche de latérite présente généralement une épaisseur de quelques mètres, mais peut être beaucoup plus importante.

V.6. Sols avec couches organiques épaisses

- **HISTOSOLS (WRB 2015)** : les Histosols sont des sols formés dans des matériaux organiques s'accumulant sous forme de tourbe de nappe (tourbière basse), tourbe pluviale (tourbière haute) ou de mangroves ou encore dans les zones montagneuses froides, sans saturation par l'eau. Les Histosols vont de sols développés dans des tourbières à mousses des régions arctiques, subarctiques et boréales, aux tourbières à mousses de Sphagnum, à roseaux et carex (fen), aux tourbières forestières des régions tempérées, et jusqu'aux tourbières de mangroves et de forêt marécageuses dans les tropiques humides. Les Histosols se trouvent à toute altitude, mais c'est majoritairement dans les basses terres qu'ils se situent.
- **HISTOSOLS (RP 2008)** : le terme de tourbe présente une connotation plus géologique et écologique que pédologique, la classification des tourbes ayant comme critère premier les conditions écologiques de genèse. C'est pourquoi le terme d'Histosol a été retenu dans le Référentiel pédologique pour désigner ces solums. Un Histosol est composé de matières organiques et d'eau. Le solum se construit à partir de débris végétaux morts qui se transforment lentement, en conditions d'anaérobiose, en raison de son engorgement permanent ou quasi permanent. Un Histosol est constitué presque exclusivement d'horizons histiques H (cf. définitions de ces horizons, infra). La formation des Histosols nécessite : (i) un bilan hydrique positif une grande partie de l'année : les apports (précipitations et apports telluriques) doivent être supérieurs aux pertes (évaporation, ruissellement latéral, drainage, infiltration vers le substrat) ; (ii) un bilan d'accumulation de matières organiques excédentaires : la production primaire nette doit être supérieure à la quantité de matières organiques décomposées. Il existe deux grands processus qui permettent cette formation : (i) le processus d'atterrissement : les végétations hygrophiles et aquatiques s'installent sur les bordures, dans et au-dessus d'un étang ou d'un lac peu profond, et combent peu à peu de leurs débris le volume d'eau initial ; (ii) le processus de paludification : il résulte des changements de conditions du milieu (changements climatiques, tempêtes, perturbations humaines), qui se traduisent par un passage rapide d'une situation sèche à une situation humide. Les conditions optimales de formation sont celles qui favorisent la saturation permanente du solum par l'eau jusqu'en surface, associées à des conditions de ralentissement de transformation des débris végétaux qui dépendent du climat (température et pluviosité), de la topographie (qui gère l'écoulement), du substrat géologique (à l'origine de la qualité et de la quantité des aquifères) et de la formation végétale qui produit le matériel parental du solum. Tant que le niveau d'eau est suffisant pour saturer le milieu et limiter la présence d'oxygène, le processus se poursuit, les matières organiques s'accumulent et l'Histosol grandit de 0,2 à 1,6 mm.an⁻¹. Les fluctuations de la nappe délimitent deux parties dans un Histosol : (i) la partie supérieure, ou acrotelm, qui est affectée par le battement de nappe et subit des phases aérobies par égouttage et désaturation ; (ii) la partie inférieure, ou catotelm, qui reste saturée en eau en permanence. L'accumulation de matières organiques s'effectue au contact de ces deux niveaux.

V.7. Sols avec limitations du développement racinaire et des conditions humidité-sécheresse alternantes ou un gonflement-retrait des argiles

- **VERTISOLS (WRB 2015)** : les Vertisols sont des sols très argileux et riches en argiles gonflantes. Quand ils sont secs, ces sols s'ouvrent en larges fissures à partir de la surface et ceci survient la plupart des années. Le nom Vertisol (du latin *vertere*, tourner) fait référence au mélange tournant interne (malaxage) du matériau du sol.
- **VERTISOLS (RP 2008)** : les vertisols sont des solums argileux majoritairement smectitiques qui gonflent ou se rétractent fortement, suivant les saisons alternativement sèches et humides. Il en résulte une dynamique hydrique et structurale particulière et très contrastée, de laquelle découlent des propriétés agronomiques et géotechniques spécifiques. Les différences de structure entre les différents horizons des vertisols résultent de la dynamique de dessèchement (lequel est d'autant plus intense que l'horizon est situé près de la surface) et du poids des horizons sus-jacents (d'autant plus important que l'horizon est profond). En périodes humides : le gonflement non isotrope de la masse argileuse crée des pressions et des mouvements internes responsables des faces de glissements et de la réhomogénéisation perpétuelle des solums (pédoturbation). À la surface, apparaît souvent une alternance de micro-monticules et de micro-dépressions, dite « micro-relief gilgai ». En périodes de dessèchement : on observe la formation de larges et profondes fentes de retrait et la manifestation d'une organisation structurale grossière et anguleuse très fortement exprimée.
- **CLASSE DES VERTISOLS (CPCS 1967)** : sols à profils A (B) C, A (S)g C ou A (B) Cg, plus ou moins homogénéisés ou irrégulièrement différenciés par suite de mouvements internes, s'exprimant par la présence de larges agrégats gauchis et à faces striées, au moins à la base du profil et, souvent, par celle d'un microrelief et d'effondrements. Leurs horizons ne se différencient que par leur structure.

V.8. Sols à sous-sol enrichi en argiles à faible activité, à faible ou forte teneur en bases

- **ACRISOLS (WRB 2015)** : la pédogenèse des Acrisols, et en particulier la migration d'argile, fait qu'ils ont une teneur en argile plus élevée dans la partie inférieure du sol que dans sa partie superficielle, créant ainsi un horizon argique subsuperficiel. Les Acrisols ont des argiles à basse activité dans l'horizon argique et un faible taux de saturation en bases entre 50 et 100 cm de profondeur. De nombreux Acrisols correspondent aux sols ferrallitiques fortement ou moyennement désaturés (CPCS 1967).
- **LIXISOLS (WRB 2015)** : la pédogenèse des Lixisols, et en particulier la migration d'argile, fait qu'ils ont une teneur en argile plus élevée dans la partie inférieure du sol que dans sa partie superficielle, créant ainsi un horizon argique subsuperficiel. Les Lixisols ont des argiles à basse activité dans tout l'horizon argique et un taux de saturation en bases élevé entre 50 et 100 cm de profondeur. De nombreux Lixisols sont rangés dans les sols ferrallitiques faiblement désaturés appauvris (CPCS 1967) et les Alfisols à argiles à faible activité (États-Unis).
- **FERRUGINOSOLS (RP 2008)** : les Ferruginosols se forment : (i) dans les régions intertropicales ayant une saison sèche de 4 à 5 mois et une saison des pluies avec des précipitations annuelles de 400 à 1 400 mm ; (ii) sur des roches acides (peu riches en minéraux s'altérant en argiles 2/1), des cuirasses (OXm) ou des altérations kaolinitiques (horizon RT) ; (iii) sur des surfaces anciennes permettant une genèse longue. Ils sont riches en fer, par accumulation relative ou absolue, pouvant conduire à une induration. Ils présentent des structures peu développées et des taux de saturation (S/CEC) très variables. Les textures sont très marquées par les sables grossiers, car les matériaux parentaux sont le plus souvent des altérations très anciennes dépourvues de limons grossiers. La lithologie des matériaux parentaux est d'une importance capitale. Il s'agit de matériaux plus ou moins acides : (i) des roches sédimentaires (grès, grès argileux du continental terminal et schistes) ; des roches détritiques (quartzeuses et désaturées meubles ou tendres) en place ou reprises par les agents météoriques (vent, eau), puis redéposées ; (ii) des paléo-altérations kaolinitiques (horizon RT issu d'une précédente pédogenèse), généralement d'âge tertiaire : elles peuvent être ou non recouvertes de cuirasses qui se situent ou non en surface et qui peuvent être démantelées ou entièrement dégagées. Ces matériaux sont épais (de 2 à 200 m – observations par géophysique électrique), développés sur l'ensemble des roches du socle précambrien durant pour le moins les ères Tertiaire et Quaternaire ; (iii) des affleurements de roches granitiques leucocrates à gros grains (d'extension relativement réduite au Sénégal, Burkina Faso, Tchad et Cameroun).

Les Ferruginosols ne se développent pas à partir des autres roches du socle cristallin subaffleurant, en particulier à partir des roches neutres (migmatites, gneiss), basiques (dolérites, basaltes, etc.) et ultrabasiques, car ces roches possèdent des minéraux altérables (feldspaths, ferromagnésiens, etc.). C'est une autre pédogenèse qui se développe actuellement, donnant naissance à des sols à argiles 2/1, plus riches et non lixiviés. Les Ferruginosols sont donc des sols polygénétiques dont la pédogenèse actuelle se superpose à une pédogenèse ancienne, longue et géochimiquement poussée. Ces caractères hérités et non réversibles rendent difficiles la perception de l'action de la pédogenèse actuelle et son interprétation. L'absence de tectonique durant le Tertiaire en Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale est d'une importance déterminante. Le socle a été soumis à l'action d'une altération météorique intense durant des dizaines de millions d'années sous un climat chaud et humide, ce qui a permis d'approfondir les profils d'altération. Durant la même période, les socles sud-américain (Brésil, Colombie, etc.) et indien étaient l'objet d'une tectonique active (surrection) qui rajeunissait, voire décapait entièrement les profils d'altération. Cela expliquerait pourquoi

les Ferruginosols ne sont pas décrits dans ces régions. Ils sont absents des entailles de bas de pente à sols hydromorphes et à argiles 2/1. Ils portent divers types de végétation, du nord vers le sud : (i) les steppes à épineux et bushs (graminées : *Aristida* sp., *Cenchrus* sp., *Schoenefeldia* sp. ; Acacia : *laeta*, *ehrenbergiana*) ; (ii) les savanes arbustives et arborées lâches (graminées ; Acacia : *raddiana*, *senegal* ; *Grewia* sp.), puis de plus en plus denses (graminées: *Ctenium* sp., *Andropogon* sp., *Loudetia* sp. ; ligneux : *Combretum* sp., *Pterocarpus* sp., etc.) ; (iii) les savanes arborées hautes et les savanes parcs (*Vitellaria paradoxa*, *Bombax* sp., *Anogeissus* sp., *Parkia* sp., *Khaya* sp., etc.) ; (iv) les forêts sèches claires (ligneux : *Isobertia* sp., *Azafia* sp., *Daniella oliveri*, *Lophira* sp., etc.). Les termites ont une action importante sur ces sols, et les *Macrotermes* sp. et *Trinervitermes* sp. sont en relation étroite avec eux. L'activité microbiologique est faible à très faible pour l'ensemble des ferruginosols, en rapport avec les faibles teneurs en matières organiques de ces sols.

- **CLASSE DES SOLS À SESQUIOXYDES DE FER OU DE MANGANÈSE (CPCS 1967)** : sols à profil ABC ou A (B) C caractérisés par : (i) l'individualisation des sesquioxydes de fer (ou de manganèse) qui leur confère une couleur très accusée : rouge, ocre, rouille (ou noir si les oxydes de manganèse sont abondants). Cette coloration peut intéresser les horizons A et B, ou, plus souvent, les seuls horizons B. Les oxydes peuvent se trouver sous forme figurés (concrétions, carapace, cuirasse). La richesse en sesquioxydes résulte d'une hydrolyse des minéraux très poussée mais toutefois moins complète que dans le cas des sols ferrallitiques. (ii) un rapport $SiO_2/A1_2O_3$ plus grand que 2 et la gibbsite le plus souvent absente. (iii) un taux de saturation supérieur à 50 %. (iv) une teneur faible en matière organique, celle-ci subissant le plus souvent une décomposition rapide.

Sous-classe des sols ferrugineux (tropicaux) : sols riches en sesquioxydes caractérisés par : (i) un profil A, (B), C ou plus fréquemment A, B ou Bg, C. (ii) une coloration des horizons B ou (B) se situant dans les jaunes (10 YR, 7, 5 YR) avec des valeurs (supérieures ou égales à 5) et des intensités (supérieures ou égales à 4) élevées. (iii) une structure massive en A et B, moins nette lorsque le matériau est constitué de sable grossier dominant. (iv) un complexe argileux en B moyennement désaturé (S/T de 50 à 65 %) essentiellement constitué par des argiles de néoformations kaolinitiques, en mélange avec des argiles héritées principalement illitiques. Même héritée, la montmorillonite s'y maintient rarement ou seulement en faible quantité.

Sous-classe des sols fersiallitiques : dans les sols de cette sous-classe : (i) Les oxydes de fer accompagnent l'argile et sont distribués de façon similaire dans le profil. Le profil est très vivement coloré, au moins en (B) ou B (valeurs et intensités élevées dans les 10 R ; 2,5 YR et 5 YR) sauf pour le sous-groupe brun. (ii) La terre fine des horizons A et B est dépourvue de carbonates. S'il y en avait dans le matériau originel, ce qui est souvent le cas, ceux-ci ont été totalement éliminés ou se sont accumulés en horizon Cca. (iii) Le complexe argileux est assez généralement formé de matériaux hérités à dominante d'illite. (iv) Le taux de saturation est élevé (S/T supérieur à 65 % souvent voisin de 100 %).

- **ALISOLS (WRB 2015)** : la pédogenèse des Alisols, et en particulier la migration d'argile, fait qu'ils ont une teneur en argile plus élevée dans la partie inférieure du sol que dans sa partie superficielle, créant ainsi un horizon argique subsuperficiel. Les Alisols ont des argiles à activité élevée dans tout l'horizon argique et un faible taux de saturation en bases entre 50 et 100 cm de profondeur. Les Alisols se répartissent principalement dans les régions tropicales humides, subtropicales humides et tempérées humides. De nombreux Alisols correspondent aux Fersialsols et aux sols fersiallitiques très lessivés (RP 2008 et CPCS 1967).
- **FERSIALSOLS (RP 2008)** : les Fersialsols sont caractérisés par une altération de type bisiallitique (formation d'argiles 2/1) : l'hydrolyse ménagée provoque une nette argilification, non seulement par héritage (bisiallisation apparente) mais aussi par agradation et néogenèse

(bisiallisation vraie). Cette altération s'accompagne d'une forte libération du fer, lequel contracte généralement des liaisons étroites avec les minéraux argileux. Des phénomènes de redistribution mécanique de ces derniers associés aux oxyhydroxydes de fer peuvent intervenir. Il en résulte des sols évolués et différenciés, qui sont caractérisés par une structure anguleuse et stable, ainsi que par des couleurs vives rouges.

La pédogenèse fersiallitique est restreinte le plus souvent aux contextes tropicaux et subtropicaux à saison sèche chaude (climat méditerranéen), là où le drainage climatique profond est nul ou réduit. Elle se manifeste par la formation d'un horizon spécifique : l'horizon fersiallitique FS. Cet horizon est généralement issu d'une longue évolution. Dans les régions tempérées, c'est essentiellement dans des paléosols que l'on peut l'observer (ou des sols polygénétiques). L'horizon FS se développe à partir d'une très large gamme de matériaux géologiques, à l'exception notable des marnes. Les propriétés du matériau parental se conjuguent avec les caractéristiques du climat pour en expliquer la répartition géographique. Ainsi, dans les régions méditerranéennes, on peut observer cet horizon sous des climats d'autant plus secs que le matériau est filtrant et/ou acide (grès, schistes), et sous des climats d'autant plus humides que le matériau est filtrant et/ou carbonaté. Dans les régions tropicales, sur socle, l'horizon FS est observé sous des climats d'autant plus humides que la roche présente une composition plus basique ; en revanche, il ne semble pas que l'on puisse en observer sur calcaires.

V.9. Sols à différenciation de profil faible ou nulle modérément développés

- **CAMBISOLS (WRB 2015)** : les Cambisols comprennent des sols montrant au moins un début de formation de sol sub-superficielle. La transformation du matériau parental transparait nettement au travers de la formation d'une structure de sol et aussi par un brunissement, une augmentation de la teneur en argile et/ou l'évacuation des carbonates. Dans les autres systèmes de classification, de nombreux Cambisols correspondent aux sols bruns (RP 2008 et CPCS 1967).
- **BRUNISOLS (RP 2008)** : les brunisols sont caractérisés par la présence d'un horizon structural (horizon S « haplique ») très bien développé (à structure en agrégats fins très nette) et possédant une notable macroporosité fissurale et biologique. En outre, cet horizon S n'est jamais calcaire, à la différence de l'horizon Sca. Il ne présente pas le comportement pélosolique de l'horizon Sp. Son pH_{eau} est presque toujours compris entre 5,0 et 6,5 sous forêt et, en général, il n'excède pas 7,5 sous cultures. Le taux de saturation est variable, en fonction du matériau parental, de la végétation ou de l'histoire du site (cultures, prairies, friche, etc.). Cet horizon S ne contient pas, ou peu, d'aluminium échangeable ($< 2 \text{ cmol}_{(+)} \cdot \text{kg}^{-1}$, à la différence de l'horizon S « aluminique » (Sal) dont le pH_{eau} est en outre < 5).
Sous forêt, en règle générale, l'épisolum humifère est un eumull ou un mésomull (plus rarement un oligomull) dont l'horizon A présente une structure construite d'origine biologique (horizon A biomacrostructuré). L'activité biologique favorise la constitution de complexes argiles-humus-fer stables et elle ralentit l'acidification à long terme lorsque des réserves minérales existent en profondeur. Les brunisols ne présentent ni horizons E ni horizons BT. Cela ne veut pas dire qu'ils ne connaissent aucun mouvement de particules argileuses (quelques argilanes sont possibles), mais cela signifie que la morphologie macroscopique du solum ne montre pas de différenciation texturale notable. Ce sont donc des sols « brunifiés » non argilluviés. Leur pédogenèse est marquée par des altérations modérées et par une faible néogenèse de minéraux argileux secondaires et d'oxyhydroxydes de fer. On observe les brunisols surtout sous les climats tempérés, atlantiques ou semi-continentaux, quand la pédogenèse est encore récente (sols « jeunes » ou rajeunis, non acidifiés) ou bien, pour des sols plus anciens : (i) lorsque les transferts de particules argileuses sont ralentis par un facteur stationnel, faible perméabilité du matériau parental, par exemple ; (ii) lorsque l'altération des minéraux primaires, libérant une quantité d'argile plus élevée en surface qu'en profondeur, compense ou masque une certaine éluviation d'argile (décelable seulement sur des lames minces). Les matériaux parentaux ne sont jamais des roches très acides. Ce sont, par exemple, des argilites, des alluvions anciennes, des résidus d'altération de calcaires durs, des dépôts morainiques, certains schistes, des grès argileux, des roches magmatiques basiques (diorites, gabbros, basaltes), certains granites contenant des minéraux altérables en abondance (granites mélanocrates), etc.
- **CLASSE DES SOLS BRUNIFIÉS (CPCS 1967)** : sols évolués caractérisés par un humus à forte activité biologique, en principe de type mull mais souvent aussi de type moder aux limites de la classe. Profil de type A (B) C ou ABC. L'horizon B est parfois difficile à distinguer. L'horizon B textural ou (B) structural est pauvre en matière organique. Le rapport C/N est inférieur à 14. Le fer libéré par l'altération des minéraux de la roche-mère, généralement en quantité limitée, est en majeure partie lié au complexe argilo-humique. On n'observe que pas ou peu de dégradation chimique des minéraux argileux dans l'épaisseur du profil.
Groupe des sols bruns. Profil A (B) C. Migration d'argile nulle ou très faible (indice d'entraînement compris entre 1 et 1/1,4). Pas d'horizon A₂ différencié. Sous-classe des sols brunifiés des pays tropicaux.

V.10. Sols à différenciation de profil faible ou nulle sableux

- **ARENOSOLS (WRB 2015)** : les Arénosols sont des sols sableux et profonds. Ils comprennent les sols sur sables résiduels issus de roches riches en quartz ayant subi une altération *in situ* ainsi que des sols sur sédiments sableux récents comme les dunes des déserts et les plages maritimes. Dans d'autres classifications, ils sont nommés sols minéraux bruts et sols peu évolués (CPCS 1967).
- **ARÉNOSOLS (RP 2008)** : il s'agit de solums très sableux sur une épaisseur d'au moins 120 cm. La très forte proportion de sables leur confère des propriétés et des comportements particuliers ; c'est la raison pour laquelle cette référence a été distinguée. La très faible abondance initiale des minéraux altérables et/ou la mise en place récente du matériau parental sableux (p. ex. dunes) et/ou la faible activité des processus pédogénétiques (p. ex. aridité) entraînent une très faible différenciation des solums. En outre, les Arénosols ne sont pas affectés (ou peu) par des excès d'eau. Tous les sols sableux ne sont pas des Arénosols. Pour pouvoir être rattaché aux Arénosols, un solum doit présenter les trois caractères suivants, sur une épaisseur d'au moins 120 cm : (i) granulométrie : plus de 65 % de sables totaux (en poids dans la terre fine) et moins de 12,5 % d'argile. Moins de 60 % d'éléments grossiers en poids par rapport à la terre totale (sinon rattachement aux peyrosols) ; (ii) structure particulière sur toute l'épaisseur du solum (sauf dans un éventuel horizon A) ; la structure peut être massive non cimentée et friable dans un éventuel horizon C ou une couche M ; (iii) absence d'horizons BT, BP, S, FS, G, FE, F, OX, RT typiques dans les 120 premiers centimètres. En outre, il n'y a pas d'engorgement prolongé au cours de l'année à moins de 80 cm de profondeur. Attention cependant, ne pas seulement se fier aux signes d'hydromorphie habituels qui ne se marquent que très difficilement, voire pas du tout dans des sables très pauvres en fer, et bien tenir compte du fonctionnement hydrique réel.

V.11. Sols à différenciation de profil faible ou nulle et à sédiments stratifiés fluviaux, marins ou lacustres ou à colluvions

- **FLUVISOLS (WRB 2015)** : les Fluvisols sont des sols jeunes des dépôts fluviaux, lacustres ou marins. Malgré leur nom, les Fluvisols ne se restreignent pas aux sédiments fluviaux (du latin *fluvius*, cours d'eau) ; ils se trouvent aussi dans des sédiments lacustres et marins. De nombreux Fluvisols correspondent aux sols minéraux bruts d'apport alluvial ou colluvial ou aux sols peu évolués d'apport alluvial ou colluvial (RP 2008 et CPCS 1967).
- **FLUVIOSOLS (RP 2008)** : les Fluviosols (c.-à-d. les sols alluviaux fluviaux et lacustres) méritent d'être distingués des autres types de sols non ou peu évolués pour trois raisons principales : (i) ils sont développés dans des matériaux déposés récemment, les alluvions fluviales ou lacustres, mis en place par transport, puis sédimentation en milieu aqueux. Ces alluvions peuvent être relativement homogènes ou présenter une grande hétérogénéité minéralogique et granulométrique qui reflète la diversité des matériaux géologiques et pédologiques en amont du bassin versant. Par rapport aux matériaux de l'amont, un tri a cependant été effectué au profit des minéraux les plus résistants et les plus lourds, et également en fonction de leur granulométrie ; (ii) ils occupent toujours une position basse dans les paysages, celle des vallées où ils constituent les lits mineur et majeur des rivières, à l'exclusion des zones de terrasses (hors vallées actuelles) ; (iii) ils sont marqués par la présence d'une nappe phréatique alluviale permanente ou temporaire à fortes oscillations et ils sont généralement inondables en période de crue (sauf endiguement). Ces inondations sont susceptibles de tronquer le solum ou, au contraire, de générer de nouveaux apports sédimentaires ou des atterrissements.
- **COLLUVIOSOLS (RP 2008)** : les Colluviosols sont définis par leur matériau parental : les colluvions. C'est pourquoi ils occupent des positions particulières dans les paysages et présentent de ce fait des propriétés morphologiques et de fonctionnement spécifique. En ce sens, il y a une certaine analogie avec les Fluviosols.
Les colluvions sont des formations superficielles particulières de versants qui résultent de l'accumulation progressive de matériaux pédologiques, d'altérites ou de roches meubles (ou cohérentes désagrégées) arrachés plus haut dans le paysage. Le colluvionnement ne peut intervenir qu'à condition que la couverture végétale ne soit pas continue. Ces matériaux ont été transportés le plus souvent par ruissellement sur de courtes distances selon les lignes de plus grandes pentes d'un versant. Cette mobilisation peut être combinée avec l'action des *pipkrakes* (ou aiguilles de glace – cf. chapitre consacré aux cryosols) libérant des particules ou des agrégats ou avec des coulées de boue, en cas de fonte de neige ou d'averses brutales. La reptation du sol en masse (dite reptation thermohydrique) et la solifluxion périglaciaire n'appartiennent pas à ce système. Il s'agit généralement de dépôts de compétence, donc microtriés, caractérisés en amont par une perte en argiles ou autres colloïdes dispersables, et remaniant quelques éléments grossiers arrachés sur le versant (graviers, charbons de bois, terre cuite, débris végétaux). Selon les conditions climatiques responsables de leur mise en place, les colluvions conservent certains caractères pédologiques de leurs matériaux d'origine : (i) caractères de constitution (humifère, calcaire, etc.) et d'ambiance chimique générale (acide, calcique, carbonatée) ; (ii) caractères d'organisation (microstructures observables en lames minces) ; (iii) caractères d'évolution antérieure (ferralsitique, par exemple).
La préservation de ces caractères dépend de l'état hydrique initial du sol érodé, de la stabilité de son agrégation, de la rugosité de sa surface et de l'énergie cinétique mise en œuvre (intensité de la pluie). L'intensité du colluvionnement croît après une période de sécheresse ou surtout de gel. Les volumes mis en place au cours de chaque épisode de sédimentation sont

difficiles à distinguer, étant donné qu'ils sont souvent peu épais et que leur intégration au sol préexistant est assez rapide (bioturbation, labours). C'est pourquoi il est souvent délicat de mettre les matériaux colluviaux en évidence (sinon par l'existence d'éléments allochtones). En outre, il est difficile d'y déceler une évolution pédologique actuelle, en raison de leur mise en place relativement récente : fin du Quaternaire ou périodes historiques.

- **CLASSE DES SOLS PEU ÉVOLUÉS (CPCS 1967) :** sols de profil AC contenant plus que des traces de matière organique dans les 20 centimètres supérieurs et, ou plus de, 1 à 1,5 % de matière organique sur plus de 2 à 3 cm.

V.12. Sols à différenciation de profil faible ou nulle et sans développement de profil significatif

- **REGOSOLS (WRB 2015)** : les Régosols sont des sols minéraux peu développés dans des matériaux non consolidés et qui n'ont pas d'horizons mollique ou umbrique, ne sont pas très minces ou très riches en fragments grossiers (Leptosols), ne sont pas sableux (Arenosols) et n'ont pas de matériaux fluviatiques (Fluvisols). Les Régosols sont fréquents dans les zones soumises à érosion et à accumulation, surtout dans les régions arides et semi-arides ainsi que dans les terrains montagneux. De nombreux Régosols sont rangés dans des taxons qui indiquent une pédogenèse naissante, comme les Entisols (États-Unis), les sols peu évolués régosoliques d'érosion ou même les sols minéraux bruts d'apport éolien ou volcanique (RP 2008).
- **REGOSOLS (RP 2008)** : les régosols sont des solums très minces comportant, à moins de 10 cm de profondeur (éventuel horizon OL non compté), un matériau non ou très peu évolué, non différencié, n'ayant pas acquis de structure pédologique généralisée, meuble ou peu dur (c'est-à-dire cohérent, mais dont l'approfondissement avec des outils tels que bêches, pioches ou charrues est réalisable).
De nombreux régosols résultent de processus d'érosion, mais d'autres, au contraire, résultent d'apports récents, notamment éoliens. Il peut s'agir : (i) de sols véritablement très jeunes, d'origine anthropique après troncature complète de couvertures pédologiques antérieures, ou libérés par le retrait d'un glacier ou liés à des dépôts volcaniques très récents, etc. ; (ii) de sols « rajeunis » dont les matériaux parentaux ne sont pas encore stabilisés, soumis à des apports ou déflations constants et rapides par le vent (sables dunaires), ou subissant constamment une érosion hydrique active (régosols de badlands), etc. ; (iii) de sols sous climats arides, n'évoluant pratiquement pas à cause d'un manque de pluie et de l'absence de végétation. Les matériaux pouvant constituer les régosols sont variés : sables, formations pyroclastiques, marnes, craies, altérites décapées, etc.
- **CLASSE DES SOLS MINÉRAUX BRUTS (CPCS 1967)** : sols de profil (A)C, (A)R ou R, ne contenant que des traces de matière organique dans les 20 centimètres supérieurs et, ou pas plus, de 1 à 1,5 % dans les 2-3 centimètres supérieurs.
Sous-groupe des Lithosols : sol brut d'érosion sur roche dure. Sous-groupe des Régosols : sol brut d'érosion sur roche meuble

VI. Applications opérationnelles des connaissances physiques des territoires pour des protocoles et listes de référence d'identification des zones humides d'après le sol

Dans les premières sections de ce Fascicule, il apparaît que les contextes physiques des cinq DROM peuvent se ressembler entre DROM selon des caractéristiques données :

- climat tropical et humide dans l'essentiel des DROM ;
- forte variabilité des conditions climatiques et notamment pluviométriques au sein d'un même DROM, même au sein des contextes insulaires ;
- une variété d'écosystèmes de zones humides dans des paysages hétérogènes qui réalisent des fonctions et services nécessaires aux populations ;
- une biodiversité remarquable, avec des richesses localement exceptionnelles voire des forts taux d'endémisme ;
- une pression importante, voire en forte expansion dans certains DROM, de l'urbanisation notamment sur les zones humides ;
- une grande variété des types de sols à l'intérieur de chaque DROM du fait de conditions géomorphologiques, géologiques, hydrologiques... qui génèrent dans chaque DROM des combinaisons écologiques complexes qui leur sont propres ;
- ...

Cette synthèse supporte donc la nécessité de fournir des protocoles et listes de référence pour identifier les zones humides dans les DROM, afin d'œuvrer plus efficacement à la préservation des ressources naturelles sur ces territoires, et en particulier celles associées aux zones humides. Elle souligne aussi la nécessité de tenir compte des spécificités de chaque DROM pour fournir des protocoles et listes de référence adaptés aux contextes écologiques.

Dans la troisième section de ce Fascicule, l'enjeu est souligné quant à la nécessité de saisir à la fois les conditions écologiques propices à des conditions d'engorgement temporaires à permanentes pour identifier avec fiabilité et exhaustivité les zones humides. En effet, l'enjeu n'est pas de « simplement » d'identifier seulement les écosystèmes avec des lames d'eau à la surface du sol durant une majeure partie de l'année par exemple ; mais plutôt de saisir la diversité des fonctionnements de zones humides en incluant aussi par exemple les zones humides avec un engorgement prolongé et temporaire proche de la surface.

Dans cette perspective, l'hydromorphie apparaît dans cette synthèse comme la manifestation physique d'un engorgement suffisamment prolongé qui peut être exploitée pour élaborer un critère pour identifier les zones humides, quelle que soit la cause de la manifestation de l'hydromorphie. Ce critère a aussi été exploité aux États-Unis d'Amérique pour identifier les zones humides (Tableau ci-après). En effet, elle permet souvent d'identifier à la fois des conditions d'engorgement permanentes ou temporaires mais prolongées, via la diversité des traits d'hydromorphie qui peuvent être observés : rédoxiques, réductiques + les horizons histiques. Comme l'hydromorphie résulte de processus biogéochimiques qui peuvent avoir lieu en tout contexte

climatique rencontré dans les DROM, les traits d'hydromorphie peuvent être des protocoles et listes de référence fiables, dans tous les DROM, même s'ils peuvent parfois se manifester sous des formes variables à l'intérieur d'un DROM ou entre DROM. Aucune connaissance scientifique n'a été détectée qui justifierait que ces protocoles et listes de référence ne puissent pas être utilisés dans les DROM pour identifier les zones humides avec fiabilité. **Les seules exceptions à leur exploitation résident dans des contextes géologiques, hydrologiques et donc aussi pédologiques particuliers (« sols particuliers ») que la quatrième partie du Fascicule aide à identifier.**

Tableau 17 : Indicateurs de terrain sélectionnés pour les sols *hydric* répertoriés dans le *Corps of Engineers Wetlands Delineation Manual* de 1987.

<p><i>Sols non sableux</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sols organiques (Histosols) • Épipédon histique • Matériau sulfuré • Régime d'humidité aquatique ou saturé pendant une période prolongée • Conditions réductrices • Couleurs du sol <ol style="list-style-type: none"> 1. Sols gleyés 2. Sols présentant des marbrures brillantes et/ou une faible chromie matricielle • Sols figurant sur la liste des sols <i>hydric</i> • Concrétions de fer et de manganèse <p><i>Sols sableux</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Teneur élevée en matière organique dans l'horizon de surface • Traçage des horizons de subsurface par la matière organique • Marmites organiques
--

Source : adapté et traduit d'Environmental Laboratory. 1987 dans Vepraskas et Craft (2016).

Les applications opérationnelles suite aux éléments bibliographiques cités ci-avant sont proposées avec la philosophie de proposer un protocole commun à tous les DROM pour identifier les zones humides d'après le critère « sol » ; mais avec l'idée de proposer éventuellement des protocoles et listes de référence qui peuvent être dissemblables par DROM pour tenir compte de spécificités territoriales.

Ainsi, dans les Fascicules 4 (prototype) et 5 (production finale), sont proposés :

- des protocoles et listes de référence sur les traits d'hydromorphie pour identifier les zones humides sous la forme d'une règle générale ; une application de la règle générale, qui conduit à une liste des types de sols caractéristiques de zones humides ;
- « des sols et des contextes particuliers » par DROM pour proposer une alternative aux traits d'hydromorphie afin d'identifier les zones humides ;

- un protocole de terrain pour identifier les traits d'hydromorphie. Les modalités techniques de sa mise en œuvre sont détaillées ;
- les périodes propices à l'application de protocole et listes de référence pour identifier et délimiter les zones humides d'après le sol.

Bibliographie

- Acer Campestre. 2006. Inventaire des zones humides de la Martinique. Rapport de synthèse, Parc naturel régional de la Martinique, 104 pages.
- Agreste. 2020. Mémento de la statistique agricole, édition 2020. Guadeloupe, 32 pages.
- Agreste. 2021. Recensement agricole 2020. Etude Guyane, 3 pages.
- Agreste. 2021. Recensement agricole 2020. Etude La Réunion, 4 pages.
- Agreste. 2021. Fiche filière, filière Forêt-Bois. Essentiel La Réunion, 8 pages
- Agreste. 2022. Recensement agricole 2020. Etude Mayotte. 4 pages.
- Agreste. 2023. Recensement agricole 2020. Etude Martinique, 4 pages.
- Audru J.-C., Guennoc, P. Thinon, I. et Abellard, O. 2006. Bathymay : la structure sous-marine de Mayotte révélée par l'imagerie multi-faisceaux. *C. R. Géoscience* 338,1240-1249.
- Audru J.-C., Mathon C., Desprats J.F., Sabourault P. et Guillobez S. 2003. Formations superficielles et aléas naturels à Mayotte. *Géologues*, 137, 107-111.
- ARUAG. 2007. Atlas des paysages de Guyane. Direction régionale de l'environnement de Guyane, document numérique, 382 pages.
- Barret J., Blancaneaux, P., Caillé, O., Charron, C., Gaucherel, C., Granville, J.-J. D., Grenand, P., Guiral, D., Lointier, M., Mérona, B. D., et Polidori, L. 2001. Atlas illustré de la Guyane. Paris, IRD, ISBN 2-7099-1471-9, 215 pages.
- Baize, D., Girard, M.-C., Jabiol, B., Rossignol, J.-P., Eimberck, M., et Beaudou, A. 2009. Référentiel pédologique 2008. Troisième édition. Association française pour l'étude du sol (AFES), Éditions Quæ, France, 435 pages.
- Baize, D. et Ducommun, Ch. 2014. Reconnaître les sols de zones humides. Difficultés d'application des textes réglementaires. *Étude et Gestion des Sols*, **21**, pp. 85-101.
- Baize, D. et Jabiol, B. 2011. Guide pour la description des sols. Nouvelle édition. Éditions Quæ, 452 pages.
- Barthelat, F. et Viscardi, G. 2012. Flore menacée de l'île de Mayotte : importance patrimoniale et enjeux de conservation. *Revue d'Écologie*, 2012, Sup11, pp.15-28.
- Blancaneaux, P. 1979. Carte pédologique de la Guyane - Planche 10, échelle 1/1.000.000 ; Orstom, Paris, France.
- Boulet, R., Brugière J.-M., Humbel F.-X. 1979. Relations entre organisation des sols et dynamique de l'eau en Guyane française septentrionale : conséquences agronomiques d'une évolution déterminée par un déséquilibre d'origine principalement tectonique. *Science du Sol*, I, p. 3-18.
- Boulet V., Collin G., Robert R. 2018. Pitons, cirques et remparts de l'île de La Réunion : Livret de Valeur Universelle Exceptionnelle. Terravenir et DEAL Réunion, 76 p.
- Bourdon E. 2012. Schéma des Carrières de la Guadeloupe. Rapport technique. BRGM. Schéma approuvé le 17 janvier 2013 par l'arrêté préfectoral n°2013-0061, 137 pages.
- Bourbon P., Moisan M. 2013. Synthèse sur la géomorphologie et l'évolution côtière de la Guyane au Quaternaire. Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-63107-FR.
- BRGM. 1986. Atlas hydrogéologique de La Réunion, 60 pages.

- Blum A. 2013. Délimitation des zones humides de Guyane en application de l'arrêté du 1er octobre 2009. Synthèse des données disponibles et recommandations. Rapport BRGM/RP-62333-FR, 18 pages.
- BRL ingénierie. 2019. FEAMP 2021-2027. Diagnostic Guyane, 25 pages.
- BRL ingénierie, 2019. Appui à la mise en œuvre du programme de développement rural 2014-2020 de Mayotte. Bilan environnemental à mi-parcours. 149 p.
- Briffaud, S. 2019. Les savanes littorales de La Réunion. Pour une utopie paysagère. Les Carnets du paysage, Îles en projet, 35, pp.66-91.
- Brivois, O., et Fontaine, M. 2012. Résultats du classement de l'état hydromorphologique des masses d'eau littorales DCE dans deux DOM : Mayotte et la Martinique. Rapport final, BRGM et ONEMA, 139 pages.
- Calmont, A. 2012. La forêt guyanaise, entre valorisation et protection des ressources écosystémiques, Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Hors-série 14 | septembre 2012, mis en ligne le 15 septembre 2012, consulté le 03 mai 2024. <http://journals.openedition.org/vertigo/12402> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.12402>
- Cassard D., Billa M, Lambert A, Picot J-C, Husson Y, Lasserre J-L, Delor C (2008) Gold predictivity mapping in French Guiana using an expert-guided data-driven approach based on a regionalscale GIS. *Ore Geol Rev* 34:471–500. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2008.06.001>
- CB Réunion. 2013. État des lieux 2013 du district hydrographique de La Réunion. Chapitre 2 : le district hydrographique de La Réunion - Usages et activités liés à l'eau. Comité de bassin de La Réunion, 67 pages.
- Chanéac, L. et Legrand, C. 2009. Synthèse bibliographique sur les zones humides de Guyane. Rapport final BRGM/RP-57709-FR, 140 pages.
- Chaperon, P., L'Hôte, Y., et Vuillaume, G. 1983. Les ressources en eau de surface de la Guadeloupe. *Cah. Orstom, sér. Hydrol.*, vol. XX, n° 3&4, pp 149-178.
- Chevalier, A. et Kelle, L. 2023. Erosion de la biodiversité, le cas de la tortue Luth (*Dermodochelys coriacea*). WWF, 23 pages.
- Choubert B (1949) Géologie et pétrographie de la Guyane française. Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer, Paris, p 120
- Collectif. 2014. Stratégie réunionnaise de la biodiversité (2013-2020), 112 pages.
- Colmet-Daage, F. et Lagache, P. 1965. Caractérisation de quelques groupes de sols dérivés de roches volcaniques aux Antilles françaises. *Cahiers Orstom, Série Pédologie*, III (2), 91-121.
- Colmet-Daage F. 1969. Carte des sols des Antilles : Guadeloupe volcanique et Martinique au 1/20 000. Orstom Antilles.
- Compteur Biodiversité Outre-mer, La Guadeloupe « l'île aux belles eaux ». Consulté le 20 janvier 2024. <https://biodiversite-outre-mer.fr/territoires/guadeloupe>
- Observatoire de l'eau Guadeloupe, Office de l'eau Guadeloupe. Données 2020. Consulté le 20 janvier. <https://www.observatoire-eau-guadeloupe.fr/services-publics-eau>
- Compteur Biodiversité Outre-mer, la Guyane un trésor vert. Consulté le 20 janvier 2024. <https://biodiversite-outre-mer.fr/territoires/guyane>

- Compteur Biodiversité Outre-mer, La Martinique « l'île aux iguanes ». Consulté le 20 janvier 2024. <https://biodiversite-outre-mer.fr/territoires/martinique>
- Compteur Biodiversité Outre-mer, Mayotte, un lagon d'une richesse exceptionnelle. Consulté le 20 janvier. <https://biodiversite-outre-mer.fr/territoires/mayotte>
- Compteur Biodiversité Outre-mer, La Réunion, point chaud de l'océan Indien. Consulté le 20 janvier. <https://biodiversite-outre-mer.fr/territoires/reunion>
- Conservatoire botanique national, centre permanent d'initiatives pour l'environnement Mascarin. La Réunion. Consulté le 20 janvier. <https://www.cbnm.org/>
- Courty C. et Lasalle M. 2021. Guide des espèces végétales exotiques envahissantes (EEE) de Martinique. DEAL de la Martinique, 84 pages.
- Coventry, R.J., Williams, J. 1984. Quantitative relationships between morphology and current soil hydrology in some Alfisols in semiarid tropical Australia. *Geoderma*, 33: 191–218.
- Cowardin, L. M., V. Carter, F. C. Golet, LaRoe, E. T. 1979. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States. FWS/OBS-79/31. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, DC.
- Cremades, C. 2010. Cartographie des habitats naturels des mangroves de Mayotte. Direction de l'agriculture et de la forêt. 58 pages.
- CTG, 2016. Schéma d'Aménagement Régional de la Guyane. SAR approuvé par décret en Conseil d'Etat n° 2016-931 du 6 juillet 2016 ; Collectivité Territoriale de Guyane ; 481 pages.
- Day, F.P., Jr. and C.V. Dabel. 1978. Phytomass budget for the Dismal Swamp ecosystem. *Va J. Sci.*, 29: 220–224.
- DAAF Guyane. 2018. Programme régional forêt-bois de Guyane 2019-2029. Version finale validée par la CRFB le 27 mars 2020. 87 pages.
- Dambrine E., Gaillard J., Chanudet V., Vigouroux R., Attéia O., Van Der Heijden G. et Colas F., 2024 - Réduction des oxydes de fer, déstockage du carbone des sols noyés, et émission de méthane par un réservoir tropical. *Étude et Gestion des Sols*, 31, 141-159
- DEAL et ONF, 2013. Etude de préfiguration d'un espace protégé dans les forêts publiques de Mayotte. Convention N° 2013-138/DEAL/SEPR. 123 pages.
- DEAL Guadeloupe. 2013. Cahier 1- Présentation du district hydrographique. Révision de l'état des lieux 2013 du district hydrographique Guadeloupe/Saint-Martin. Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement, 44 pages.
- DEAL Guadeloupe, 2012. Atlas des paysages de l'archipel Guadeloupe, présentation synthétique. Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement, 64 pages.
- DEAL Guadeloupe et DEAL Martinique, 2013. Les invasions biologiques aux Antilles Françaises, Diagnostic et état des lieux des connaissances. Rapports biodiversité. Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement, 81 pages.
- DEAL Martinique. 2017. L'impact du changement climatique dans le domaine de l'eau sur le bassin Martinique. Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux- SDAGE 2016–2021. District hydrographique de la Martinique, 56 pages.
- DEAL Mayotte. 2015a. Document d'accompagnement n°1 : présentation synthétique de la gestion de l'eau. Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux 2016 –2021. Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Mayotte, 30 pages.

- DEAL Mayotte. 2015b. Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux de Mayotte. SDAGE 2016-2021, v2.2. Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Mayotte, 125 pages.
- DEAL Réunion. 2014. SDAGE Réunion 2016-2021. Évaluation environnementale. Rapport final. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux- SDAGE 2016-2021. Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Réunion, 79 pages.
- Delor C., Lahondère D., Egal E., Lafon J.-M, Cocherie A., Guerrot C, Rossi P., Truffert C., Théveniaut H., Phillips D., de Avelar VG. (2003) Transamazonian crustal growth and reworking as revealed by the 1: 500,000-scale geological map of French Guiana. *Géologie de la France*, 2-3-4, 5-57
- Devauchelle, V. et al. 2016. Schéma régional de cohérence écologique (SRCE) - Volet a : Etat des lieux et identification des enjeux. *Caraïbes Environnement Développement*, 98 pages.
- De La Torre Y. et Aubie S. 2003. Étude de la morpho-dynamique des littoraux de Mayotte. Phase 1 : synthèse, typologie et tendances d'évolution. Rapport BRGM/RP-52320-FR, 43 pages, 18 figures et 5 annexes.
- DIREN Martinique. 2004. État des lieux du district hydrographique de la Martinique. Atlas cartographique. Direction régionale de l'environnement de la Martinique, 369 pages.
- DIREN Réunion. 2005. État des lieux du district hydrographique de La Réunion. Direction régionale de l'environnement de La Réunion, 211 pages.
- DIREN Réunion. 2005. Stratégie Réunionnaise pour la Biodiversité. Direction régionale de l'environnement de La Réunion, 167 pages.
- Dupont, L. 2013. Le changement climatique et ses implications économiques sur le secteur touristique à la Guadeloupe et à la Martinique (Petites Antilles) », *Études caribéennes* [En ligne], 26 | Décembre 2013, mis en ligne le 15 décembre 2013, consulté le 03 mai 2024.
- Environmental Laboratory. 1987. Corps of Engineers Wetlands Delineation Manual. Technical Report Y-87-1. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- EFESE, 2016. L'essentiel du cadre conceptuel. Commissariat général au développement durable. Théma. 4 pages.
- FAO. 2006. Guidelines for soil description. Fourth edition, Rome, Italy. 109 pages.
- Feder, F., et Bourgeon, G. 2009. Mise à jour de la carte des sols de l'île de La Réunion. Démarche suivie et problèmes rencontrés. *Étude et Gestion des Sols*, 16(2), 85-99
- Filleron J.-C., Le Fol J., et Freycon V. 2003. Diversité et originalité des modelés forestiers guyanais. *In* : *Revue forestière française. Connaissance et gestion de la forêt guyanaise*
- Foucault, A., Raoult, J.-F., Cecca, F., Platevoet, B., 2014. Dictionnaire de Géologie-8e éd.: Tout en couleur-5000 définitions-Français/Anglais. Dunod.
- Gatti, L.V., Basso, L.S., Miller, J.B. et al. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature* 595, 388-393 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>
- Gausson, H., et Legris, P. 1963. La délimitation des zones tropicales humides. *Annales de géographie*, vol. 72. No. 393. Armand Colin.
- Gargominy O. (ed). 2003. Biodiversité et conservation dans les collectivités françaises d'outre-mer. Collection Planète Nature. Comité français pour l'UICN, Paris, France - x et 246 pp.
- Gayet, G., Baptist, F., Baraille, L., Caessteker, P., Clément, J., Gaillard J., Gaucherand, S., IsselinNondeu, F., Poinot C., Quétier, F., Touroult, J., Barnaud, G., 2016. Méthode nationale d'évaluation

- des fonctions des zones humides – version 1.0. Fondements théoriques, scientifiques et techniques. Onema, MNHN, p. 310. Rapport SPN 2016 – 91.
- Groupe d'étude des problèmes de pédologie appliquée, G.E.P.P.A. 1981. Synthèse des travaux de la commission de cartographie.
- Giger Environnement et Infrastructures, 2007. L'atlas des paysages de Mayotte de 2007. 227 pages.
- Giger Environnement et Infrastructures. 2007. Atlas des paysages de Mayotte, 242 pages.
- Giry F. Binet T. et Keurmeur N. 2017. Les bénéfices de la protection des mangroves de l'outre-mer français par le Conservatoire du littoral : une évaluation économique à l'horizon 2040. Études caribéennes. [En ligne], 36 | Avril 2017, mis en ligne le 15 avril 2017, consulté le 20 décembre 2023. URL : <http://journals.openedition.org/etudescaribeennes/10485> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.10485>
- Gomes, C. S., et Júnior, A. P. M. 2018. Sistemas de classificação de áreas úmidas no Brasil e no mundo: panorama atual e importância de critérios hidrogeomorfológicos. *Geo UERJ*, (33), 34519.
- Graviou, P. et Raçon, J.-P. 2001. Inventaire des sites et objets géologiques remarquables de Mayotte. Rapport BRGM/RP-51273-FR, 87 pages.
- Grunevald, H. 1961. Carte géologique de la Martinique - 1/50000 - 2 feuilles - Carte géologique détaillée de la France. Ministère de l'industrie, Paris (couleurs) - notice explicative, 27 pages. Engref.
- Guiscafre, J., Klein, J. CL., et Moniod, F. 1976. Les ressources en eau de surface de la Martinique. Paris, monographies hydrologiques Orstom.
- Guiot, V. et Lacoste, M. 2011. Les zones humides de Mayotte. Volume 1 : rapport et annexes, CBNM, Ministère de l'écologie et du développement durable et de la mer, 514 pages (35 pages + fiches descriptives).
- Herbier de Guyane. Herbier IRD de Guyane. Consulté le 20 janvier 2023. <https://herbier-guyane.ird.fr/>.
- Hoarau, J-F, 2022. État des lieux, menaces et perspectives futures pour le tourisme à La Réunion : un regard macroéconomique. La Lettre du CEMOI, 2021, 26, pp.1-9.
- Hoepffner, M., Morell, M., et Rossignol, D. 1985. Variabilité des pluies et des ressources en eau de surface en Guadeloupe. Fonds documentaires Orstom, 21 pages.
- IGN. 2022. Inventaire forestier national. Mémento édition 2022, 35 pages.
- IEDOM. 2021. Martinique, rapport annuel 2021, Institut d'émission des départements d'outre-mer, établissement public national, Paris, France, 224 pages.
- IEDOM. 2015. Guyane, rapport annuel 2015, Institut d'émission des départements d'outre-mer, établissement public national, Paris, France, 188 pages.
- IEDOM. 2012b. Mayotte, rapport annuel 2011, Institut d'émission des départements d'outre-mer, établissement public national, Paris, France, 219 pages.
- IEDOM. 2012a. Guadeloupe, rapport annuel 2011, Institut d'émission des départements d'outre-mer, établissement public national, Paris, France, 208 pages.
- IEDOM. 2010. Martinique, rapport annuel 2009, Institut d'émission des départements d'outre-mer, établissement public national, Paris, France, 210 pages.
- Impact Mer – Bios – IGED. 2015. Inventaire des zones humides de la Martinique. Mise à jour de l'inventaire, évolution temporelle des zones humides et préconisations générales de gestion. Rapport PNRM, DEAL, ODE 220 pages (annexes incluses).

- INRA/IRAT. 1982. STIPA. Notice pour l'entrée des descriptions et analyses de sols en banque de données. Orléans, Montpellier, Institut national de la recherche agronomique, 137 pages.
- INRA. 2011. US 1106 InfoSol, DoneSol version 2.0.5 - Dictionnaire de données pour utilisation dans le cadre du programme « Inventaire, gestion et conservation des sols ». Institut national de la recherche agronomique, Orléans, 366 pages.
- Inventaire forestier national. 2008. Inventaire par cartographie des espaces forestiers et naturels de la Martinique, 8 pages.
- IUSS Working Group WRB. 2015. Base de référence mondiale pour les ressources en sols 2014, Mise à jour 2015. Système international de classification des sols pour nommer les sols et élaborer des légendes de cartes pédologiques. Rapport sur les ressources en sols du monde N° 106. FAO, Rome.
- Jaffrezic, A. 1997. Géochimie des éléments métalliques, des nitrates et du carbone organique dissous dans les eaux et les sols hydromorphes. Agriculture intensive et qualité des eaux dans les zones humides en Bretagne. Thèse de doctorat de l'École nationale supérieure d'agronomie de Rennes, 355 pages.
- JORF. 2009. Arrêté du 1er octobre 2009 modifiant l'arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement. Journal Officiel n° 272 du 24 novembre 2009, République française.
- Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Lourival, R., Wittmann, F., Kandus, P., Lacerda, L. D., ... et Agostinho, A. A. 2014. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation: marine and freshwater ecosystems*, 24(1), 5-22.
- Latrille, E. 1981. Projet d'inventaire des terres cultivables de Mayotte. Mayotte : carte morphopédologique et des propositions d'affectation des terres. Montpellier : Gerdat-Irat. Service de cartographie, 1 carte, échelle 1/50000. <https://doi.org/10.18167/agritrop/00211>
- Legendre, L. 2008. Géomorphologie et géologie guadeloupéennes, 46 pages.
- Le portail du paysage de La Réunion, Atlas des paysages. Consulté le 20 janvier. <https://portaildupaysage-lareunion.re/>
- Leprun, J. C., Misset, M., Viala A. L., Le Martret, H., Wegnez, F., Cheaib, N., Beaudou, A., Le Rouget, B. 2001. Cartographie agro-pédologique des sols guyanais à partir des documents existants et intégration dans un SIG. Convention EPAG/IRD, US018 « Actualisation et valorisation des données pédologiques ». Rapport général de fin de convention, 163 pages.
- Leroux, M-D. et Bonnardot, F. 2023. La Réunion face au changement climatique, présentation du 25 mai 2023.
- Le Tourneau, F-M. 2020. Le « système garimpeiro » et la Guyane : l'orpaillage clandestin contemporain en Amazonie française. *Cahiers d'Outre-Mer* LXXIII, n° 282 (1 juillet 2020): 263-90.
- Léticée, J.L., Randrianasolo, A., Cornée, J-J. Münch, P., Lebrun, J-F., Saint-Martin, J-P., et Villeneuve, M. 2005. Mise en évidence d'une discontinuité émergitive majeure au sein de la plateforme récifale plio-pléistocène de l'avant-arc des Petites Antilles. *C. R. Geoscience*, **337**, 617-624
- Les forêts de Martinique, entre préservation des espaces naturels et accueil du public, office national des forêts. Consulté le 20 janvier 2023. <https://www.onf.fr/onf/+74::onf-en-martinique.html>
- Lévêque, A. 1967. Les sols ferrallitiques de Guyane française. Mémoires Orstom, n°3, 167 pages.

- Maltby, E. 2009. *Functional Assessment of Wetlands: Towards Evaluation of Ecosystem Services*. CRC Press, Woodhead Publishing in Environmental Management, 672 pages.
- Maltby, E., Hogan, D.V., McInnes, R.J. 1996. *Functional Analysis of European Wetland Ecosystems: Improving the Science Base for the Development of Procedures of Functional Analysis. The Function of River Marginal Wetland Ecosystems. Phase 1 (FAEWE)*. Office for Official Publications of the European Communities.
- MEDDE. 2012. *Hydrologie de surface - Hydrologie DOM. Explore 2070, Eau et changement climatique*. Ministère de l'écologie, du développement durable et de de l'énergie, France, 158 pages.
- MEDDE. 2013. *Guide pour l'identification et la délimitation des sols de zones humides*. Ministère de l'écologie, du développement durable et de de l'énergie, groupement d'intérêt scientifique sol (GIS Sol), République française, 63 pages.
- MEEDDM/MAAP. 2010. *Circulaire DGPAAT/C2010-3008 du 18 janvier 2010 portant sur la délimitation des zones humides en application des articles L.214-7-1 et R.211-108 du code de l'environnement*. Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer et Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche, République française, 19 pages
- Melun G., Le Bihan M., 2020. *Histoire et impacts environnementaux de l'orpaillage en Guyane : clefs de compréhension des tensions actuelles*. Office français de la biodiversité. Collection Comprendre pour agir. 100 pages
- Météo France. 2022. *Moyenne annuelle des cumuls pluviométriques, période 1991/2020*, 1 page.
- Mourguiart Ch. et Linares, S. 2013. *BD Carthage® Guyane. Netcom*, 27-1/2, 232-236.
- MNHN et UICN France. 2015. *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Reptiles et Amphibiens de Mayotte*. Paris, France. Rapport d'évaluation. 23 pages
- MNHN, UICN France et GEPOMAY. 2015. *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de Mayotte*. Paris, France. Rapport d'évaluation. 80 pages.
- MTE Objectif paysages, *Atlas des paysages de Guyane*. Consulté le 6 décembre 2023. <https://objectif-paysages.developpement-durable.gouv.fr/atlas-des-paysages-de-guyane-50>.
- National Research Council. 1995. *Wetlands Characteristics and Boundaries*. National Academy Press, Washington, DC.
- Nehlig, P., Quinquis, J. P., Bucelle, M., Odon, O. 2006. *Carte géologique de La Réunion, échelle 1/100 000*. Université de La Réunion et BRGM, 1 page.
- Nehlig, P., Lacquement, F., Bernard, J., Caroff, M., Deparis, J., Jaouen, T., Aziliz-Pelleter, A., Perrin, J., Prognon, C., et Vittecoq, B. 2013. *Notice de la carte géologique de Mayotte*. BRGM/RP-61803-FR, 135 pages.
- Ninon, J. 2012. *Un défi pour La Réunion : une dynamique périurbaine mieux maîtrisée, Projets de paysage [En ligne]*, 8 | 2012, mis en ligne le 25 septembre 2012, consulté le 11 mars 2021. URL : <http://journals.openedition.org/paysage/15114>
- NF ISO 25177 (janvier 2009, indice de classement X31-010) : *Qualité du sol - description du sol sur le terrain*. Remplace la norme NF ISO 11259 (mai 1998, indice de classement X31-001) : *Description simplifiée du sol*.
- NF X31-003 (décembre 1998, indice de classement X31-003) : *Qualité du sol – description du sol*. Observatoire de l'eau Guadeloupe, Office de l'eau Guadeloupe. Données 2020. Consulté le 20 janvier. <https://www.observatoire-eau-guadeloupe.fr/services-publics-eau-assainissement/>

- OEG. 2020. Mise en œuvre de la révision de l'état des lieux (EDL) du cycle de gestion de l'eau 2022-2027 de la Guyane « EDL 2019 ». État des lieux du district guyanais, Office de l'eau de Guyane, 214 pages.
- Office de l'eau Martinique. 2019. État des lieux 2019 du district hydrographique de la Martinique, 71 pages.
- ONF Guadeloupe. 2007. Étude de recensement des zones humides de Guadeloupe. Rapport final, 141 pages.
- Parc naturel régionale de la Martinique. 2013. Atlas des paysages de la Martinique, présentation synthétique, 23 pages.
- Pitons, cirques et remparts de l'île de La Réunion, UNESCO. Consulté le 20 janvier. <https://whc.unesco.org/fr/list/1317/>
- Pôle-Relais Zones Humides Tropicales. 2019. Guide juridique Mayotte pour la protection et la gestion des zones humides tropicales en Outre-Mer. République française, 100 pages.
- Powell, S.W. and F.C. Day, Jr. 1991. Root production in four communities in the Great Dismal Swamp. *Am. J. Bot.*, 78: 288–297.
- Raunet, M. 1991. Le milieu physique et les sols de l'île de La Réunion : conséquences pour la mise en valeur agricole. Cirad, 515 pages.
- Raunet, M. 1992. Ile de Mayotte (archipel des Comores, océan Indien). Les facteurs de l'érosion des terres et de l'envasement du lagon. Cirad, 93 pages.
- Ravail, D. 1997. Les éléments du climat martiniquais. Atlas des départements français d'Outre-Mer. Volume II : La Martinique. Paris, CNRS-IGN (Eds), pp 1-6.
- Roig, J.Y., et Moisan, M. 2011. Inventaire du patrimoine géologique de la Guyane – Partie 2. Rapport final BRGM/RP-60644-FR, 67 pages.
- Rousteau, A., Portecop, J. et Rollet, B. 1996. Carte écologique de la Guadeloupe. ONF, Université des Antilles et de la Guyane, Parc national de la Guadeloupe, 36 pages.
- Saliman, M., Benon, P., Gosset, M., Mariotti, S., Bracco, I., Julliot, C., Le Tellier, V., Staal, S., Besnard, A., Malfait, G., Reilhes, C. 2017 La biodiversité à La Réunion à travers 20 indicateurs. Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement de La Réunion, 44 pages.
- Samper, A. 2007. Étude géochronologique, aspects géomorphologiques et géochimiques du volcanisme de l'île de Basse-Terre (Guadeloupe), et datation des structures d'effondrement de flanc majeures de l'arc des Petites Antilles. Thèse de doctorat en géologie appliquée de l'Université Paris Sud-Paris XI, 237 pages.
- SAR Guadeloupe. 2011. Schéma d'aménagement régional de la Guadeloupe. Région Guadeloupe, 481 pages.
- Scammacca, O., Bétard, F., Aertgeerts, G., Heuret, A., Fermet-Quinet, N., & Montagne, D. (2022). Geodiversity assessment of French Guiana: challenges and implications for sustainable land planning. *Geoheritage*, 14(3), 83.
- Schéma d'aménagement régional de la Guyane. SAR approuvé par décret en Conseil d'État n° 2016-931 du 6 juillet 2016. Collectivité territoriale de Guyane, 481 pages.
- Secrétariat de la Convention de Ramsar. 2016. Introduction à la convention sur les zones humides. *Manuels Ramsar*, 5^e édition, sous-série I : manuel 1, coopération internationale pour les zones humides, Gland, Suisse, 120 pages.

- Smith R.D. et al. 1995. An approach for assessing wetland functions using hydrogeomorphic classification, reference wetlands, and functional indices. 90 p
- Sierra, J., et Desfontaines, L. 2018. Les sols de la Guadeloupe : genèse, distribution et propriétés. INRA Antilles-Guyane, domaine Duclos (Prise d'eau), Guadeloupe, France, 23 pages.
- Sipple, W.S. August 6, 1992. U.S. Environmental Protection Agency Memorandum to National Technical Committee for Hydric Soils: Literature review of rooting depths of wetland plants. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Sparks, D. 2003. Redox Chemistry of Soils. *In*: Environmental soil chemistry, Second Edition, Academic Press, Chapter 8, pp 245-266.
- Tiner, R.W., 2016. Wetland Indicators: A Guide to Wetland Formation, Identification, Delineation, Classification, and Mapping, Second Edition. CRC Press.
- UICN. 2010. La liste rouge des espèces menacées en France, Faune de La Réunion, 23 pages.
- UICN. 2013. La liste rouge des espèces menacées en France, premiers résultats pour la Flore vasculaire de Martinique. Liste des espèces évaluées, 8 pages.
- UICN France. 2013. Propositions pour une Stratégie biodiversité pour un développement durable de Mayotte. Diagnostic et enjeux. Mayotte, France. 120 pages.
- UICN. 2014. La Liste rouge des espèces menacées en France. Flore vasculaire de Mayotte. 23 pages.
- UICN. 2019. La liste rouge des espèces menacées en France, Flore vasculaire de Guadeloupe, 19 pages.
- UICN. 2017. La Liste rouge des espèces menacées en France. Faune vertébrée de Guyane, 35 pages.
- UICN. 2021. La liste rouge des espèces menacées en France, Faune de Guadeloupe, 35 pages.
- UICN. 2023. La liste rouge des espèces menacées en France, Flore vasculaire de La Réunion, 27 pages.
- Venkatapen, C. 2012. Étude des déterminants géographiques et spatialisation des stocks de carbone des sols de la Martinique. Thèse de doctorat en géographie de l'Université des Antilles et de la Guyane, 333 pages.
- Vepraskas, M.J., Craft, C.B. 2016. Wetland soils: genesis, hydrology, landscapes, and classification. Taylor & Francis.
- VU D'ICI. 2013. Vers une définition d'une stratégie paysagère à Mayotte.
- Wasson, J.-G. Chandresris, A., et Pella, H. 2004. Hydro-écorégions de l'île de La Réunion. Propositions de régionalisation des écosystèmes aquatiques en vue de l'application de la directive cadre européenne sur l'eau. Cemagref, 18 pages.
- Weil, R.R., Brady, N.C., 2008. The nature and properties of soils. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.

Résumé des Fascicules

Les zones humides pourvoient à des biens et des services essentiels. Leur préservation et leur gestion durable est d'intérêt général. Cependant, les acteurs des Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM), à savoir la Guadeloupe, la Guyane, La Réunion, la Martinique et Mayotte, ne disposent pas d'arrêté interministériel d'identification et de délimitation des zones humides pour mettre en œuvre la réglementation. Un projet inscrit dans le 4^{ème} plan national milieux humides 2022-2026 a été initié en 2022 pour définir des protocoles et des listes de référence.

Une démarche de R et D a donc été déployée avec des partenaires institutionnels, scientifiques et techniques sur les territoires. Durant la première phase du projet, la bibliographie scientifique et des expertises ont été mobilisées pour élaborer un prototype de protocoles et de listes de référence. Une synthèse bibliographique a permis de tenir compte de la diversité des contextes écologiques et des connaissances acquises sur les zones humides dans les DROM.

La seconde phase a consisté à tester les prototypes avec le public technique destinataire des protocoles et listes de référence et des spécialistes. Ces tests se sont déroulés sur 129 sites, avec 466 relevés sur les habitats, les espèces végétales et le sol dans une large diversité de zones humides.

La dernière phase a consisté à finaliser un protocole commun à tous les DROM et des listes de référence spécifiques à chaque DROM, en intégrant les retours critiques effectués. Le protocole et les listes de référence d'« habitats », d'« espèces végétales » et de « sols » s'avèrent pratiques et robustes. Les risques de sous-détection (ne pas détecter des zones humides présentes) et surtout de sur-détection de zone humide (détecter des zones humides où il n'y en a pas) sont minimes.

Les résultats de ce projet sont restitués en 5 Fascicules. Après consultation d'instances locales et nationales, le protocole et les listes de référence sont destinés à être officialisés par un arrêté interministériel cosigné par les Ministères en charge de la Transition Écologique, des Outre-mer, et de l'Agriculture ; équivalent à l'arrêté qui existe en métropole. Les protocoles et listes de référence sont destinés à être mis en œuvre par des agents en bureaux d'études, services de l'État, établissements publics de l'État... Après les actions d'information réalisées durant le projet auprès des acteurs techniques concernés, des supports pédagogiques seront conçus pour favoriser l'appropriation efficace du protocole et des listes de référence sur le terrain.

Ce projet a permis de poursuivre l'investissement des acteurs dans les DROM sur le sujet des zones humides. Les résultats opérationnalisent la réglementation en vigueur, ils promeuvent la préservation des zones humides et l'équité du droit sur le territoire national. Cette contribution ouvre la voie à des travaux ultérieurs suggérés dans les Fascicules.

PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)
Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel

Jardin des Plantes
CP41 – 36 rue Geoffroy Saint-Hilaire
75005 Paris
www.patrinat.fr

