

CHAPITRE 9

Climat local

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	9-i
9 Climat local	9-1
9.1 Introduction.....	9-1
9.2 Synthèse de référence.....	9-1
9.2.1 Zone d'étude	9-1
9.2.2 Sources des données.....	9-1
9.2.3 Climat régional	9-3
9.2.4 Climat local	9-5
9.2.5 Récapitulatif des observations météorologiques.....	9-7
9.3 Méthodes d'évaluation.....	9-8
9.3.1 Cadre juridique et normes en vigueur.....	9-8
9.3.2 Valeur des ressources et sensibilité des récepteurs.....	9-9
9.3.3 Prévion et évaluation des impacts.....	9-10
9.3.4 Évaluation de l'importance.....	9-12
9.4 Étude d'impacts	9-12
9.4.1 Activités du Projet et impacts potentiels	9-12
9.4.2 Impacts sur le climat local dus aux modifications du profil de la crête.....	9-12
9.4.3 Impacts du changement climatique sur le Projet.....	9-24
9.5 Mesures d'atténuation	9-34
9.6 Ampleur des impacts résiduels sur le climat local.....	9-36
9.7 Importance des impacts résiduels.....	9-37
9.8 Suivi	9-37
9.9 Références	9-37

TABLEAUX

Tableau 9.1	Valeur des ressources et sensibilité des récepteurs	9-10
Tableau 9.2	Évaluation de l'importance	9-12
Tableau 9.3	Pluviométrie moyenne sur une courte période	9-20
Tableau 9.4	Fraction de brouillard moyenne dans le temps sur Ouéléba et Pic de Fon	9-22
Tableau 9.5	Résumé des scénarios SSP-RCP utilisés pour l'évaluation du changement climatique	9-26
Tableau 9.6	Anomalie des précipitations annuelles moyennes en pourcentage des PAM	9-27
Tableau 9.7	Résumé de l'anomalie de la TAMA (%) sur la zone de Simandou	9-28
Tableau 9.8	Résumé de l'anomalie de la TAMA (°C) sur la zone de Simandou	9-28
Tableau 9.9	Facteurs de relèvement (en pourcentage) du changement climatique pour les durées d'averse jusqu'à 24 heures et les périodes de récurrence quinquennale à centennale du Groupe 2 (Ouéléba)	9-33
Tableau 9.10	Résumé des facteurs du changement climatique	9-35
Tableau 9.11	Importance des impacts résiduels sur le climat local	9-36

FIGURES

Figure 9.1	Stations météorologiques du Projet	9-2
Figure 9.2	Localisation de la ZCIT (désignée par la mention « ITD ») sur l'Afrique de l'Ouest en janvier (à gauche) et juillet (à droite).....	9-4
Figure 9.3	Représentation schématique de la formation des vents tourbillonnants	9-5
Figure 9.4	Modifications de profil prévues (vers l'ouest)	9-14
Figure 9.5	Modifications de profil prévues (vers l'est)	9-14
Figure 9.6	Études de cas de la topographie existante par rapport à la topographie modifiée par l'exploitation minière	9-18
Figure 9.7	Exemples d'évolution prévue des précipitations en raison des changements orographiques dans la zone minière.....	9-19
Figure 9.8	Zones utilisées pour vérifier les précipitations moyennes par zone.....	9-20
Figure 9.9	Chronologies des profils représentatifs d'évolution de concentration de 1900 à 2300 dans le cadre du projet CMIP5 (SRK, 2022b)	9-21
Figure 9.10	Scénarios socio-économiques partagés (SRK, 2022b).....	9-25
Figure 9.11	Représentation en boîte à moustaches de l'anomalie des PAM (%) sur la zone du projet de Simandou (scénario SSP2-4.5 à gauche, scénario SSP5-8.5 à droite).....	9-29
Figure 9.12	Représentation en boîte à moustaches de l'anomalie de la TAMA (%) sur la zone de Simandou (scénario SSP2-4.5 à gauche, scénario SSP5-8.5 à droite).....	9-30
Figure 9.13	Représentation en boîte à moustaches de l'anomalie de la TAMA (°C) sur la zone de Simandou (scénario SSP2-4.5 à gauche, scénario SSP5-8.5 à droite).....	9-31
Figure 9.14	Température annuelle moyenne historique dans la zone de Simandou jusqu'à 2100.....	9-32
Figure 9.15	Précipitations maximales pour la période de récurrence de 1 tous les 100 ans (SRK, 2022c)	9-34

9 Climat local

9.1 Introduction

Ce chapitre présente une évaluation des interactions entre le Projet Simandou de Rio Tinto - Composantes mine et embranchement ferroviaire (le Projet) et le climat local. Ce chapitre comprend une évaluation des impacts potentiels résultant du développement de la mine à ciel ouvert proposée à Ouéléba et considère une future empreinte minière supposée au Pic de Fon afin d'évaluer pleinement les impacts cumulatifs potentiels du projet sur le climat local.

Cette évaluation comporte deux aspects principaux.

Le premier aspect consiste à déterminer si les changements apportés au profil de la chaîne de Simandou par l'exploitation minière modifieront à leur tour les précipitations et la formation de brouillard et, par conséquent, le climat et les régimes météorologiques locaux. Les changements au niveau du climat local peuvent être importants en raison du rôle que jouent la pluie et le brouillard dans l'approvisionnement local des écosystèmes, de l'agriculture et des ressources hydriques.

Le deuxième aspect consiste à évaluer l'effet de l'environnement sur le Projet. Dans ce cas, il est question de déterminer la façon dont le changement climatique mondial potentiel influera sur la mine et l'embranchement ferroviaire pendant toute la durée de l'exploitation.

9.2 Synthèse de référence

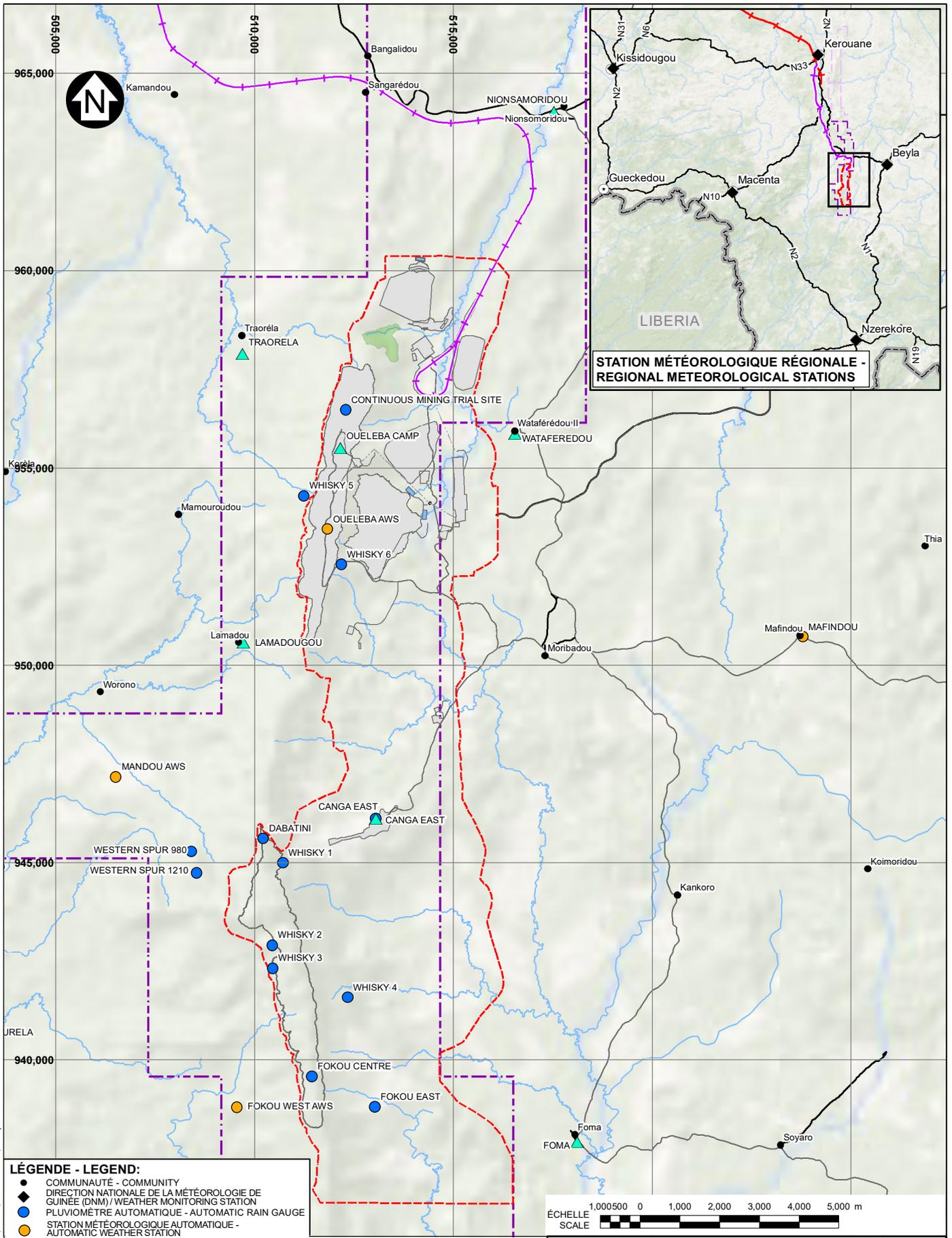
9.2.1 Zone d'étude

La mine sera développée dans la chaîne de Simandou, qui suit un axe nord-sud sur plus de 100 km, avec une largeur moyenne de crête variant entre 1 et 2 km. La concession minière occupe environ 55 km de la partie sud de la chaîne. La zone minière d'Ouéléba proposée et le gisement de Pic de Fon couvrent environ 22 km de la chaîne au sein de la concession minière. La chaîne méridionale atteint son point culminant au Pic de Fon, où elle culmine à plus de 1 656 m d'altitude. La zone d'étude s'étend de part et d'autre de la zone minière proposée et de l'embranchement ferroviaire, qui s'étend au nord de la mine jusqu'à Kérouané, l'une des stations régionales utilisées pour caractériser le climat local (Figure 9.1).

9.2.2 Sources des données

Un rapport de référence climatique locale mis à jour (SRK, 2022a) est présenté à l'Annexe 9A - Référence climatique locale, lequel a servi de base pour le récapitulatif présenté ici.

Les données des stations climatiques gouvernementales fournies par la Direction Nationale de la Météorologie de Guinée (DNM) ont été utilisées pour caractériser le climat de la région sud-est de la Guinée. La DNM exploite des stations de surveillance météorologique dans les villes de Beyla, N'Zérékoré, Kissidougou, Macenta et Kérouané (Figure 9.1). Des données quotidiennes numérisées pour plusieurs paramètres, y compris les précipitations, ont été fournies par la DNM pour plusieurs décennies passées. Les données de N'Zérékoré, Macenta et Kissidougou sont moins applicables à Simandou, car les villes sont assez éloignées au sud ou à l'ouest. Cependant, ces sites ont été utiles pour placer le climat de Simandou dans un contexte géographique plus large. Les cinq sites se trouvent sur le plateau et à des altitudes relativement basses. À près de 700 m au-dessus du niveau moyen de la mer (amsl), Beyla se situe environ 150 m plus haut que les quatre autres sites. Cette similitude d'altitude est utile pour éliminer l'altitude des facteurs qui contrôlent leurs différences climatiques.

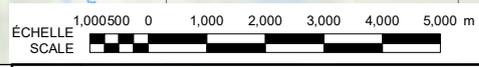


STATION MÉTÉOROLOGIQUE RÉGIONALE - REGIONAL METEOROLOGICAL STATIONS

- LÉGENDE - LEGEND:**
- COMMUNAUTÉ - COMMUNITY
 - ◆ DIRECTION NATIONALE DE LA MÉTÉOROLOGIE DE GUINÉE (DNM) / WEATHER MONITORING STATION
 - PLUVIOMÈTRE AUTOMATIQUE - AUTOMATIC RAIN GAUGE
 - STATION MÉTÉOROLOGIQUE AUTOMATIQUE - AUTOMATIC WEATHER STATION
 - ▲ PLUVIOMÈTRE MANUEL - MANUAL RAIN GAUGE
 - FLEUVE/COURS D'EAU/DRAINAGE - RIVER/STREAM/DRAINAGE
 - CHEMIN DE FER TRANSGUINÉEN - TRANS-GUINEAN RAILWAY
 - EMBRANCHEMENT FERROVIAIRE DE RIO TINTO SIMFER - RIO TINTO SIMFER RAIL SPUR
 - ROUTE VERS LES INSTALLATIONS - FACILITY ROAD
 - ROUTE - ROAD
 - CONVOYEUR - CONVEYOR
 - FORÊT DE BOYBOYBA - BOYBOYBA FOREST
 - EMPRISE DU PROJET - LAND ACCESS BOUNDARY
 - INFRASTRUCTURES DE LA MINE - MINE INFRASTRUCTURE
 - CONCESSION MINÈRE DE RIO TINTO SIMFER - RIO TINTO SIMFER'S MINING CONCESSION
 - CONCESSION MINÈRE DE WCS - WCS'S MINING CONCESSION
 - LA FRONTIÈRE GUINÉENNE - GUINEA BORDER

REMARQUES:
 1. LA GRILLE DE COORDONNÉES EST EN MÈTRES. SYSTÈME DE COORDONNÉES : WGS 1984 ZONE UTM 29N.

NOTES:
 1. COORDINATE GRID IS IN METRES. COORDINATE SYSTEM: WGS 1984 UTM ZONE 29N.



RIO TINTO SIMFER

PROJET RIO TINTO SIMANDOU

STATION MÉTÉOROLOGIQUE DU PROJET - PROJECT METEOROLOGICAL STATIONS

RioTinto	SimFer	FIGURE 9.1
-----------------	---------------	-------------------

SAV:ED: 1:3:02:000190:0A:IG:6:Fig:9a4_7:6:R0:mx:J:05:2023:4:06:PM: asimpson

Les données enregistrées par le programme de surveillance météorologique du Projet en cours depuis 2001 ont été utilisées pour la caractérisation du climat et de sa variabilité sur le site minier. Ces enregistrements sont intermittents, mais comprennent la température, les précipitations, la vitesse et la direction du vent, l'humidité relative et l'évaporation pour le camp de Canga Est, Dabatini, Mafindou, Mandou, Kérouané et Beyla. Le camp de Canga Est et Dabatini sont au sommet de la crête de Simandou, tandis que Kérouané est à une altitude similaire, au sommet d'une autre zone de haute terre, à environ 15 km à l'ouest de l'extrémité nord de la crête de Simandou. Mandou est située sur le plateau directement à l'ouest de la crête de Simandou, tandis que Mafindou et Beyla sont sur le plateau à l'est. Il est à noter que le site de la DNM appelé Kérouané se trouve à une altitude relativement basse (510 m amsl) sur le plateau alors que le site géré du Projet à Kérouané se situe à 1 431 m amsl.

Une étude menée par l'UKMO concernant les impacts potentiels sur le climat et les régimes météorologiques locaux qui peuvent résulter du développement de la mine de Simandou a également été utilisée pour étayer cette évaluation.

Lors de la détermination initiale de la portée du Projet, on s'est demandé si l'abaissement de la crête au Pic de Fon et à Ouéléba entraînerait des changements en termes de précipitations et d'autres variables météorologiques qui pourraient avoir des effets environnementaux additionnels. Afin d'étudier l'impact climatologique de la mine envisagée, l'UKMO, avec l'aide de la DNM, a entrepris une étude de modélisation numérique du climat à haute résolution entre 2008 et 2010 à l'aide du modèle unifié du Met Office (le modèle). Pour tester l'applicabilité du modèle à la chaîne de Simandou, l'UKMO a mené une étude de vérification des résultats du modèle (Met Office UK, 2010). L'étude de vérification est présentée à l'Annexe A de l'Annexe 9A : Référence climatique locale.

Les données des stations suivantes ont été utilisées pour les travaux de l'UKMO :

- Le camp de Canga Est
- Dabatini
- Kérouané (site de la DNM)
- Mandou
- Mafindou
- Beyla

Après la production du rapport de Phase 1 de l'UKMO, les mesures se sont poursuivies aux stations météorologiques existantes et d'autres dispositifs d'enregistrement, enregistrant au minimum les précipitations, ont été ajoutés sur les sites suivants :

- Moribadou (pluviomètre manuel)
- Fokou Ouest (station météorologique automatique)
- Ouéléba (station météorologique automatique)

Des détails supplémentaires sur le climat de référence sont présentés à l'Annexe 9A - Référence climatique locale.

9.2.3 Climat régional

Le climat guinéen reflète sa position géographique à 10° de latitude nord, où le régime pluviométrique annuel est classiquement décrit en termes de zone de convergence intertropicale (ZCIT). La ZCIT fait le tour de la Terre près de l'équateur, où les alizés des hémisphères nord et sud se rencontrent. Le soleil intense et l'eau chaude de l'équateur chauffent l'air de la ZCIT, augmentant son humidité et le rendant léger. Aidé par la convergence des alizés, l'air léger monte. À mesure que l'air monte, il se dilate et se refroidit, libérant l'humidité accumulée dans une série presque perpétuelle d'orages (NASA Earth Observatory, 2023). Ainsi, dans cette partie de la Guinée, la période de l'année et la position de la ZCIT régissent la direction prédominante du vent de surface comme le montre la Figure 9.2.

À Simandou, la ZCIT est suffisamment éloignée au sud, de la mi-novembre à la mi-mars, pour que son effet diminue suffisamment pour créer une saison « sèche ». Durant ces mois, les vents de surface soufflent des régions sahariennes sèches vers le nord-est. Cet effet produit le vent du nord-est connu localement sous le nom d'« Harmattan ». Le reste de l'année, la ZCIT reste suffisamment proche et est donc responsable de la présence fréquente de nuages et de pluie. Ce type de temps, caractérisé par un air humide qui remonte du sud à partir d'avril et apporte des précipitations importantes, entraîne la « mousson ouest-africaine », qui désigne la période où cette région connaît la plus grande partie de ses précipitations annuelles.

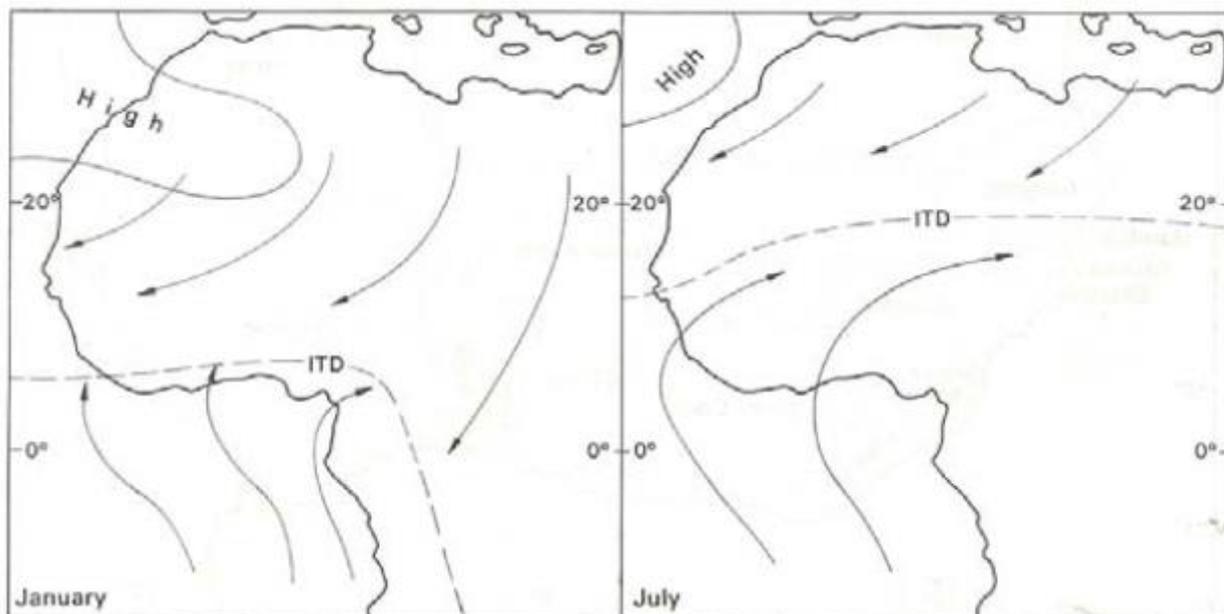


Figure 9.2 Localisation de la ZCIT (désignée par la mention « ITD ») sur l'Afrique de l'Ouest en janvier (à gauche) et juillet (à droite)

REMARQUES :

1. Source : Oke, 1977 ; reproduit dans Fullwood et Johnson, 2008.

Le cycle annuel de la ZCIT du sud au nord et du nord au sud entraîne un gradient correspondant des totaux annuels de précipitations dans tout le pays, allant d'environ 1 100 mm dans le nord-est plus sec à plus de 2 000 mm dans certaines parties du sud. Il existe également une diminution marquée des précipitations annuelles lorsque l'on se déplace vers l'intérieur des terres depuis la côte atlantique, avec des précipitations annuelles totales de plus de 4 500 mm sur la plaine côtière. Les régimes pluviométriques régionaux peuvent également varier en raison des effets de relief (par exemple, le soulèvement des flux d'air humide du sud-ouest et l'augmentation correspondante des précipitations causées par le massif du Fouta Djallon en Guinée centrale et la Dorsale guinéenne dans le sud-est).

D'autres systèmes météorologiques se déplaçant d'est en ouest sont superposés à la ZCIT, à savoir :

- Des lignes de grain se produisent généralement au début et à la fin de la saison humide et entraînent les plus fortes averses
- Des ondes d'est se produisent généralement au milieu de la saison humide et entraînent une augmentation périodique des précipitations

En résumé, le climat de la zone du projet minier est régi par la migration annuelle vers le nord et le sud de la mousson ouest-africaine. Cette mousson génère de fortes précipitations dans tout le sud-est de la Guinée, indépendamment de

la topographie. Ces effets climatiques régionaux alimentent les phénomènes climatiques locaux et sont suffisants pour décrire généralement la saison sèche et la saison humide ainsi que la plupart des précipitations régionales.

9.2.4 Climat local

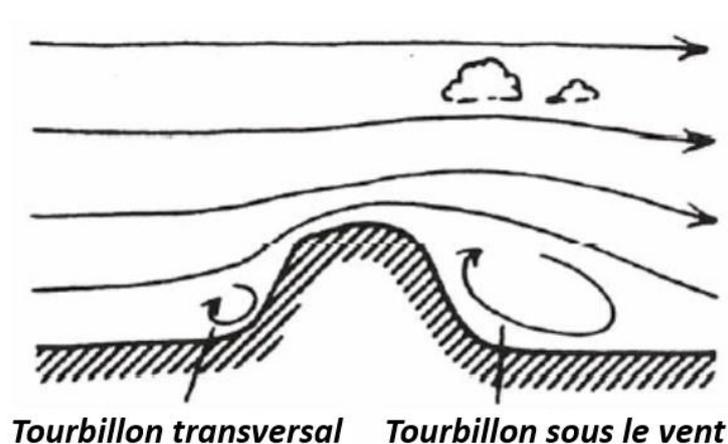
La répartition des précipitations dans la zone du projet minier suit deux tendances principales :

- Une diminution des précipitations du sud au nord à mesure que la saison humide progresse, avec l'augmentation de la distance par rapport à l'équateur

Un vent d'ouest en est diminue au fur et à mesure que les vents les plus humides soufflent du sud-ouest et que les niveaux d'humidité diminuent avec la distance de la côte

Étant donné que les vents convergent vers la ZCIT, la position de la ZCIT régit le régime des vents dans la zone d'étude de la mine. Pendant la saison sèche, la ZCIT se trouve au sud, avec des vents de nord-est balayant la chaîne de Simandou. Pendant la saison humide, la position de surface de la ZCIT se déplace vers le nord, ce qui entraîne des vents de sud-ouest, au moins dans la basse atmosphère. La structure verticale de la ZCIT est telle que dans la masse d'air supérieure, qui descend souvent au niveau du sommet de la chaîne de Simandou, les vents proviennent la plupart du temps du nord-est. Les influences ou déclencheurs additionnels tels que la convection, les ondes d'est et la topographie se superposent à ce mécanisme fondamental.

La hauteur et la forme de la chaîne de Simandou sont également des facteurs qui influencent les microclimats rencontrés aux différents endroits de ses versants. Par exemple, le versant sous le vent (abrité) de la crête peut subir les effets d'un vent tourbillonnant (comme le montre la Figure 9.3) où la direction du vent s'inverse sur le versant sous le vent de la crête et remonte doucement la pente dans la direction opposée au vent en altitude. Ce flux d'air en pente ascendante, combiné à l'humidité de la forêt en contrebas, contribue à la formation du brouillard fréquemment observé sur les versants ouest de la crête de Simandou.



REMARQUES :

1. Source : Fullwood et Johnson, 2008.

Figure 9.3 Représentation schématique de la formation des vents tourbillonnants¹

Dans ces régimes globaux, les mécanismes des précipitations pendant les saisons humide et sèche peuvent être décrits comme suit.

¹ Pour la chaîne de Simandou, l'effet de « rotor » important se produit lorsque des vents d'est créent un vent tourbillonnant sur le versant ouest de la chaîne.

9.2.4.1 Précipitations lors de la saison humide

La principale source d'humidité en saison humide est le vent de sud-ouest provenant du golfe de Guinée, alors que la ZCIT se déplace vers le nord au-dessus de la chaîne de Simandou. L'air humide de la mousson est généralement confiné dans la basse troposphère² et pourrait donc voir sa progression à l'intérieur des terres entravée par des obstacles montagneux. Cependant, l'étroite chaîne de Simandou, alignée du nord au sud, aurait peu d'impact sur la progression vers le nord, car elle présente, au plus, une barrière oblique aux vents dominants.

Vers la limite nord de la bande de mousson (équivalent au début et à la fin de la saison humide), la convection est un déclencheur majeur de pluie. Bien que les hautes terres puissent favoriser la convection, les averses de convection se développent largement, quelle que soit la topographie, et se déplacent habituellement dans la zone d'étude depuis l'est au lieu de se développer in situ.

Dans la partie la plus nuageuse durant la saison humide, la convection est moins importante, car le couvert nuageux réduit le réchauffement de la surface des terres. À ce moment-là, une grande partie des précipitations est générée par une ascension plus lente, mais plus étendue de l'air, probablement liée à la position et à la force d'un ou de plusieurs noyaux de vents forts (le courant-jet d'est africain et peut-être le courant-jet d'est tropical) dans la troposphère moyenne et supérieure (Rio Tinto, 2012). La topographie est encore une fois principalement un facteur de modification plutôt qu'une cause principale de pluie. En particulier, les perturbations de la pression de la troposphère moyenne appelées « ondes d'est » transportent périodiquement des impulsions de précipitations accrues d'est en ouest dans la zone d'étude. La chaîne de Simandou est susceptible d'avoir une influence modificatrice à mesure que ces ondes passent.

9.2.4.2 Précipitations lors de la saison sèche

Durant la saison sèche, les vents proviennent principalement de l'est et du nord-est et de l'intérieur plus sec à tous les niveaux de la troposphère. Il n'y a donc pas de source d'humidité importante. En outre, l'atmosphère lors de la saison sèche est très stable. Cela signifie que le profil vertical de l'atmosphère limite le soulèvement et il faut un mécanisme de contre-attaque fort pour perturber cette stabilité. Généralement, la convection localisée est le seul mécanisme capable de le faire et cela nécessite encore suffisamment d'humidité pour produire des nuages et des pluies. La chaîne de Simandou améliore la convection parce que le sommet est chauffé par le soleil à une température similaire à la surface du plateau qui se trouve en dessous. En plus de générer des courants ascendants au-dessus du sommet de la crête, cela attire également le flux d'air local vers le haut des versants.

Comme l'humidité est faible dans l'Harmattan, la source probable d'humidité pour les précipitations de la saison sèche est l'évapotranspiration³ de la surface végétalisée. La différence de couverture végétale à l'est et à l'ouest de la chaîne de Simandou a une incidence importante sur l'humidité dans l'atmosphère. L'atmosphère de la couche superficielle au-dessus de la forêt à l'ouest reste très humide tout au long de l'année et la forêt semble être la principale source d'humidité du brouillard matinal qui recouvre fréquemment les versants ouest, même pendant la saison sèche.

Parfois, pendant la saison sèche, la convection locale est suffisante pour perturber les conditions stables. Il est probable que ces occasions ne se produisent que lorsque le vent d'est sera relativement léger, ce qui permettra aux courants d'air locaux qui remontent les versants ouest de prendre plus facilement le dessus sur le vent d'est dominant. Les vents plus légers donnent également plus de temps à l'air à l'ouest de la crête pour absorber l'humidité de la forêt avant d'être soulevé par l'effet rotor.

² Couche la plus basse et la plus dense de l'atmosphère, s'étendant sur 10 à 20 km de haut.

³ Évapotranspiration : retour de l'humidité dans l'air par évaporation du sol et transpiration par les plantes.

9.2.4.3 Formation de brume et brouillard

De la brume et des nuages bas sont observés sur le versant ouest de la chaîne de Simandou quasiment tous les matins, car l'air humide est soulevé dans l'air plus frais au-dessus de la chaîne et refroidit sous son point de saturation, ce qui entraîne de la condensation. Lorsque la température augmente pendant la journée, le brouillard de montagne s'évapore généralement vers la fin de la matinée, puis se reforme le lendemain matin en fonction des conditions. Pendant la saison sèche, les vents tourbillonnants sur le versant ouest de la chaîne de Simandou causés par l'Harmattan (vent de nord-est) poussent l'air humide au-dessus de la forêt dans l'air plus frais au-dessus, entraînant la formation de brume et de nuages bas. Pendant la saison humide, les vents de sud-ouest poussent l'air humide qui se trouve au-dessus de la forêt vers le haut de la montagne, entraînant à nouveau de la condensation et la formation de brume et de nuages bas.

9.2.5 Récapitulatif des observations météorologiques

Cette section fournit un récapitulatif des données utilisées dans le rapport de Phase 1 de l'UKMO. Ce rapport comprenait des données recueillies jusqu'en 2008. Des commentaires sont également fournis sur les données recueillies après 2008 et sur les changements observés entre les deux ensembles de données.

9.2.5.1 Vitesse et direction du vent

Comme c'est généralement le cas dans un environnement tropical, la vitesse du vent est relativement faible partout. Les mesures de la vitesse du vent sur le site élevé de Dabatini montrent des vitesses de vent élevées par rapport aux sites plus bas comme Mandou et Mafindou. Les données de Dabatini montrent une direction dominante du vent d'est à nord-est, avec peu d'occurrences de vents de sud-ouest. Cela est probablement dû au fait que la station de surveillance est plus exposée aux vents de niveau supérieur qui sont dominés par la structure de la ZCIT, où les vents proviennent la plupart du temps du nord-est.

Les vents plus légers enregistrés à Mandou sont probablement dus à l'influence de la chaîne de Simandou qui protège le site des vents plus forts. Pendant la saison sèche, lorsque les vents proviennent davantage du nord-est, les vents tourbillonnants formés sur le versant sous le vent de la chaîne de Simandou semblent représenter un léger vent de sud-ouest inversé, tandis que pendant la saison humide, les vents semblent provenir du sud-ouest.

Les vitesses du vent enregistrées à Mafindou sont plus faibles que prévu étant donné l'altitude de la station entre Mandou et Dabatini. Les vitesses plus faibles mesurées peuvent être dues à la vallée à l'ouest de Mafindou qui semble « canaliser » le vent autour de la position élevée où se trouve Mafindou en présence de vents de nord-est. Lorsque le vent provient du sud-ouest, Mafindou est probablement protégé par la chaîne de Simandou à 10 km à l'ouest.

Comme c'est typiquement le cas dans des conditions de vent faible sur les sites où il y a peu de forçage topographique, la direction du vent varie énormément.

9.2.5.2 Température

En accord avec le type de climat équatorial, il y a peu de variation de température tout au long de l'année dans le sud-est de la Guinée. Les températures diurnes maximales les plus basses (27 °C) surviennent pendant le pic de la saison humide, c.-à-d. en août, lorsque les nuages sont les plus abondants. Les températures maximales quotidiennes les plus élevées surviennent en mars (32 °C à 34 °C), lorsque les nuages sont largement absents et que le soleil est le plus haut dans le ciel.

9.2.5.3 Précipitation

La chaîne de Simandou a une pluviométrie annuelle moyenne relativement élevée d'environ 1 700 mm, avec une saison humide d'environ huit mois, de mars à octobre. Les précipitations ont généralement un profil en dents de scie tout au

long de l'année, augmentant progressivement de mars à juillet, culminant en août et diminuant à partir de septembre. Les orages résultent généralement d'une forte convection et sont marqués par des averses courtes et intenses qui se produisent souvent au début et à la fin de la saison humide. Les pluies plus prolongées, mais moins intenses, sont typiques de la mi-saison. Bien que les pluies surviennent surtout pendant la saison humide, elles peuvent aussi parfois survenir pendant la saison sèche.

Une relation a été trouvée entre les précipitations annuelles et l'aspect de la chaîne de Simandou, qui s'étend du nord au sud, avec des pluies plus importantes à l'ouest de la chaîne qu'à l'est. Cependant, aucune relation simple n'a été trouvée entre les précipitations annuelles et l'altitude des sites, car les précipitations les plus importantes n'ont pas été consignées sur les sommets, mais sur les versants supérieurs orientés ouest. Cependant, en comparant les données de la saison humide et de la saison sèche, il semble exister pour la saison sèche une relation avec les altitudes plus élevées, où les précipitations étaient légèrement plus importantes.

9.2.5.4 Humidité relative

Les données fiables sur l'humidité relative enregistrées jusqu'en 2008 étaient limitées. Au vu des données étudiées jusqu'à début 2011, une relation entre la saison humide et la saison sèche ressort clairement l'humidité relative suivant les pluies. Comme prévu, le passage aux vents secs de l'Harmattan entraîne une humidité relative beaucoup plus faible que pendant la saison humide.

9.2.5.5 Données postérieures à 2008

Les stations de surveillance météorologique ont continué de recueillir des données et une comparaison des rapports de données antérieurs et postérieurs à 2008 a confirmé les mêmes tendances dans chaque ensemble.

9.3 Méthodes d'évaluation

9.3.1 Cadre juridique et normes en vigueur

Le cadre législatif et réglementaire général du Projet est décrit à l'Annexe 1C - Législation, normes et cadre administratif. Aucune législation guinéenne spécifique aux impacts climatiques locaux n'a été identifiée au cours de l'évaluation. En l'absence d'exigences réglementaires nationales spécifiques, des normes internationales et d'entreprise ont été prises en compte et appliquées. Les normes pertinentes sont énumérées ci-dessous :

- Principes de l'Équateur IV (Equator Principles Association, 2020)
- Directive du Conseil international des mines et des métaux (CIMM), *Adapting to a Changing Climate - Building Resilience in the Mining and Metals Industry* (ICMM, 2019)
- Norme de contrôle de la qualité de l'air E12 de Rio Tinto (Rio Tinto, 2017)
- Recommandations du Groupe de travail sur l'information financière relative aux changements climatiques (TCFD, 2021)

Les Principes de l'Équateur IV exigent d'un promoteur qu'il évalue les risques liés au changement climatique dans le cadre de l'EIES. L'évaluation des risques liés au changement climatique devrait être alignée sur les catégories de risque physique climatique et de risque de transition climatique du TCFD (2021). Pour les projets de catégorie A tels que la mine et l'embranchement ferroviaire de Simandou (tels que définis par la catégorisation des Principes de l'Équateur) avec des émissions de gaz à effet de serre (GES) de Type 1 et de Type 2 combinées supérieures à 100 000 tonnes d'équivalents de dioxyde de carbone (t-CO₂eq), l'évaluation des risques liés au changement climatique devrait tenir compte des risques physiques et de transition pertinents tels que définis par le TCFD.

Le cadre du TCFD (2021) identifie les catégories suivantes de risques de transition :

- Politique et justice
- Technologie
- Marché
- Réputation

Le TCFD (2021) dissocie également les risques physiques aigus des risques physiques chroniques et fournit les exemples suivants :

- Risque aigu
 - Gravité accrue des phénomènes météorologiques extrêmes comme les cyclones et les inondations
- Risque chronique
 - Changements dans les régimes de précipitations et variabilité extrême des régimes météorologiques
 - Températures moyennes en hausse
 - Montée du niveau de la mer

Une évaluation des risques physiques liés au changement climatique est présentée à l'Annexe 9B et résumée dans le présent chapitre. Rio Tinto Simfer continuera d'évaluer les risques de transition liés au changement climatique de l'ensemble du Projet dans le cadre de l'initiative d'évaluation des risques liés au changement climatique de Rio Tinto.

Un projet dépassant le seuil de 100 000 t-CO₂éq doit également effectuer une analyse des alternatives qui évalue les alternatives permettant d'émettre moins de GES. Cette analyse est présentée au Chapitre 3 - Alternatives.

Les directives de l'ICMM identifient les principaux thèmes définis par les sociétés membres en rapport avec les impacts du changement climatique sur les exploitations, décrivent les risques et opportunités commerciales liés au changement climatique, et fournissent des directives sur la gestion de ces risques pour maintenir une activité résiliente.

La norme de contrôle de la qualité de l'air de Rio Tinto exige que la société intègre la résilience climatique et renforce ses capacités (Rio Tinto, 2017).

9.3.2 Valeur des ressources et sensibilité des récepteurs

Le Tableau 9.1 présente la sensibilité des récepteurs qui peuvent être affectés par la ressource touchée (pluie et brouillard) ou, pour les effets du changement climatique sur le Projet, la sensibilité du récepteur (le Projet).

Tableau 9.1 Valeur des ressources et sensibilité des récepteurs

Récepteur / ressource	Description	Sensibilité / Valeur
Écosystèmes locaux	Les écosystèmes locaux comprennent la forêt de Boyboyba située sur le versant sous le vent du gisement d'Ouéléba, qui est un habitat essentiel. Ainsi, les écosystèmes locaux sont considérés comme sensibles aux impacts.	Élevée
Agriculture	Les communautés locales dépendent fortement de l'agriculture, qui peut être affectée par les changements de précipitations.	Élevée
Ressources hydriques pour l'approvisionnement local	Les aquifères souterrains locaux sont très sensibles parce qu'ils constituent la principale source d'eau des communautés locales.	Élevée
Projet	La sensibilité du Projet au changement climatique mondial est dans une certaine mesure sous l'influence de Rio Tinto Simfer si des mesures sont prises dans la conception et l'exploitation du Projet pour accroître sa résilience au changement climatique. D'autres adaptations peuvent être apportées, si nécessaire.	Modérée

La valeur de la ressource est reconnue comme étant importante en raison du rôle que jouent la pluie et le brouillard dans le soutien des écosystèmes, de l'agriculture et des ressources hydriques pour l'approvisionnement local.

9.3.3 Prévision et évaluation des impacts

Une combinaison d'analyses quantitatives et plus qualitatives a été utilisée pour éclairer l'étude d'impacts sur le climat local. La méthodologie suit l'approche générale décrite au Chapitre 1 - Introduction :

- Comprendre les conditions météorologiques de base pour la zone de la mine
- Prévoir et évaluer les changements potentiels dans ces conditions de base qui résulteront des activités minières
- Lorsque des impacts significatifs sont identifiés, identifier les mesures que le Projet prendra pour éviter, réduire, atténuer ou compenser ces impacts

Les études visant à caractériser la météorologie de base de la zone sont décrites à la section 9.2 et des détails supplémentaires sont fournis à l'Annexe 9A - Référence climatique locale.

9.3.3.1 Modélisation du climat local

Une modélisation du comportement climatique avant et après l'exploitation minière a été effectuée pour prédire les effets de l'exploitation minière sur l'ampleur des précipitations et la fréquence d'apparition du brouillard.

Les prévisions météorologiques numériques, associées aux progrès de la puissance de calcul, ont suffisamment progressé pour que la simulation de l'atmosphère à mésoéchelle⁴ soit maintenant bien développée. Plusieurs modèles informatiques sont disponibles à cette fin et sont utilisés pour de nombreuses applications, telles que les prévisions météorologiques et de pollution atmosphérique. Le modèle utilisé dans la présente évaluation (le modèle unifié) a été appliqué dans des simulations antérieures à haute résolution en orographie⁵ modérée (comme celle du Royaume-Uni), en situation maritime ou en régimes météorologiques de latitude moyenne. Il utilise les connaissances les plus récentes de la dynamique atmosphérique, des modèles de circulation générale et des modèles météorologiques à l'échelle locale

⁴ Le mésoclimat est le climat qui règne dans une petite région, comme la crête de Simandou et ses environs. Ce terme est utilisé de façon interchangeable avec l'expression « climat local » dans ce chapitre. Le terme « microclimat » est utilisé pour désigner un site particulier plus local, comme une habitation ou un petit lac.

⁵ L'orographie est la géographie des montagnes et des chaînes de montagnes. L'orographie peut affecter le mouvement de l'air dans l'atmosphère et peut donc influencer les conditions météorologiques.

pour évaluer les impacts potentiels du mésoclimat découlant de développements comme celui-ci où l'exploitation minière entraînera un changement de topographie. Il est également utilisé pour fournir des prévisions météorologiques opérationnelles dans le monde entier. Il s'agit donc d'un modèle éprouvé et compris. Il peut être utilisé avec des grilles « imbriquées » pour zoomer sur des zones spécifiques d'intérêt particulier, chaque domaine de modèle successif dans l'imbrication couvrant une zone plus petite avec une plus grande résolution spatiale. Le modèle unifié a été utilisé pour modéliser les changements des variables météorologiques dans la zone d'étude de la mine à mesure que le profil de la crête change, pour des épisodes de pluie et de brouillard historiques spécifiques de durées variables et avec des résolutions spatiales variables.

L'UKMO a appliqué une approche par étapes pour tester l'applicabilité du modèle à la zone d'étude d'après sa topographie complexe et son climat tropical, puis pour prédire l'ampleur probable du changement. Les phases de travail comprenaient :

- Phase 1 - compréhension du climat et des mécanismes actuels
- Phase 2 - modélisation numérique pour valider le principe et évaluation initiale des impacts climatologiques potentiels de l'exploitation minière dans la chaîne de Simandou
- Phase 3 - étude de modélisation numérique étendue des impacts de l'exploitation minière, y compris vérification du modèle

Le présent chapitre résume les travaux menés par l'UKMO de 2008 à 2010, tels que décrits dans les rapports énumérés ci-dessous. Les travaux de l'UKMO ont été examinés pour le compte du Projet par un expert indépendant, feu David Gimes (professeur de météorologie africaine à l'Université de Reading, Angleterre).

- Rapport de Phase 1 (Fullwood et Johnson, 2008)
- Rapport de Phase 2 (Vosper et Webster, 2008)
- Rapport de Phase 3 (Webster et al., 2010)
- Rapport de vérification (Johnson, 2010)

Dans les travaux de l'UKMO, les définitions suivantes de la variabilité sont utilisées.

- **Variabilité naturelle** - Il s'agit des écarts interannuels au sein du climat qui découlent de la variabilité inhérente des systèmes météorologiques à l'échelle mondiale à régionale (p. ex., la mousson), des oscillations naturelles (p. ex., El Niño) ou de facteurs externes comme les fluctuations du rayonnement solaire.
- **Variabilité d'exécution intermodèle** - Résultant de fluctuations chaotiques qui se produisent en raison des relations non linéaires entre les variables dans le système de modèle. Lorsque l'on modélise les complexités inhérentes à l'atmosphère, même de minuscules différences dans les conditions initiales peuvent conduire à des divergences dans les résultats du modèle, en particulier à mesure que les séquences d'exécution du modèle s'allongent. Une certaine divergence est inévitable dans ce type de modélisation, même si les résultats sont précis dans les limites des capacités du modèle et même si l'on a une bonne compréhension de ses performances. Cette variabilité reflète également l'atmosphère réelle. Elle peut être réduite par des séquences d'exécution de modèle répétées du même scénario, pour construire un ensemble de données statistiques plus puissant.

9.3.3.2 Modélisation du changement climatique mondial

Cette évaluation des impacts du changement climatique sur le Projet est étayée par une évaluation plus détaillée présentée à l'Annexe 9B - Évaluation du changement climatique, qui est elle-même fondée sur les modèles climatiques mondiaux (MCM) présentés dans le Sixième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (RE6, GIEC, 2021). Les MCM sont une classe de modèles informatisés pour la prévision météorologique, la compréhension du climat et la projection du changement climatique.

Bien que les données historiques observées puissent servir à étudier les tendances, on fait le plus souvent appel aux MCM pour générer des données afin d'étudier comment les variables météorologiques clés (par exemple, température et pluie) sont susceptibles de changer à l'avenir à l'échelle mondiale ou continentale. L'analyse se fondait sur les données NEX-GDDP-CMIP6 (Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections) de la NASA.

À partir de ces MCM, la modélisation du changement climatique du Projet a été réalisée à l'aide d'une compilation des MCM disponibles et en les analysant à l'aide d'un script spécialement conçu par SRK Consulting (UK) Limited (SRK) avec le logiciel R. Les résultats de l'analyse fournissent une estimation du changement escompté des différents paramètres climatiques d'un endroit précis, en l'occurrence la zone du projet de Simandou, par rapport aux conditions de base.

9.3.4 Évaluation de l'importance

L'importance des impacts est évaluée selon l'approche standard présentée au Chapitre 1 - Introduction et illustrée dans le Tableau 9.2.

Tableau 9.2 Évaluation de l'importance

Valeur de la ressource		Ampleur de l'impact			
		Négligeable	Faible	Modérée	Élevée
		Dans la plage normale de variation journalière	Différence perceptible par rapport aux conditions initiales	Changement évident par rapport aux conditions initiales	Changement suffisant pour être dominant par rapport aux conditions initiales
Négligeable	Aucune valeur ou importance spécifique	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable
Faible	La ressource est localement valorisée/importante	Négligeable	Négligeable	Mineure	Modérée
Modérée	Ressource d'importance régionale/nationale	Négligeable	Mineure	Modérée	Majeure
Élevée	Ressource d'importance nationale/internationale	Négligeable	Modérée	Majeure	Majeure

9.4 Étude d'impacts

9.4.1 Activités du Projet et impacts potentiels

Les interactions potentielles entre le Projet et le climat local ont été prises en compte pour les trois phases du développement (construction, exploitation et fermeture). Les impacts suivants ont été identifiés comme justifiant une évaluation :

- Impacts sur le climat local et effets ultérieurs sur les écosystèmes, l'agriculture et les ressources en eau à l'échelle locale en raison de l'abaissement du profil de la crête
- Impacts du changement climatique mondial sur le Projet

Ces impacts sont décrits plus en détail dans les sections qui suivent.

9.4.2 Impacts sur le climat local dus aux modifications du profil de la crête

L'exploitation minière modifiera le profil de la crête de Simandou, réduisant ainsi les crêtes de Pic de Fon et d'Ouéléba. À Ouéléba, la crête sera réduite en un point, d'un maximum de 200 m, la plus grande partie de la crête descendant d'environ 100 m à 120 m. Pour la crête de Pic de Fon, le plan de mine de 2012 est en cours d'optimisation et les impacts de la réduction de la crête seront évalués avant le début de l'exploitation minière. En plus de la réduction de la hauteur

de la chaîne, de nouveaux reliefs seront créés par la construction d'installations de stockage de stériles près de la mine à ciel ouvert. Les changements surviendront sur une période d'environ 30 ans. Ce point est décrit plus en détail au Chapitre 14 : Paysage et cadre de vie.

Il est important de noter que les travaux de modélisation entrepris par l'UKMO ont été réalisés à l'aide de plans de mine préparés en 2008. Les résultats des travaux de modélisation indiquent que les changements apportés au plan de mine n'ont pas d'incidence significative sur les résultats du modèle. La section 9.4.8 décrit les modifications ultérieures apportées au plan de mine. Les Figures 9.4 et 9.5 montrent le profil final prévu en 2008 (Mine après étude de faisabilité préliminaire - en rouge) et les plans de mine de 2012 (Mine après évaluation technique préliminaire - en blanc). Les différences entre le profil original et le profil prévu de crête représentent un changement relativement faible, et la nature et l'échelle globale des modifications apportées aux crêtes restent très semblables à celles décrites et analysées dans les études de l'UKMO.

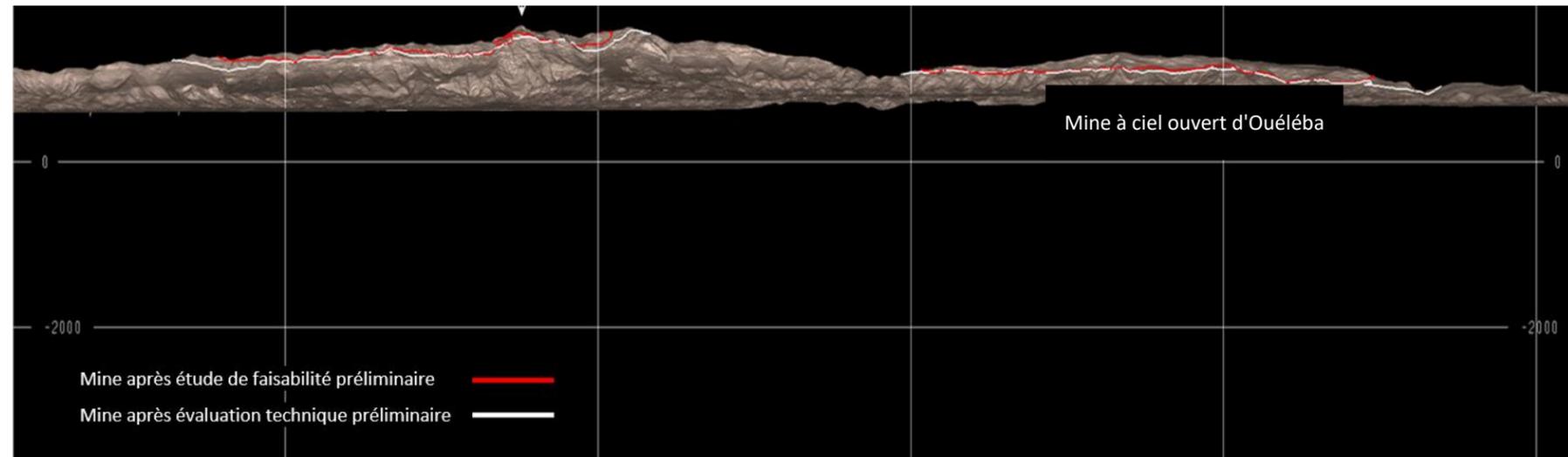


Figure 9.4 Modifications de profil prévues (vers l'ouest)

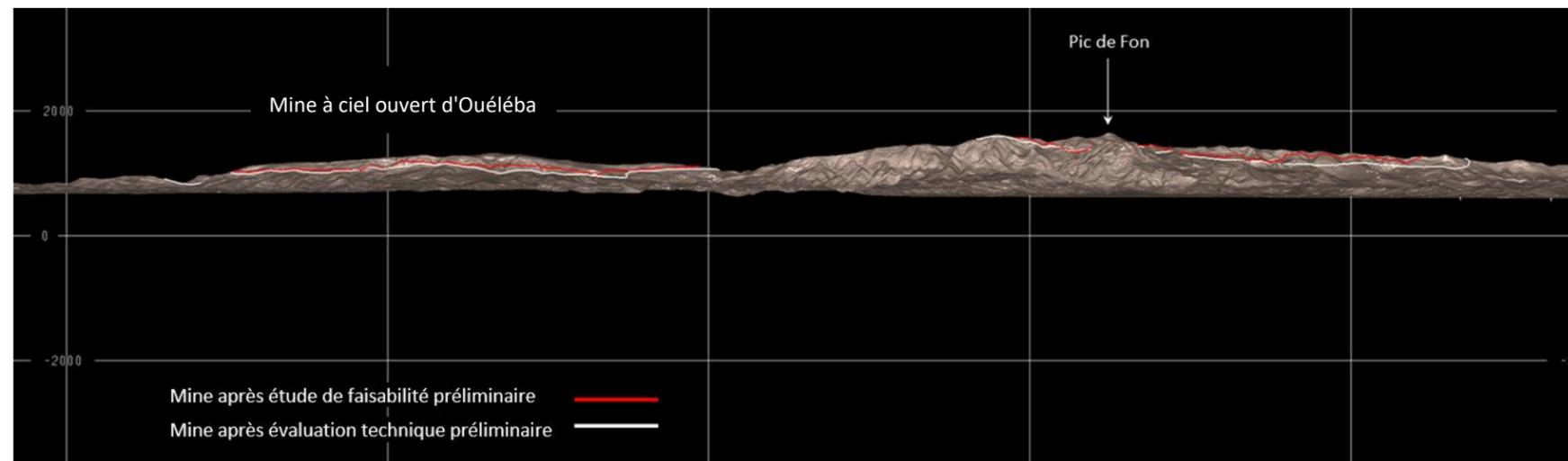


Figure 9.5 Modifications de profil prévues (vers l'est)

En principe, l'abaissement de la hauteur de la chaîne de Simandou affaiblit la barrière qu'elle oppose à l'Harmattan (vent sec), bien que l'échelle de l'exploitation minière proposée représente une faible portion de la chaîne dans son ensemble. Il est possible que l'air au-dessus du plateau à l'ouest de Simandou devienne moins humide en saison sèche, avec une réduction conséquente, à cet endroit, de l'occurrence des pluies durant la saison sèche et des impacts correspondants sur la végétation. La réduction de la hauteur de la crête pourrait également réduire la préférence de la convection localisée à se développer sur la crête plutôt qu'ailleurs, réduisant ainsi les précipitations durant la saison sèche sur la crête elle-même.

La modification de la forme de la crête est susceptible d'avoir un impact sur le courant du vent qui passe au-dessus, ce qui, à son tour, est susceptible de modifier les endroits les plus exposés au brouillard de montagne. Les observations locales suggèrent que le brouillard de montagne durant la saison sèche sur les versants ouest a tendance à s'écouler, de préférence, dans les cols le long de la chaîne de Simandou. L'ajout ou l'élargissement d'un col par l'exploitation minière peut rendre la zone couverte par les activités minières plus sujette au brouillard de montagne. Il n'est pas certain que cela se ferait au détriment d'une réduction du brouillard sur les versants supérieurs, au-dessus du col.

9.4.2.1 Phase 2 - Validation de principe

La Phase 1 de l'évaluation exigeait une compréhension des conditions climatiques locales de base, et celles-ci sont examinées à la section 9.3 ci-dessus ainsi qu'à l'Annexe 9A - Référence climatique locale. La Phase 2 comportait une modélisation détaillée de la météorologie dans deux études de cas, avec et sans l'excavation proposée. L'objectif était de tester si le modèle pouvait simuler les processus météorologiques autour de la chaîne de Simandou et identifier les changements dus à l'excavation proposée.

Les recherches menées dans le cadre de la Phase 2 se sont concentrées sur le degré de concordance entre le modèle et les observations des pluviomètres. Il est souligné qu'en raison de la nature chaotique des précipitations convectives, le modèle doit être basé sur des scénarios probables et a donc été programmé pour produire environ la bonne quantité de pluie au bon endroit à peu près au bon moment de la journée. Afin de réduire la variabilité spatiale résultant de cette nature chaotique, les résultats des précipitations observées et modélisées ont été moyennés sur une plus grande superficie.

Configuration du modèle

Le travail consistait à établir un modèle local comprenant une série de modèles imbriqués, en se concentrant progressivement sur la zone d'étude de la mine en augmentant la résolution spatiale horizontale par étapes, de la plus basse (40 km) à la plus haute (1 km ou 333 m). La résolution verticale était la plus fine dans la couche limite, diminuant doucement avec la hauteur à travers 76 niveaux de la plus basse hauteur (5 m au-dessus du sol) à la plus grande hauteur (40 km au-dessus du sol). Ces résolutions verticales et spatiales étaient suffisantes pour « voir » l'excavation minière proposée, qui a des dimensions horizontales d'environ 1 km sur 7 km et une profondeur maximale d'environ 380 m⁶. Le rythme d'exécution des modèles dépend de la résolution spatiale, la résolution temporelle la plus fine étant de cinq secondes pour la résolution spatiale la plus fine de 333 m.

Sélection des séquences d'exécution du modèle de validation de principe

Comme nous l'avons vu à la section 9.2, en plus de décrire le climat régional et local, la Phase 1 a également tenu compte de la sélection des dates d'étude pour la modélisation de validation de principe entreprise à la Phase 2. Deux exemples ont été choisis, un pour la saison humide et l'autre pour la saison sèche.

⁶ . La Phase 2 de l'étude a permis de modéliser la zone minière de Pic de Fon, car seule cette zone était suffisamment détaillée dans les plans miniers à l'époque.

Pour la modélisation de validation de principe, l'épisode pluvieux de saison sèche a été choisi là où des précipitations localisées dues à la formation de nuages convectifs et au brouillard matinal se sont produites sur les versants ouest. L'épisode pluvieux du 27 janvier 2005, au cours duquel une averse torrentielle à Dabatini a provoqué 37,7 mm de pluie et tous les autres sites n'ont enregistré aucune pluie ce jour-là, a été sélectionné.

Pour la modélisation de validation de principe, l'épisode pluvieux de saison humide a été choisi à une date à laquelle de fortes pluies ont été enregistrées pour tous les sites, mais avec différentes quantités de précipitations. Le 2 avril 2007 a été choisi pour la modélisation de la saison humide, car c'est la date pour laquelle on dispose de la plus grande quantité de données d'observations, ce qui permet d'accorder une plus grande confiance à la validation de principe.

Résultats de la Phase 2

L'objectif principal de la Phase 2 était d'évaluer si les solutions sont physiquement réalistes. On a testé ce résultat en comparant les résultats du modèle pour l'orographie de contrôle (c.-à-d. non modifiée par des excavations) avec des observations de précipitations sur le terrain afin d'évaluer l'exactitude du modèle. Les simulations avec l'orographie modifiée par l'exploitation minière ont ensuite été comparées aux simulations de contrôle.

Scénario du 27 janvier 2005 durant la saison sèche

Pour la simulation de contrôle de la saison sèche, jusqu'à environ 40 mm de pluie sont tombés sur le pic, avec des quantités plus élevées jusqu'à 70 mm sur le versant ouest de la crête. À la résolution la plus fine du modèle, seules de petites quantités de pluie ont été prédites sur Mandou et Mafindou, avec respectivement des totaux de 3,5 et 0,15 mm, et 35 mm pour Dabatini. Ces résultats concordaient avec les mesures effectuées sur le terrain pour les stations disponibles de Dabatini, Mandou et Mafindou. Dabatini sur le sommet de la crête a enregistré des précipitations importantes le 27 janvier, avec un total de 37,7 mm mesurés entre 1800 et 1930 UTC⁷. Les pluviomètres de Mandou et Mafindou n'ont relevé que 0,1 mm chacun.

Lorsque le modèle a été réexécuté avec l'orographie modifiée, les régimes de flux d'air et pluviométriques prévus n'ont montré aucune différence significative.

La simulation de contrôle a également prédit un orage isolé sur l'extrémité sud de la chaîne de Simandou, avec des précipitations de plus de 100 mm. Comme il n'y avait pas de pluviomètre dans cette zone, aucune comparaison n'a été possible. La réexécution du modèle à l'aide du profil miné était sensiblement différente du scénario de contrôle. Dans le scénario de contrôle, l'épisode pluvieux était associé à des cellules de convection, mais il n'y a pas de lien clair entre l'extrémité sud de la crête et les cellules de convection. Par conséquent, il n'est pas certain qu'il existe un lien entre le changement d'orographie et l'évolution des précipitations.

Pour tester la sensibilité du modèle, une paire supplémentaire de séquences d'exécution du scénario à profil miné et du scénario de contrôle a été effectuée avec des paramètres d'entrée légèrement modifiés. Dans ce cas, la structure de température n'a été modifiée que de 1° Kelvin. La réexécution du scénario de contrôle a produit des précipitations très similaires à l'extrémité nord de la chaîne, presque identiques à la première exécution du scénario de contrôle. Cependant, l'orage à l'extrémité sud n'a pas été enregistré. Ceci démontre la sensibilité du modèle aux changements mêmes infimes dans les paramètres de départ.

Scénario du 2 avril 2007 durant la saison humide

Pour la simulation de la saison humide, tous les pluviomètres fonctionnels sur les collines ont enregistré des averses. Dans le modèle, les précipitations étaient presque exclusivement limitées à la plaine située immédiatement à l'ouest de la partie nord de la section de Pic de Fon dans la chaîne de Simandou, avec très peu de pluies sur la crête elle-même.

⁷ Toutes les heures sont indiquées en temps universel coordonné (UTC).

Cela contraste avec les observations du 2 avril pour lesquelles les pluviomètres les plus au sud de la crête, Pic de Fon et Foku Est, ont tous deux relevé environ 70 mm de pluie entre 1430 et 1930 UTC, alors que les stations de crête au nord (par exemple, Whisky 6) ont enregistré environ 25 mm de pluie au total. Pour l'épisode sélectionné, la simulation n'a pas réussi à bien représenter les précipitations.

Cependant, l'examen des animations du modèle a montré que les précipitations n'ont donné lieu qu'à un seul épisode entre 1240 et 1330 UTC. Le modèle montre également que la convection déclenchée au-dessus de la crête s'est rapidement développée pour former un nuage profond. À 1240 UTC, le nuage s'étendait sur environ 8 km, le noyau convectif étant situé à environ 5 km à l'ouest de la crête. Les nuages et les précipitations ont été transportés vers l'ouest par le vent dominant et très peu de pluie est tombée sur la crête elle-même. Le modèle avec l'excavation minière n'a eu qu'un faible impact sur l'épisode et le développement du nuage, du moins au niveau qualitatif, était très similaire à celui observé dans la simulation de contrôle. Par conséquent, le changement global de précipitations dans la région de Pic de Fon était faible.

9.4.2.2 Récapitulatif de la Phase 2

La modélisation de la validation de principe de la Phase 2 a démontré que la meilleure résolution du modèle fournissait une représentation raisonnable des épisodes pluvieux sélectionnés. Le modèle a également produit des résultats d'une résolution suffisante pour montrer des changements dans les précipitations résultant de l'exploitation minière sur la crête. Cependant, il a également été démontré que des changements mineurs dans les paramètres de départ ont généré des changements d'une ampleur similaire à celle prévue pour le profil miné.

9.4.2.3 Phase 3 - Modèle numérique détaillé

L'exercice de modélisation de la Phase 2 a permis de s'assurer que l'approche du modèle fournissait une représentation raisonnable des précipitations pour justifier le passage à une troisième étape de travaux.

La Phase 3 de l'étude a pris en compte 15 longues simulations haute résolution sur 24 heures utilisant la toute dernière topographie de mine, telle qu'illustrée sur la Figure 9.6, pour comparer l'impact de la topographie modifiée par l'exploitation minière par rapport à la topographie existante. Neuf des quinze jours modélisés faisaient partie de la saison sèche et six de la saison humide. Les jours modélisés couvraient une large plage de conditions météorologiques et de quantités de précipitations, et appartenaient en plus grand nombre à la saison sèche, car la chaîne de Simandou semble avoir une plus grande influence sur les précipitations pendant la saison sèche que pendant la saison humide.

9.4.2.4 Modifications au modèle pour la Phase 3

Pour la Phase 3, plusieurs modifications ont été apportées à la conception du modèle afin d'améliorer la représentation des paramètres modélisés dans les couches de l'atmosphère les plus proches de la surface de la Terre.

- La hauteur des cellules au niveau le plus bas du modèle de Phase 3 a été réduite pour améliorer le transfert modélisé de chaleur et d'humidité entre la surface de la Terre et l'atmosphère.
- Cette réduction de hauteur a également permis d'améliorer la représentation de l'humidité relative et donc la formation prévue de brouillard et de nuages.
- L'orographie minée, pour l'imbrication qui se trouve la plus à l'intérieur du modèle, reposait sur les dernières données disponibles concernant les courbes de niveau dans l'ensemble de la zone d'exploitation minière, qui comprenaient plus de détails sur l'emplacement et la hauteur des piles de stockage et les emplacements exacts de suppression des crêtes.
- Une puissance de calcul accrue et des algorithmes améliorés dans le modèle lui-même ont également été mis en œuvre pour améliorer les performances générales du modèle.

Les travaux de la Phase 2 ont également démontré la nécessité de réduire la variabilité entre les modèles afin de mieux cerner l'impact direct des changements orographiques. Pour ce faire, une autre stratégie de modélisation avec des séquences courtes a été testée et utilisée lors de la Phase 3.

Cette stratégie consistait à identifier les épisodes pluvieux dans les quinze simulations sur 24 heures du scénario à profil miné et du scénario de contrôle où la convection produisait de la pluie à proximité de la chaîne de Simandou. De nouvelles simulations de ces épisodes, commençant peu de temps (généralement 10 à 30 minutes) avant que la pluie simulée ne tombe sur la crête, ont ensuite été initiées. La variabilité intermodèle a été encore réduite en sélectionnant des épisodes pluvieux dans les simulations de l'orographie originale et de l'orographie minée. L'impact direct des activités minières sur les précipitations, résultant par exemple de la façon dont la crête influe sur le soulèvement du flux d'air ou détourne ce dernier, était alors beaucoup plus évident. Les résultats des simulations sur 24 heures suggèrent que les épisodes individuels de pluies convectives au-dessus de la crête sont généralement de courte durée (de l'ordre d'une heure ou moins).

Afin d'examiner la sensibilité potentielle des résultats au choix de l'heure de début, on a aussi répété des paires de séquences d'exécution choisies en modifiant les heures de début par incréments de 10 minutes pour évaluer la variabilité naturelle.

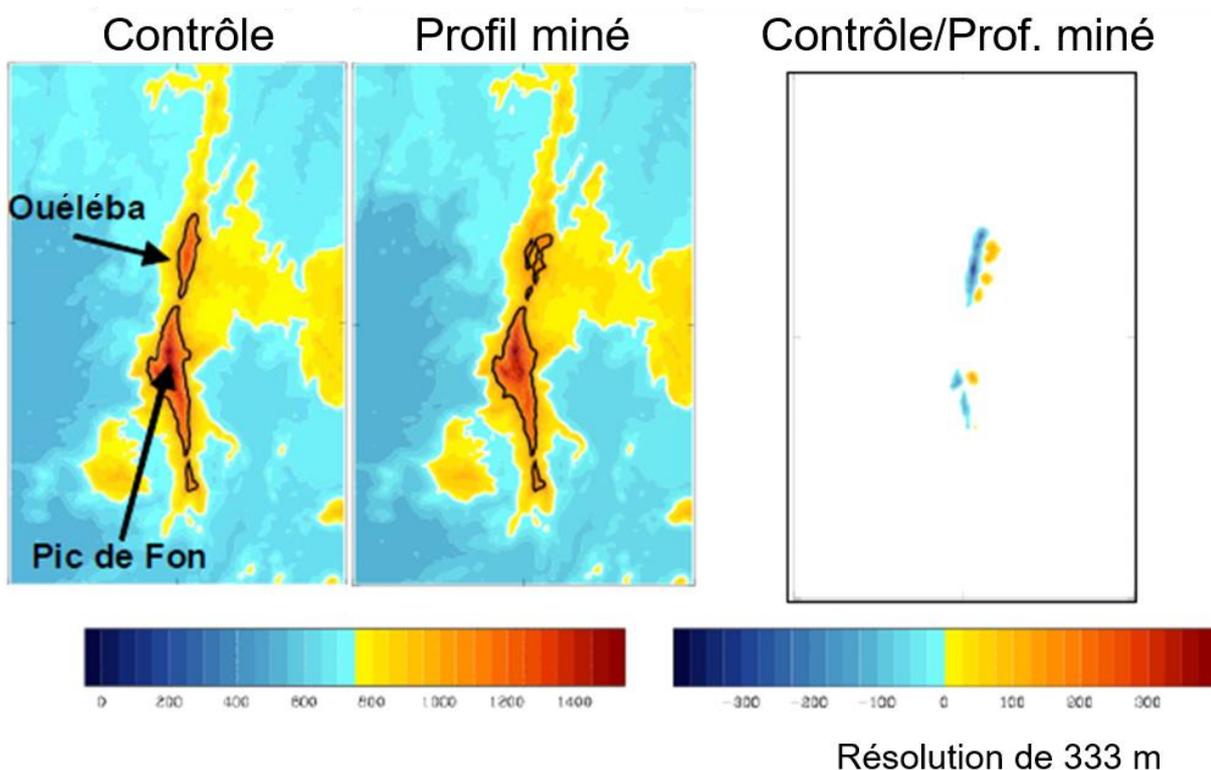


Figure 9.6 Études de cas de la topographie existante par rapport à la topographie modifiée par l'exploitation minière

REMARQUES :

1. La plage de couleur bleue à orange indique l'altitude, l'extrémité gauche étant la plus basse et la couleur orange/rouge la plus haute.

Dans le cadre de la Phase 3, une validation supplémentaire du modèle a été réalisée afin de vérifier son applicabilité à la chaîne de Simandou en comparant les résultats du scénario de contrôle aux données observées, y compris l'imagerie satellitaire. Les détails de l'exercice de validation sont présentés à l'Annexe 9B - Climat local - Validation du modèle.

9.4.2.5 Résultats de la Phase 3

L'objectif principal de la Phase 3 était d'évaluer l'ampleur probable du changement dû à l'exploitation minière des sections d'Ouéléba et de Pic de Fon de la chaîne de Simandou. Au total, 15 paires de séquences longues sur 24 heures et 33 paires de séquences courtes ont été produites au cours de la Phase 3 de l'étude.

Précipitation

La Figure 9.7 montre un exemple type des changements relevés en termes de localisation et de quantités de précipitations sur l'une des journées modélisées. Il ressort clairement de la Figure 9.8 que l'évolution des précipitations dans cette paire de simulations est presque identique. Par exemple, la même zone de précipitations intenses au-dessus d'Ouéléba est évidente à 1750 UTC aussi bien dans le scénario à profil miné que dans le scénario de contrôle (troisième paire de résultats). Un examen plus approfondi révèle qu'il existe de petites différences localisées dans les régimes pluviométriques, en particulier sur le versant ouest (sous le vent) de la crête. Ces petits changements sont probablement dus à l'impact direct de l'exploitation minière sur cet épisode particulier de pluie convective.

La structure des différences dans cette paire de courtes simulations suggère que l'impact de l'exploitation minière modifie les régimes pluviométriques par rapport à ceux qui découlent d'une variabilité naturelle. Il convient toutefois de noter que le fait que de petites différences de précipitations subsistent en dehors de la zone d'extraction donne à penser que ces différences contiennent encore une composante de changement due au développement chaotique du flux d'air.

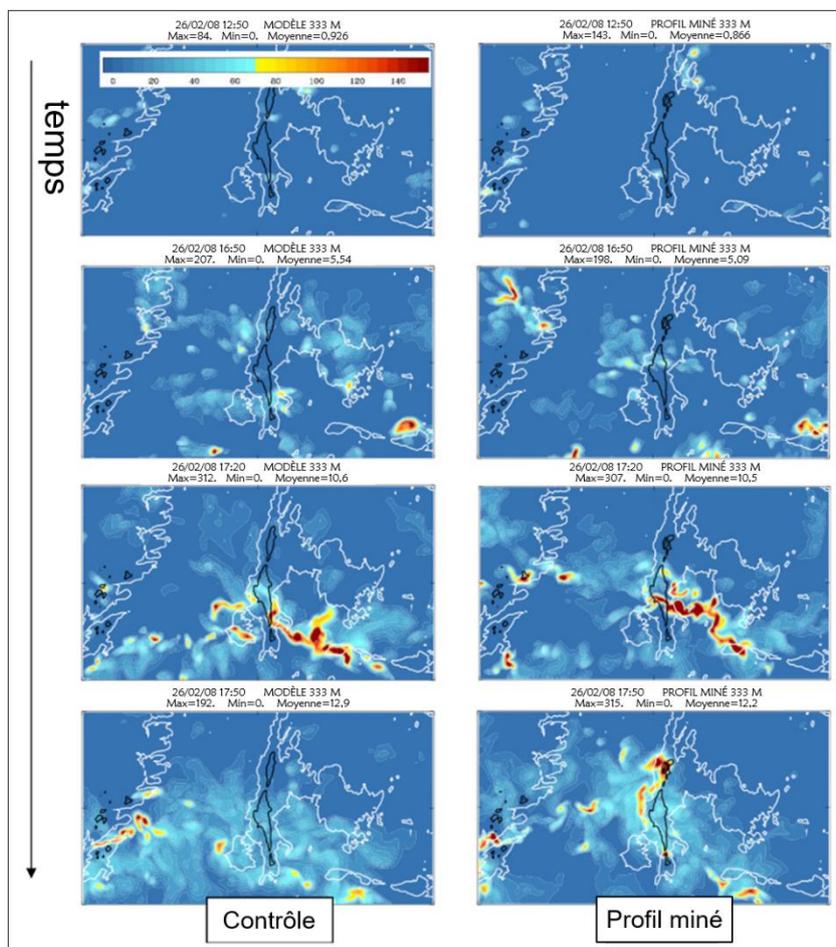


Figure 9.7 Exemples d'évolution prévue des précipitations en raison des changements orographiques dans la zone minière

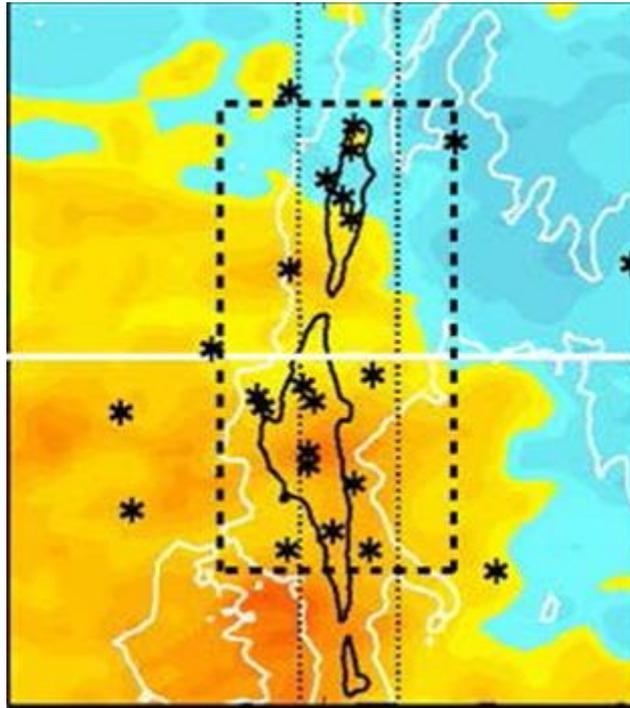


Figure 9.8 Zones utilisées pour vérifier les précipitations moyennes par zone

REMARQUES :

1. Descriptions des zones de pluie : grande zone = toute la zone ; petite zone = zone dans le rectangle en pointillés épais ; zones d'Ouéléba/Pic de Fon = au nord et au sud de la ligne blanche horizontale ; zone de crête centrale = zone entre les lignes verticales en pointillés ; contour à 1 050 m d'altitude = ligne noire pleine et courbe ; et contour à 750 m d'altitude = ligne blanche pleine et courbe.

Les variations moyennes des précipitations résultant de l'ensemble des 33 paires de séquences courtes d'exécution sont présentées dans le Tableau 9.3. Les variations ont été calculées pour quatre zones de moyenne différentes, comme illustré sur la Figure 9.8.

Tableau 9.3 Pluviométrie moyenne sur une courte période

	Grande zone			Pic de Fon			Ouéléba			Petite zone		
	Contrôle	Minée	Diff.	Contrôle	Minée	Diff.	Contrôle	Minée	Diff.	Contrôle	Minée	Diff.
Moyenne	3,055	3,051	-0,005	4,099	4,103	0,004	3,189	3,195	0,015	5,609	5,536	0,072
Écart type	3,153	3,151	0,039	4,425	4,462	0,070	3,360	3,354	0,090	6,501	6,479	0,128
% de variation	-0,15			0,09			0,49			1,29		
% de variation (niveau de confiance faible)	-0,61			-0,76			-0,93			2,10		
% de variation (niveau de confiance élevé)	0,29			0,87			1,80			0,41		

La grande zone comprend les 33 paires de séquences d'exécution. La zone d'Ouéléba (la partie de la grande zone située au nord de la ligne blanche épaisse de la Figure 9.9) inclut les 18 paires de séquences dans lesquelles la pluie est tombée sur la zone minière d'Ouéléba, tandis que pour la zone de Pic de Fon (la partie de la grande zone située au sud de la ligne blanche épaisse) seules les 18 paires de séquences dans lesquelles la pluie est tombée sur la zone minière de Pic

de Fon ont été incluses. La petite zone, qui est la zone encadrée à l'intérieur de la ligne pointillée épaisse de la Figure 9.9, est la zone sur laquelle les résultats les plus statistiquement significatifs ont été identifiés.

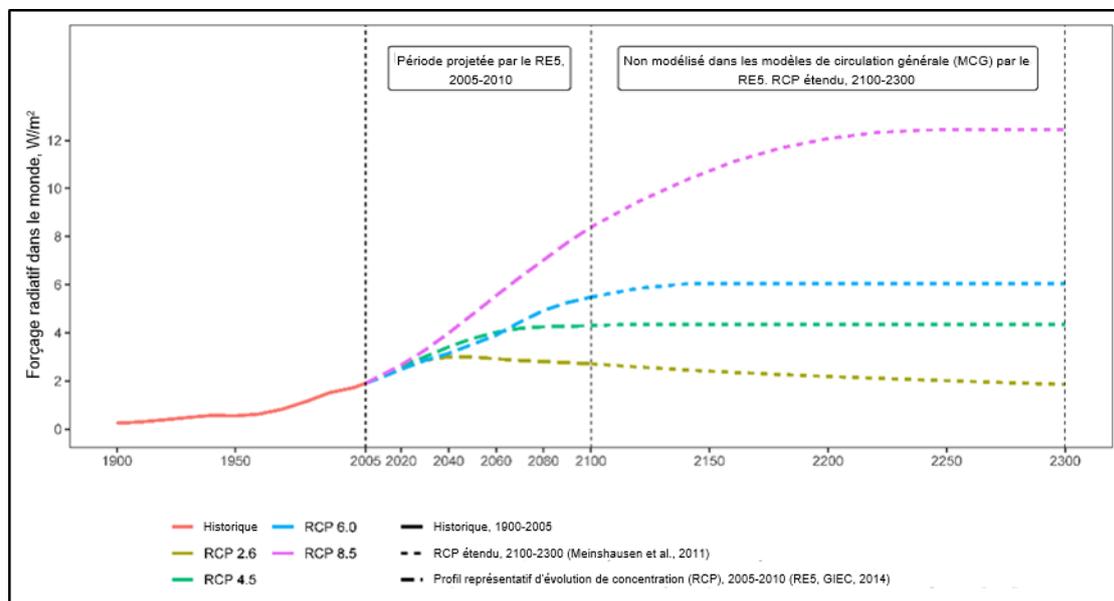


Figure 9.9 Chronologies des profils représentatifs d'évolution de concentration de 1900 à 2300 dans le cadre du projet CMIP5 (SRK, 2022b)

Comme le montre le Tableau 9.4, l'ampleur des variations moyennes des précipitations sur les sous-ensembles d'Ouéléba et de Pic de Fon de la grande zone, tant en termes de variations moyennes absolues des précipitations qu'en pourcentage des accumulations moyennes de précipitations, devrait être négligeable. Par exemple, pour la grande zone, le modèle prévoit, pour l'évolution globale des précipitations moyennes, une réduction des précipitations de seulement 0,005 mm. En proportion des précipitations moyennes qui sont tombées dans cette zone sur les 33 séquences, cela équivaut à une réduction des précipitations due à l'exploitation minière de seulement 0,15 %. Pour la zone de Pic de Fon, les précipitations moyennes devraient augmenter de 0,004 mm sur Pic de Fon, ce qui représente une augmentation de 0,09 %, avec un intervalle de confiance de 95 % s'étendant de -0,76 à +0,87 %. Les prévisions pour la zone d'Ouéléba prévoient une augmentation des précipitations moyennes de 0,015 mm, soit une hausse de 0,4 % avec un intervalle de confiance de 95 % s'étendant de -0,93 à +1,80 %. Ces larges intervalles de confiance sont une conséquence de l'importante variabilité entre les scénarios évoquée précédemment. Bien que le degré de confiance dans les valeurs précises de la variation prévue des précipitations soit faible, les variations moyennes devraient être négligeables.

Pluviométrie moyenne sur une courte période

La petite zone a été définie après un certain nombre de modifications des dimensions de l'encadré et de recalcul des statistiques. Les 33 paires de séquences courtes sont incluses dans ce calcul et 26 d'entre elles ont indiqué une diminution des précipitations due à la mine. La réduction moyenne des précipitations est de -1,29 %, avec un intervalle de confiance de 95 % allant de -2,1 % à -0,41 %. Ainsi, à proximité immédiate des deux zones minières, une faible diminution des précipitations a été détectée.

Dans l'ensemble, les changements prédits par le modèle en termes de précipitations moyennes attribuables à l'exploitation minière, calculés à partir des 33 paires de séquences courtes d'exécution, sont inférieurs à 0,5 % lorsque les zones considérées comprennent tous les changements de précipitations directement attribuables à l'exploitation minière. Une réduction plus importante (mais toujours inférieure à 1,3 %) (avec une probabilité de 5 % pour qu'elle soit inférieure à 0,41 %) a été observée lorsque l'on envisage uniquement une petite zone à proximité immédiate de l'exploitation minière.

En résumé, en raison de la modification de la ligne de crête au cours de la vie de la mine, qui a une faible sensibilité, les impacts sur les précipitations, qui ont une valeur importante, devraient être d'une ampleur négligeable.

Tableau 9.4 Fraction de brouillard moyenne dans le temps sur Ouéléba et Pic de Fon

	Ouéléba								
	Crête			Est			Ouest		
	Contrôle	Minée	Diff.	Contrôle	Minée	Diff.	Contrôle	Minée	Diff.
Moyenne	0,117	0,103	-0,015	0,029	0,023	-0,006	0,022	0,029	0,007
Écart type	0,149	0,122	0,038	0,062	0,043	0,021	0,022	0,024	0,011
% de variation	-12,57			-20,05			29,85		
% de variation (faible confiance)	-30,29			-59,22			3,54		
% de variation (confiance élevée)	5,15			19,13			56,16		
	Pic de Fon								
	Crête			Est			Ouest		
	Contrôle	Minée	Diff.	Contrôle	Minée	Diff.	Contrôle	Minée	Diff.
Moyenne	0,122	0,118	-0,005	0,037	0,035	-0,001	0,028	0,027	0,001
Écart type	0,158	0,151	0,009	0,048	0,046	0,004	0,036	0,034	0,004
% de variation	-3,90			-3,77			3,11		
% de variation (faible confiance)	-7,93			-10,08			10,90		
% de variation (confiance élevée)	0,14			2,54			4,68		

Formation de brouillard

Le modèle a eu recours à des simulations numériques utilisant une représentation haute résolution de l'orographie existante (de contrôle) et de l'orographie minée. L'orographie minée représente l'exploitation minière à Pic de Fon et Ouéléba. L'examen des différences dans les schémas de brouillard dans les paires de simulations du scénario de contrôle et du scénario à profil miné a permis de déterminer les changements susceptibles de se produire en termes de formation et de distribution de brouillard à travers les collines à cause de l'exploitation minière.

Afin de permettre la comparaison des formations de brouillard, la fraction de brouillard a été déterminée en utilisant les 15 simulations sur 24 heures. La fraction de brouillard est définie comme la proportion d'une cellule occupée par le brouillard en utilisant une échelle de 0 et 1 où 0 indique l'absence de brouillard et 1 indique la présence de brouillard dans la cellule entière. Le tracé de la fraction moyenne de brouillard a montré que le brouillard simulé pour les scénarios de contrôle se limite largement aux sommets et aux versants ouest de la crête, avec comparativement peu de brouillard à travers les versants est. La comparaison entre le scénario de contrôle et le scénario à profil miné a fait ressortir un changement prévu plus important pour la section d'Ouéléba que pour la section de Pic de Fon.

Pour mieux comparer les variations, les fractions moyennes de brouillard ont été calculées pour six zones rectangulaires définies pour couvrir les versants ouest et est d'Ouéléba et de Pic de Fon, ainsi qu'une section centrale des deux crêtes. Les variations moyennes de la fraction de brouillard dans chacune des zones, pour chaque simulation, sont présentées dans le Tableau 9.4 pour Ouéléba et Pic de Fon, ainsi que les variations moyennes en pourcentage et les niveaux de

confiance à 95 % pour les 15 scénarios. Un signe négatif indique une réduction de la fraction de brouillard entre les scénarios.

Comme les variations prévues sont les plus importantes pour Ouéléba, ces résultats sont discutés plus en détail. La chronologie du brouillard moyen par zone pour la crête et les versants est et ouest pour chacun des 15 scénarios a été analysée pour évaluer s'il existe des régimes particuliers dans les différences prévues entre le scénario de contrôle et le scénario à profil miné.

Pour les scénarios concernant le milieu de la saison humide, la fraction de brouillard est la plus importante au niveau du sommet de la crête, avec seulement de petites quantités présentes sur les versants est et ouest. Le brouillard dans ces scénarios se produit en raison de nuages bas qui couvrent la crête. L'examen des champs d'humidité relative suggère que cette réduction peut être attribuée à l'abaissement de la hauteur de la crête. Les niveaux relativement élevés de fraction de brouillard près de la surface dans le scénario de contrôle correspondaient à la présence d'une couche nuageuse élevée, présente sur la crête et à l'ouest. Le sommet abaissé dans la simulation tenant compte du profil miné semble avoir réduit l'étendue de pénétration de la colline dans la couche nuageuse, réduisant ainsi l'humidité relative et la fraction de brouillard près de la surface. Les données chronologiques indiquent que la réduction du nuage de crête est la plus apparente durant les périodes initiale et finale de sa formation. Ces différences dans la fraction de brouillard sont faibles une fois que le nuage est bien établi.

Contrairement aux scénarios qui concernent le milieu de la saison humide, ceux du 6 mai 2007 et du 20 octobre 2007 contiennent des fractions de brouillard sur la crête d'Ouéléba et sur le versant ouest qui sont plus importantes dans les simulations tenant compte du profil miné que dans celles de contrôle. Dans ces scénarios, la réduction de la hauteur de la crête modifie les flux d'air sur le versant sous le vent de la crête et permet à l'air humide vers l'ouest d'être projeté plus haut sur le versant ouest par le flux d'air sud-ouest dominant, ce qui entraîne une augmentation de la fraction de brouillard dans les simulations tenant compte du profil miné.

Un seul des quinze scénarios a montré une réduction marquée sur les versants est. Les animations de ce scénario indiquent que les vitesses du vent dans la simulation tenant compte du profil miné sont plus fortes à travers la plaine à l'est de la crête. Ces vents plus forts impliquent un degré relativement plus élevé de mélange turbulent qui dissiperait probablement le brouillard, réduisant le brouillard au-dessus des versants est et de la plaine dans la simulation tenant compte du profil miné.

Les exemples ci-dessus servent à illustrer comment l'exploitation minière peut provoquer des changements locaux dans le flux d'air au-dessus de la crête d'Ouéléba, lesquels changements peuvent alors affecter la formation du brouillard. De plus, au milieu de la saison humide, l'abaissement de la crête peut signifier que le sommet de la crête ne croise plus les couches nuageuses de faible niveau, réduisant ainsi l'humidité près de la surface à travers les parties excavées du sommet d'Ouéléba.

En résumé, les variations de la fraction moyenne de brouillard sur Pic de Fon sont relativement faibles. En revanche, les variations de la fraction moyenne de brouillard sur la crête d'Ouéléba sont plus visibles. Les variations de la fraction de brouillard sur Ouéléba sont marquées par une réduction moyenne sur le sommet de la crête à proximité de la zone minière, une augmentation sur les versants ouest et une diminution sur les versants est. Les animations chronologiques suggèrent également que l'influence de l'orographie modifiée est plus grande au cours des étapes initiales et finales de formation du brouillard.

Les variations dans la formation du brouillard sur les versants de la crête seront très marginales en termes d'étendue spatiale. Les changements sont aussi positifs que négatifs et, sur une longue période, ils devraient être négligeables. Dans l'ensemble, on considère que ces modifications de l'incidence du brouillard ne seront **pas significatives**.

En résumé, la ligne de crête est de faible sensibilité et l'impact sur la formation du brouillard, qui a une valeur élevée, en raison de la modification de la ligne de crête sur la durée de vie de la mine, devrait être négligeable. Par conséquent, l'impact global sur la formation de brouillard n'est *pas significatif*.

9.4.2.6 Modifications du plan minier

Il convient de noter que tous les travaux entrepris par l'UKMO étaient fondés sur un plan minier publié en 2008. Depuis lors, le plan de la mine a changé, les réductions de la crête étant plus importantes que celles utilisées dans les travaux de l'UKMO. Cependant, la réduction du profil de crête représente encore un changement relativement faible par rapport à la longueur totale de la chaîne de Simandou et les types de changement apportés à la crête restent les mêmes que ceux décrits et analysés dans les études de l'UKMO.

9.4.3 Impacts du changement climatique sur le Projet

9.4.3.1 Introduction

Le changement climatique fait référence à des changements à long terme des températures et des régimes météorologiques qui peuvent être naturels, mais qui, depuis les années 1800, sont dus aux activités humaines. Ces changements de température et de régimes météorologiques peuvent avoir des répercussions. Dans le contexte minier, il est utile de comprendre les impacts potentiels des changements climatiques pour prévoir et préparer les effets liés à l'eau sur les composantes de conception des sites miniers, depuis les bilans hydriques jusqu'à la conception civile. Comprendre le changement climatique signifie reconnaître les incertitudes et adopter des mesures d'adaptation climatique à long terme pour contribuer à assurer la résilience des infrastructures du Projet.

9.4.3.2 Méthodes et données

Le rapport d'évaluation du changement climatique de SRK (Annexe 9B) fournit un contexte sur les projections du changement climatique, en soulignant les points clés concernant les effets du changement climatique à l'échelle mondiale. Il donne également un aperçu de la modélisation du changement climatique avancé dans le cadre du Projet d'intercomparaison de modèles couplés (CMIP). Le CMIP, organisé sous l'égide du groupe de travail sur la modélisation couplée du programme mondial de recherche sur le climat, coordonne les expériences de couplage de modèles informatiques du climat terrestre. L'objectif du CMIP est de mieux comprendre les changements climatiques passés, présents et futurs découlant de la variabilité naturelle non forcée ou en réponse aux changements du forçage radiatif dans un contexte multimodèle. Actuellement, le CMIP en est à sa sixième phase (CMIP6) et comprend le plus récent effort de modélisation de la circulation générale en vue de simuler et projeter divers aspects du changement climatique.

Ces modèles comprennent une représentation nouvelle et meilleure des processus physiques, chimiques et biologiques, ainsi qu'une meilleure résolution que les modèles climatiques examinés dans les rapports d'évaluation antérieurs du GIEC. Cela a amélioré la simulation de l'état moyen récent de la plupart des indicateurs à grande échelle du changement climatique et de nombreux autres aspects sur l'ensemble du système climatique.

Les nouveaux modèles intègrent des profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP) et des scénarios socioéconomiques partagés (SSP) (Riahi et al., 2017).

9.4.3.3 Profils représentatifs d'évolution de concentration selon le CMIP5

Les profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP) selon le CMIP5 et adoptés par le GIEC en 2013 pour son Cinquième rapport d'évaluation sont quatre trajectoires de concentration (et non des émissions) des gaz à effet de serre. Les quatre RCP (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 et RCP 8.5) sont nommés d'après une plage possible de valeurs de forçage radiatif en 2100. Le forçage radiatif peut être considéré comme la différence entre l'énergie provenant du soleil

et le rayonnement issu de la terre. Il est fortement influencé par la composition atmosphérique, en particulier par rapport à la quantité de GES dans l'atmosphère.

La trajectoire RCP 2.6 (réchauffement le plus faible) nécessite que les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) commencent à diminuer d'ici 2020, alors que dans le RCP 8.5 (réchauffement le plus élevé), les émissions du scénario continuent à augmenter tout au long du XXI^e siècle. La Figure 9.9 montre la variabilité des RCP de l'historique au Cinquième rapport d'évaluation (RE5)/CMIP5, y compris les projections pour les périodes postérieures à 2010.

9.4.3.4 Scénarios socio-économiques partagés (SSP) selon le CMIP6

Les SSP sont des scénarios de changements socio-économiques globaux projetés jusqu'en 2100 fondés sur cinq récits décrivant des évolutions socio-économiques alternatives. Les scénarios combinent les évolutions socio-économiques et technologiques. Parmi ces évolutions figurent le développement durable, les rivalités régionales, les inégalités, le développement à base de combustibles fossiles et le développement intermédiaire. Une description détaillée des SSP figure à l'Annexe 9B. La Figure 9.10 récapitule les scénarios présentant différents défis socio-économiques en matière d'adaptation et atténuation.

Deux SSP décrivent des futurs où les défis en matière d'adaptation et d'atténuation sont tous deux faibles (SSP1) ou élevés (SSP3). En outre sont conçus deux « cas asymétriques » comprenant un cas dans lequel des défis élevés en matière d'atténuation se combinent avec de faibles défis en matière d'adaptation (SSP5), et inversement (SSP4). Enfin, un cas central décrit un monde confronté à des défis intermédiaires à la fois d'adaptation et d'atténuation (SSP2).

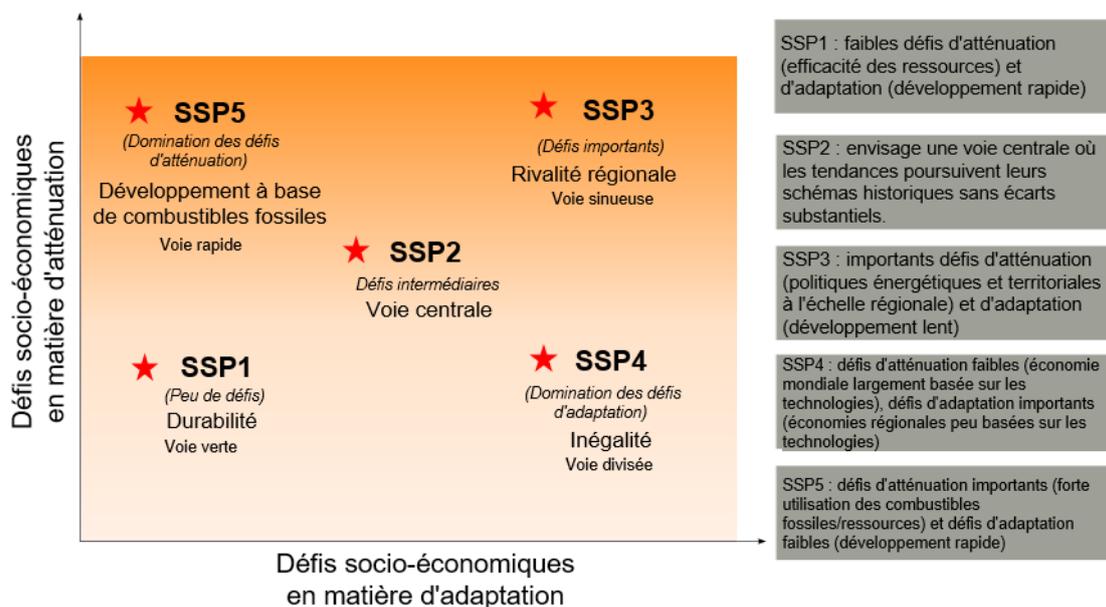


Figure 9.10 Scénarios socio-économiques partagés (SRK, 2022b)

Les nouveaux scénarios figurant dans le RE6 s'inscrivent dans un cadre matriciel de scénarios socio-économiques partagés et de profils représentatifs d'évolution de concentration, à savoir le nouveau cadre SSP-RCP. Les simulations RCP du CMIP5 précédent servent à fournir des informations climatiques aux scénarios intégrés, et sont combinées avec les scénarios socio-économiques et d'utilisation de l'énergie, d'émissions et d'utilisation foncière basés sur les SSP en vue de procéder à une analyse intégrée. Par conséquent, les scénarios RCP du CMIP5 précédent (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 et RCP 8.5) ont de nouvelles versions dans le CMIP6.

O'Neill et al (2017) ont défini quatre scénarios de niveau 1 qui couvrent un large éventail d'incertitudes dans le forçage futur. Ces scénarios à jour s'appellent SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP4-6.0 et SSP5-8.5, chacun se traduisant par des niveaux de forçage radiatif de 2100 similaires à leurs prédécesseurs du RE5.

Pour l'évaluation du changement climatique du site de Simandou, les scénarios SSP2-4.5 et SSP5-8.5, présentés dans le Tableau 9.5, représentent les résultats projetés pour un climat futur d'après la réponse sociétale et économique actuelle au changement climatique, et un climat futur où l'on table sur des changements marqués, respectivement.

Tableau 9.5 Résumé des scénarios SSP-RCP utilisés pour l'évaluation du changement climatique

Scénario SSP-RCP	Description
SSP2-4.5	Mise à jour du scénario RCP 4.5 (CMIP5). Avec un forçage radiatif supplémentaire de 4,5 W/m ² d'ici l'an 2100, représente le scénario moyen des futures émissions de gaz à effet de serre. Ce scénario suppose que des mesures de protection climatique sont adoptées.
SSP5-8.5	Avec un forçage radiatif supplémentaire de 8,5 W/m ² d'ici l'an 2100, ce scénario représente le plafond de l'éventail de scénarios.

REMARQUES :

1. Source : SRK (2022b).

L'analyse du changement climatique du Projet a été réalisée à l'aide d'une compilation des rapports d'évaluation du GIEC et en procédant à l'analyse de plusieurs modèles climatiques à l'aide d'un script spécialement conçu par SRK avec le logiciel R (SRK, 2022b). Les résultats de l'analyse fournissent des estimations du changement de températures et de précipitations spécifiquement escompté pour la zone du projet de Simandou par rapport aux conditions de base.

Résultats de l'Évaluation du changement climatique

Un résumé de l'évaluation du changement climatique des sites de Simandou est inclus ici. Des projections et une analyse détaillées du changement climatique sont présentées à l'Annexe 9B - Évaluation du changement climatique. Les prévisions climatiques sont présentées jusqu'en 2100, ce que l'on estime être l'horizon raisonnable maximal jusqu'où étendre les prévisions. Le changement climatique futur est évalué sur les tranches chronologiques futures : (1) de 2021 à 2049, (2) de 2050 à 2069, et (3) de 2070 à 2099. Ces périodes seront appelées respectivement les années 2030, 2050 et 2080. Les scénarios SSP2-4.5 et SSP5-8.5 représentent les projections moyennes et plafonds (sans supposer de mesures de protection climatique immédiates) de la période de base 1981-2014. Les différences entre les conditions futures et la référence historique sont appelées anomalies.

Précipitations

La Figure 9.11 présente les résultats de la projection des précipitations annuelles moyennes (PAM) modélisée statistiquement à l'aide de boîtes à moustache. Dans ces graphiques, la barre centrale épaisse dans la « boîte » représente la médiane (le point médian), la boîte elle-même contenant la moitié centrale de la plage de données (quartiles médians), tandis que les « moustaches » indiquent la variabilité en dehors des quartiles supérieur et inférieur. Les valeurs statistiques aberrantes sont ensuite tracées individuellement au-delà des « moustaches ».

L'analyse statistique de la période des années 2030, autrement dit la variation à court terme des précipitations annuelles moyennes (PAM), suggère un changement annuel moyen négligeable estimé entre -0,5 % et -0,3 % pour les SSP2-4.5 et SSP5-8.5, respectivement. À la fin du siècle, on s'attend à ce que les précipitations annuelles moyennes varient entre -2,8 % (SSP2-4,5) et -6,4 % (SSP5-8,5).

Les résultats n'indiquent aucun changement des tendances annuelles à court terme des précipitations, et une tendance baissière à long terme. Un résumé des statistiques est présenté au Tableau 9.6. Le tableau présente la médiane de

l'ensemble du MCM et les quartiles supérieur et inférieur entre parenthèses. L'analyse statistique est présentée à l'Annexe 9B - Évaluation du changement climatique.

Tableau 9.6 Anomalie des précipitations annuelles moyennes en pourcentage des PAM

Scénario	Années 2030	Années 2050	Années 2080
	2020-2049	2050-2069	2070-2099
SSP2-4.5	-0,5	-1,3	-2,8
	(-3,6, 4,6)	(-6,7, 5)	(-6,3, 4,6)
SSP5-8.5	-0,3	-2,8	-6,4
	(-6,5, 4,8)	(-12,3, 3)	(-18,7, 0,7)

Les précipitations à Simandou sont saisonnières, la saison sèche s'étendant de novembre à février, et la saison humide de mars à octobre. L'anomalie de précipitations projetée suggère un retard du début de la saison humide. Cela est visible dans le scénario SSP2-4.5, et accentué davantage dans le scénario SSP5-8.5, qui montre un net allongement de la saison sèche et des anomalies négatives accrues dans la partie principale de la saison humide (juin à septembre). Les deux scénarios montrent également des anomalies positives accrues à la fin de la saison humide. Ces dernières tendances, qui se manifestent dans les dernières décennies du siècle, sont à prendre avec circonspection.

Température

L'ampleur des anomalies de température annuelle moyenne de l'air (TAMA) des horizons chronologiques à court terme, au milieu du siècle et à la fin du siècle est présentée à la Figure 9.12 en pourcentage, et à la Figure 9.13 en degrés Celsius. La TAMA de base historique hypothétique est de 24 °C.

Un résumé statistique des anomalies modélisées est présenté dans les Tableaux 9.7 et 9.8, en montrant la médiane de l'ensemble de MCM et les quartiles supérieur et inférieur entre parenthèses.

Les MCM sont alignés sur une augmentation prévue de la TAMA d'ici la fin du siècle, avec des valeurs médianes de +0,7 % (ou 2,2 °C) et +1,3 % (ou 4,0 °C) par rapport aux conditions de base dans l'horizon chronologique de la fin du siècle pour les scénarios SSP2-4.5 et SSP5-8.5, respectivement.

À court terme, on prévoit une hausse médiane de +0,4 % (ou 1,1 °C) de la TAMA pour les SSP2-4.5 et SSP5-8.5.

La température est une variable utilisée dans le calcul de l'évaporation potentielle (quotidienne). La hausse de la TAMA entraînera une augmentation de l'évaporation annuelle potentielle. SRK a estimé une marge de relèvement pour l'évaporation quotidienne potentielle calculée pour le changement climatique au moment de l'estimation du bilan hydrique du site et de l'étude d'impacts sur les eaux de surface et souterraines après fermeture (SRK, 2022c). Les marges du changement climatique pour la pluviométrie nominale sont présentées à la section 9.4.3.6 et à l'Annexe 9B - Évaluation du changement climatique.

Tableau 9.7 Résumé de l'anomalie de la TAMA (%) sur la zone de Simandou

Scénario	Années 2030	Années 2050	Années 2080
	2020-2049	2050-2069	2070-2099
SSP2-4.5	0,3	0,5	0,7
	(0,3, 0,4)	(0,4, 0,6)	(0,6, 0,9)
SSP5-8.5	0,4	0,7	1,3
	(0,3, 0,4)	(0,6, 0,8)	(1,1, 1,6)

REMARQUES :

1. Source : SRK, 2022b.

Tableau 9.8 Résumé de l'anomalie de la TAMA (°C) sur la zone de Simandou

Scénario	Années 2030	Années 2050	Années 2080
	2020-2049	2050-2069	2070-2099
SSP2-4.5	1,0	1,6	2,2
	(0,7, 1,1)	(1,2, 1,8)	(1,8, 2,6)
SSP5-8.5	1,1	2,1	4,0
	(0,9, 1,3)	(1,8, 2,4)	(3,4, 4,8)

REMARQUES :

1. Source : SRK, 2022b.

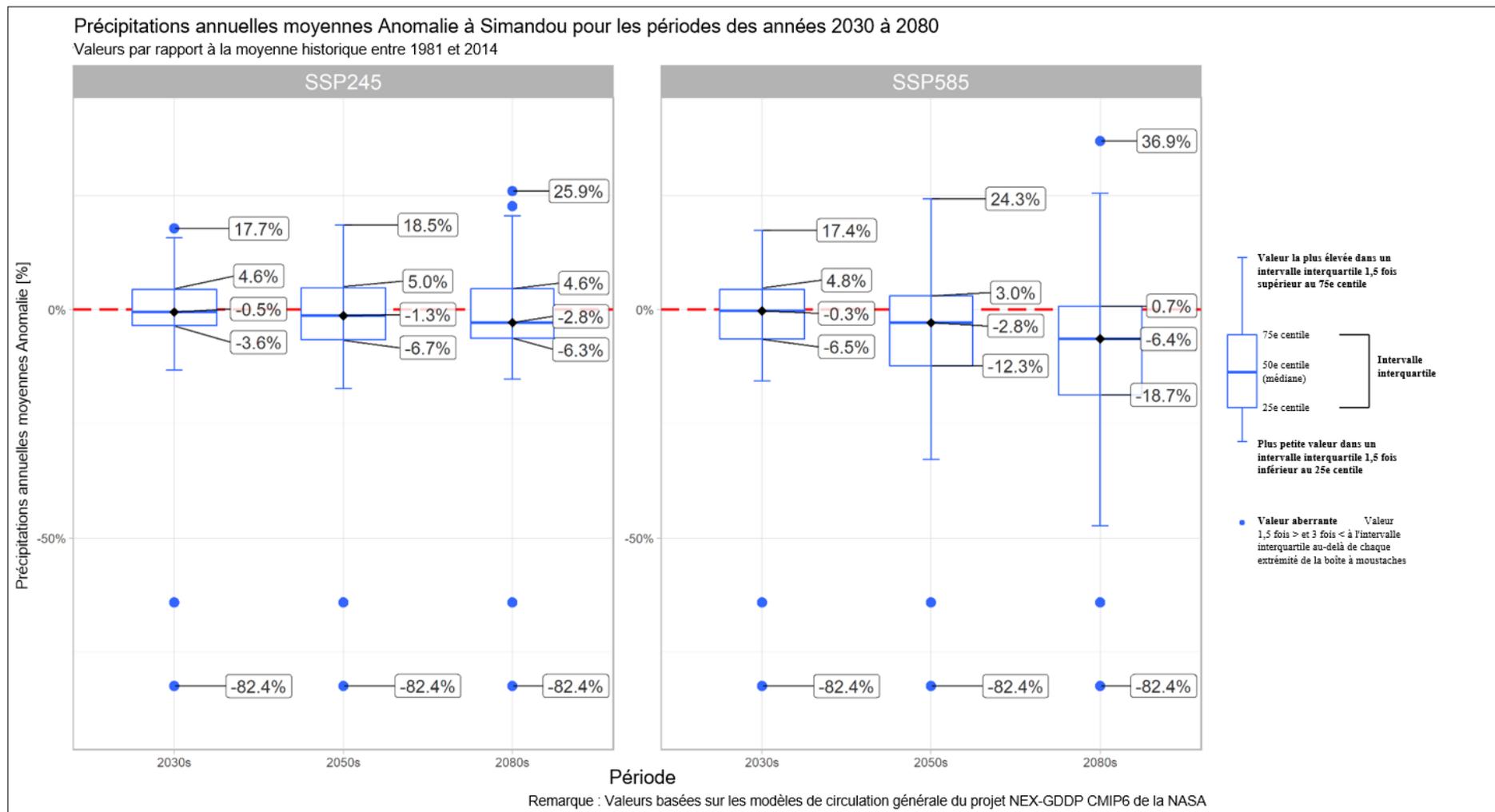


Figure 9.11 Représentation en boîte à moustaches de l'anomalie des PAM (%) sur la zone du projet de Simandou (scénario SSP2-4.5 à gauche, scénario SSP5-8.5 à droite)

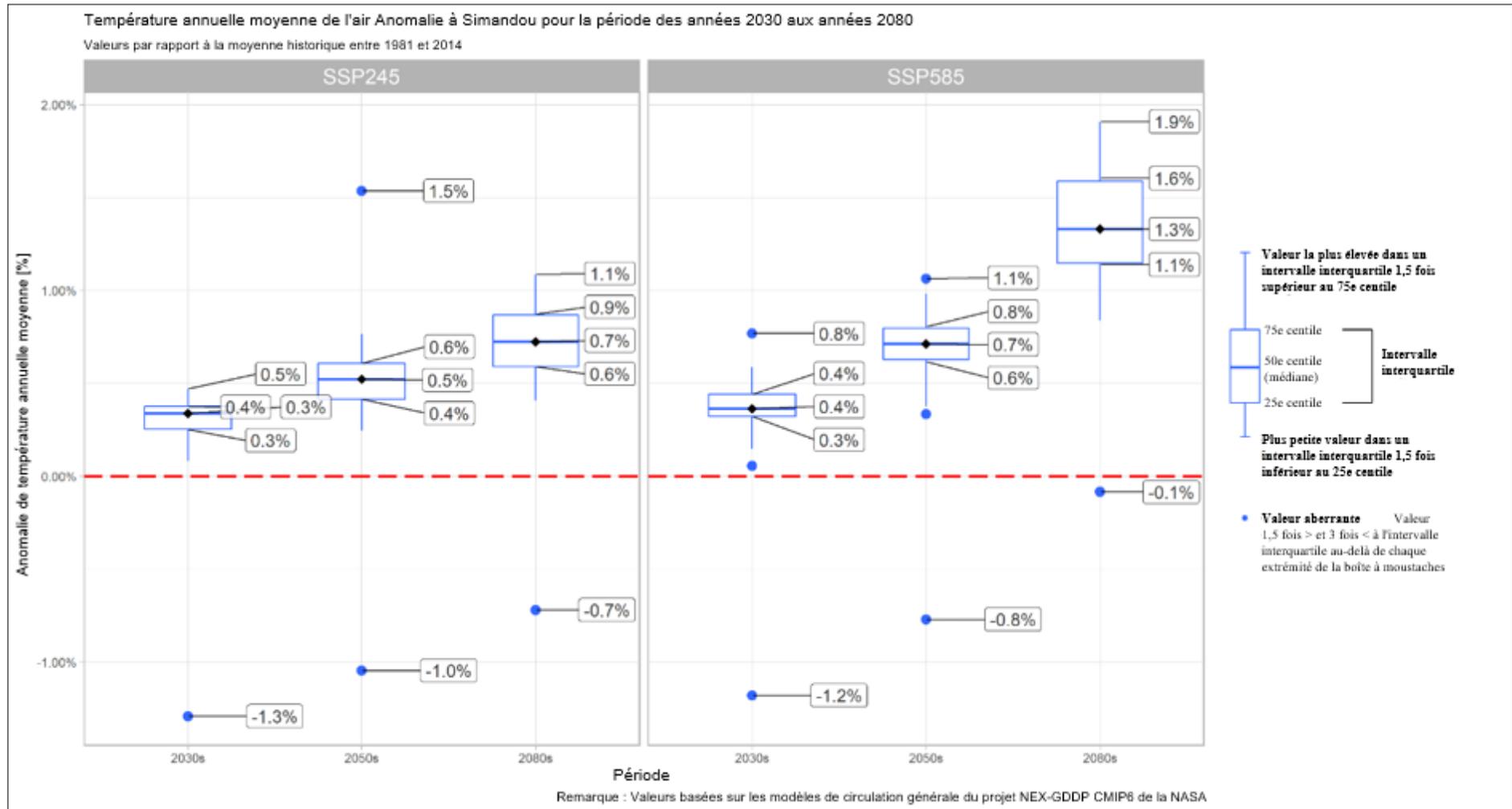


Figure 9.12 Représentation en boîte à moustaches de l'anomalie de la TAMA (%) sur la zone de Simandou (scénario SSP2-4.5 à gauche, scénario SSP5-8.5 à droite)

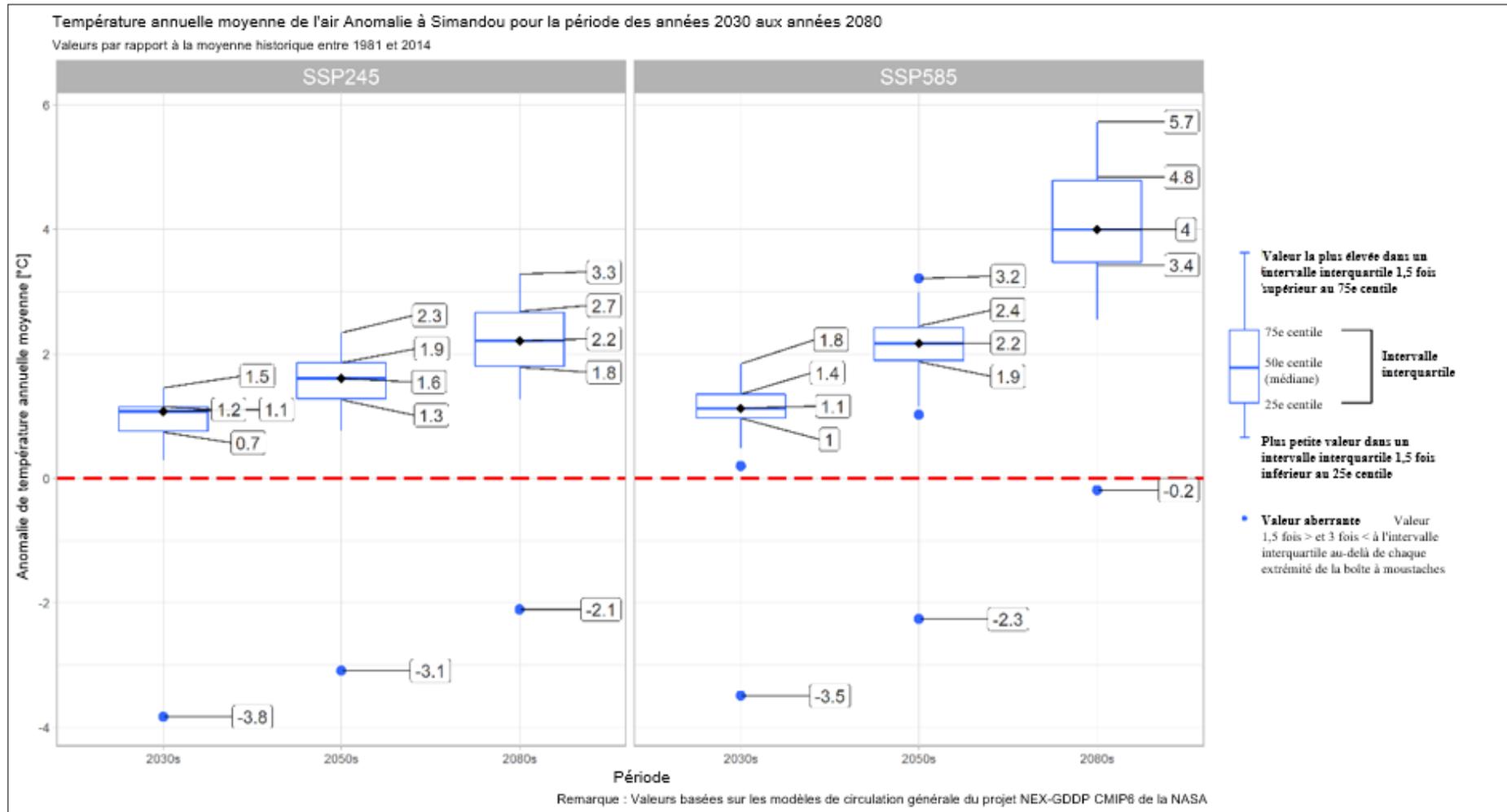


Figure 9.13 Représentation en boîte à moustaches de l'anomalie de la TAMA (°C) sur la zone de Simandou (scénario SSP2-4.5 à gauche, scénario SSP5-8.5 à droite)

La Figure 9.14 met en lumière les projections thermiques obtenues à l'aide des simulations des modèles du CMIP6 pour la période de base de 1981 à 2014. Les projections sont effectuées selon les scénarios SSP2-4.5 et SSP5-8.5.

Selon le scénario SSP2-4.5 (à savoir que les émissions de CO₂ sont maintenues à un niveau intermédiaire), la TAMA devrait atteindre 26 °C d'ici la fin du siècle. On prévoit que la TAMA augmentera jusqu'à plus de 28 °C d'ici la fin du XXI^e siècle selon le scénario SSP5-8.5.

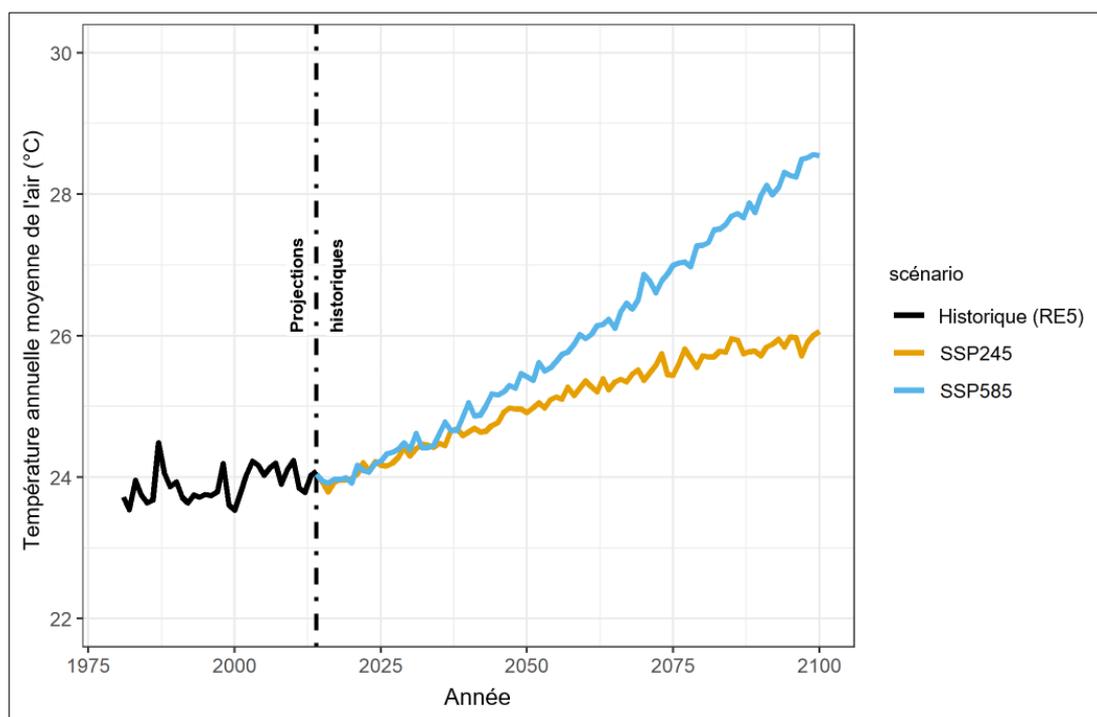


Figure 9.14 Température annuelle moyenne historique dans la zone de Simandou jusqu'à 2100

Des cartes thermiques par décennie de l'anomalie de la température moyenne projetée selon les scénarios SSP2-4.5 et SSP5-8.5 sont présentées à l'Annexe 9B.

La température mensuelle moyenne dans la zone du projet de Simandou montre une variation saisonnière limitée et se situe actuellement entre environ 22 °C de juillet à septembre, et environ 25 °C en février et mars. Les anomalies de température à la hausse sont prononcées au cours des mois de novembre à juin ; tous les mois présentent toutefois une tendance haussière.

9.4.3.5 Marges du changement climatique pour la pluviométrie nominale

Le contexte et l'approche d'estimation des marges du changement climatique pour la pluviométrie nominale sont présentés à l'Annexe 9B - Évaluation du changement climatique. L'approche intègre les courbes de profondeur, durée et fréquence (PDF), qui constituent souvent la base nominale des ouvrages de gestion des ressources hydriques. Elle inclut également les résultats des MCM qui sont analysés afin de dériver des marges ou facteurs à appliquer pour relever l'intensité des précipitations et permettre aux conceptions d'intégrer les changements climatiques futurs.

SRK a procédé à une analyse des projections de changement climatique afin d'en dériver des marges ou des facteurs de relèvement pour ajuster les courbes PDF (SRK, 2022c). Il décrit comment les précipitations seront modifiées dans les conditions du changement climatique jusqu'en 2100, et comment cela affectera les courbes PDF. Trente-cinq modèles climatiques mondiaux ont fourni les précipitations quotidiennes annuelles maximales des périodes historiques (de base) et prévues par scénario.

L'analyse de la fréquence des précipitations de Simandou a conduit à l'élaboration de deux ensembles de courbes PDF, l'un pour Pic de Fon et l'autre pour Ouéléba, appelés respectivement Groupe 1 et Groupe 2 (SRK, 2022b). Sachant que la méthodologie PDF repose sur des données jaugées, les stations ARG_WY1 et AWS_MAF ont été choisies comme représentatives du Groupe 1 et du Groupe 2, respectivement (SRK, 2022c).

Après application de la méthodologie sur tous les MCM et l'analyse des valeurs médianes, les analyses se sont traduites par un changement projeté pour la plage de périodes de récurrence : 5, 10, 20, 50, 100 et 200 ans, et des durées d'averse d'une à 24 heures.

Les ajustements apportés aux averses nominales pour tenir compte du changement climatique s'appliquent surtout à Ouéléba (Groupe 2), car la mine sera développée en premier et la plupart des infrastructures du Projet seront situées à l'est du gisement d'Ouéléba. Le changement projeté varie selon la durée d'averse, la période de récurrence et l'horizon chronologique. Pour les périodes de récurrence de 5 à 100 ans, le facteur de relèvement requis pour le scénario SSP2-4.5 est généralement de l'ordre de 25 %. Pour le scénario SSP5-8.5, les facteurs de relèvement varient de 25 % dans les années 2030 à 45 % dans les années 2080 pour le Groupe 2 (Tableau 9.9).

Tableau 9.9 Facteurs de relèvement (en pourcentage) du changement climatique pour les durées d'averse jusqu'à 24 heures et les périodes de récurrence quinquennale à centennale du Groupe 2 (Ouéléba)

Scénario	Années 2030	Années 2080
SSP2-4.5	25%	25%
SSP5-8.5	25%	45%

La Figure 9.15 montre les courbes PDF des Groupes 1 et 2 avec et sans ajustement pour tenir compte du changement climatique, ainsi que les PDF calculés par station et par durée pour un phénomène se produisant 1 fois tous les 100 ans. Les courbes de « changement climatique » se rapportent à la hausse de 25 % recommandée pour le SSP2-4.5 dans les années 2030 et 2080, et pour le SSP5-8.5 (scénario de changement climatique extrême) dans les années 2030. La courbe de changement climatique extrême est liée aux prévisions du SSP5-8.5 pour les années 2080.

9.4.3.6 Résumé des conclusions principales

Les effets du changement climatique se développeront au niveau planétaire sur de longues échelles chronologiques, quelle que soit la contribution du Projet. La modélisation du changement climatique présentée à l'Annexe 9B pour la localité de Simandou a pris en compte les impacts potentiels jusqu'en 2100 par rapport à la période de base historique de 1981 à 2014. Les différences entre les conditions futures et la référence historique sont appelées **anomalies**.

Les tendances climatiques potentielles ont été analysées pour les paramètres météorologiques typiques, tels qu'énumérés au Tableau 9.10, sur deux périodes d'évaluation :

- La période d'évaluation à court terme couvre les années 2020-2049. Cette période représente celle pendant laquelle la mine devrait être opérationnelle, les changements climatiques au cours de cette période étant donc plus susceptibles d'influencer la conception et la gestion opérationnelles.
- La période de la fin du siècle dans le tableau représente celle comprise entre 2070 et 2099, qui prédit le climat futur à la fin du XXI^e siècle. Cette période reflète les changements climatiques possibles susceptibles d'influer sur les années d'exploitation ultérieures et sur la conception de la fermeture.

Les résultats sommaires de l'évaluation du changement climatique sont présentés au Tableau 9.11. La conception post-fermeture tiendra compte de la hausse de la température et des précipitations prévue d'ici la fin du siècle. Il faut en outre ajuster l'analyse de la fréquence des inondations utilisée pour établir les critères pluviométriques nominaux afin de refléter les changements anticipés en termes d'intensité des précipitations.

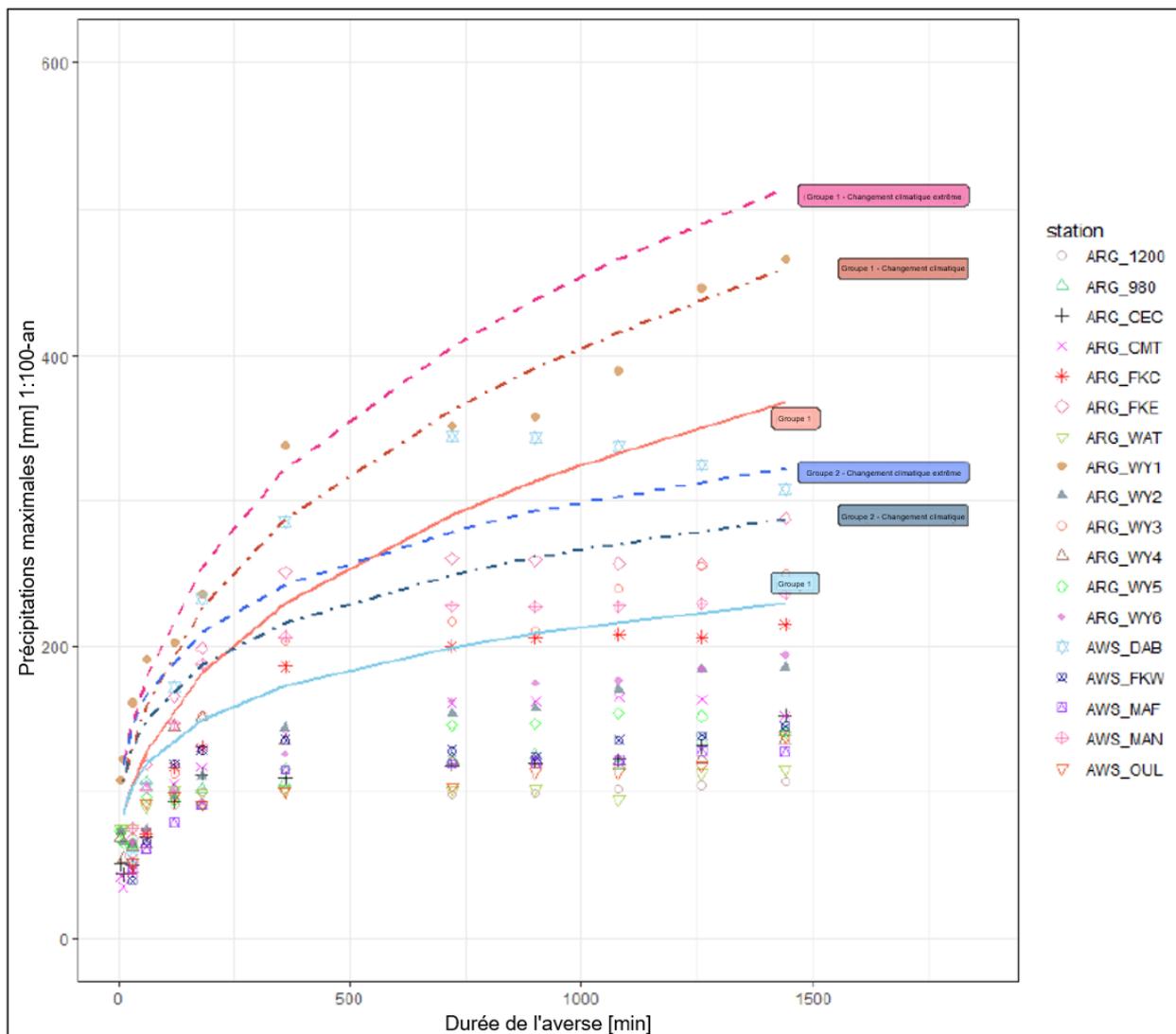


Figure 9.15 Précipitations maximales pour la période de récurrence de 1 tous les 100 ans (SRK, 2022c)

9.5 Mesures d'atténuation

L'abaissement de la ligne de crête des gisements d'Ouéléba et de Pic de Fon dû à l'exploitation minière devrait avoir un impact négligeable sur le climat local (section 9.4.2.5). Par conséquent, aucune mesure d'atténuation n'est jugée nécessaire.

Les mesures d'atténuation suivantes seront mises en œuvre pour réduire le plus possible les impacts et ainsi réduire l'ampleur des impacts du changement climatique mondial sur le Projet :

- Le bilan hydrique du site et l'étude d'impacts sur les eaux de surface et souterraines après la fermeture ont tenu compte de l'augmentation de l'évaporation attribuable à une augmentation prévue de la température annuelle moyenne de l'air.
- Les estimations de la période de récurrence nominale seront sujettes à un relèvement pour tenir compte des prévisions à long terme d'une augmentation des précipitations à la fin de la saison humide.

Tableau 9.10 Résumé des facteurs du changement climatique

Facteur climatique	Effets sur le Projet	Étude de base et prévisions fondées sur les scénarios socio-économiques partagés (SSP)	Prévisions des changements de paramètres par rapport à la période de base (1981-2014) et implications sur la conception
Précipitations annuelles moyennes	Bilan hydrique	ÉTUDE DE BASE 1981 - 2014 SSP2-4.5 2030s - 0.5 % 2020 - 2049	<ul style="list-style-type: none"> Les prévisions à court terme suggèrent des changements négligeables des précipitations (MCM médians). Pour les projections de la fin du siècle, on table sur une baisse des précipitations de 6,4 % au maximum (MCM médians).
	Ruissellement	SSP5-8.5 2030s - 0.3 %	
	Disponibilité en eau	SSP2-4.5 2080s - 2.8 % 2070 - 2099	
	Recharge des aquifères	SSP5-8.5 2080s - 6.4 %	
Température annuelle moyenne de l'air	Évaporation	ÉTUDE DE BASE 1981 - 2014 SSP2-4.5 2030s +0.3 % 2020 - 2049	<ul style="list-style-type: none"> Les prévisions à court terme suggèrent une hausse allant jusqu'à 0,7 % (ou 2,2 °C) par rapport aux conditions de base (MCM médians). Hausse de la température annuelle moyenne de l'air à la fin du siècle pouvant atteindre 1,3 % (ou 4,0 °C) par rapport aux conditions de base (MCM médians), ce qui est recommandé pour les considérations de conception de la fermeture.
	Bilan hydrique	SSP5-8.5 2030s +0.7 %	
	Recharge des aquifères	SSP2-4.5 2080s +0.4 % 2070 - 2099	
		SSP5-8.5 2080s +1.3 %	
Précipitations quotidiennes maximales pour les phénomènes d'une période de récurrence décennale*	Conception des ouvrages civils	ÉTUDE DE BASE 1981 - 2014 SSP2-4.5 2030s +15 % 2020 - 2049	<ul style="list-style-type: none"> Hausse à long terme des précipitations quotidiennes maximales jusqu'à 34 %, et à court terme de 16 %. Il faut ajuster l'analyse de la fréquence des inondations, ainsi que les courbes PDF.
		SSP5-8.5 2030s +15 %	
		SSP2-4.5 2080s +20 % 2070 - 2099	
		SSP5-8.5 2080s +35 %	

REMARQUES :

- * La période de récurrence, également appelée intervalle de récurrence, désigne la durée moyenne ou durée moyenne estimée entre des phénomènes. Un phénomène dont la période de récurrence est décennale a une probabilité statistique de 10 % de survenir au cours d'une quelconque année donnée.

Tableau 9.11 Importance des impacts résiduels sur le climat local

Impact résiduel	Sensibilité des récepteurs	Ampleur	Principales mesures d'atténuation	Importance de l'impact	Indice de confiance
Impacts sur le climat local et sur les écosystèmes, l'agriculture et les ressources en eau locaux en raison de l'abaissement du profil de la crête	Élevée	Négligeable	<ul style="list-style-type: none"> Aucune mesure d'atténuation n'est requise. 	Négligeable	Modéré
Impacts du changement climatique mondial sur le Projet	Modérée	Faible	<ul style="list-style-type: none"> Ajuster les critères de conception civile pour tenir compte à l'avenir des averses de plus grande ampleur. Prendre en compte les modèles d'adaptation au changement climatique. Tenir compte de la hausse des taux d'évaporation dans le bilan hydrique du site. 	Mineure	Modéré

En ce qui concerne le deuxième point, Rio Tinto Simfer a choisi la courbe PDF du Groupe 1 sans changement climatique comme averse nominale. Les stations du Groupe 1 se caractérisaient par des profondeurs et intensités de pluie plus élevées pour des durées d'averse plus courtes, comme le montrent les courbes PDF sur la Figure 9.15. L'averse nominale choisie est plus importante que tous les scénarios climatiques (sans changement climatique, changement climatique modéré et changement climatique extrême) estimés pour les stations du Groupe 2 (Ouéléba), où se trouveront les infrastructures minières initiales.

9.6 Ampleur des impacts résiduels sur le climat local

Les travaux de modélisation étendus et innovants réalisés dans le cadre de l'étude de l'UKMO permettent de conclure que la modification de la hauteur et de la forme de la crête modifiera probablement les quantités de précipitations à des endroits précis, à proximité immédiate de la mine, de l'ordre de 5 mm maximum pour les phénomènes individuels, sur un total d'environ 30 mm pour ces mêmes phénomènes naturels.

Concernant les précipitations sur une zone de 10 km sur 20 km (environ 5 km de part et d'autre de la crête où l'extraction minière aura lieu), la modélisation montre que les quantités de précipitations diminueront d'environ 1 %. Les changements prévus dans le climat local général en raison de l'altération du profil de crête ne sont pas plus importants et sont, dans la plupart des cas, inférieurs aux changements qui devraient résulter de la variabilité naturelle et du changement climatique. Les modifications de crête à Pic de Fon et à Ouéléba auront donc probablement peu d'influence sur la formation de nuages et sur les précipitations, en ce qui concerne les quantités de précipitations uniquement près de la crête (à moins de 5 km environ des zones minières).

L'impact de l'abaissement de la ligne de crête dû à l'exploitation minière devrait avoir un effet négligeable sur le climat local et, par conséquent, aucune mesure d'atténuation n'est proposée. L'ampleur de l'impact résiduel est donc également négligeable.

Les changements de précipitations et de températures prévus en raison du changement climatique mondial ont été pris en compte dans le bilan hydrique du site et en augmentant l'orage nominal dans les critères de conception civile.

Compte tenu des incertitudes entourant le degré de changement climatique, l'ampleur de l'impact résiduel post-atténuation est modérée.

9.7 Importance des impacts résiduels

L'importance des impacts résiduels sur le climat local est fonction de la sensibilité du récepteur et de l'ampleur des impacts. Les évaluations de l'importance des impacts résiduels sur le climat local et le Projet sont résumées au Tableau 9.11.

Les impacts résiduels sur le climat local (brouillard et précipitations) devraient être négligeables, avec un indice de confiance modéré. Les impacts résiduels du changement climatique sur le Projet devraient être d'importance mineure après l'atténuation, avec un indice de confiance modéré.

9.8 Suivi

Aucun programme de suivi n'est proposé pour le climat local.

Le programme de suivi des impacts du changement climatique sur le Projet comprend :

- L'intégration des augmentations prévues des précipitations dans les critères de conception civile du Projet et le bilan hydrologique du site.

Une approche de gestion adaptative sera utilisée pour réduire le plus possible les impacts potentiels du changement climatique sur le Projet. Cela passera notamment par le fait de tirer des leçons des expériences, puis d'adapter les plans du Projet et les mesures d'atténuation en conséquence.

9.9 Références

- Equator Principles Association, 2020. Equator Principles IV. July. Retrieved from: https://equator-principles.com/app/uploads/The-Equator-Principles_EP4_July2020.pdf.
- Fullwood, J. and Johnson, C., 2008. *Potential Climatological Impacts of Mining in the Simandou Hills - Phase 1: Current Climate and Mechanisms*. Exeter: United Kingdom Meteorological Office.
- Inter-Governmental Panel on Climate Change (IPCC), 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (Eds.).
- International Council on Mining and Metals (ICMM), 2019. *Adapting to a Changing Climate - Building Resilience in the Mining and Metals Industry*.
- Johnson, C., 2010. *Simandou Hills: Verification Study of High-Resolution Modelling*. Exeter: UK Meteorological Office.
- Met Office UK, 2010. *Simandou Hills: Verification Study of High-Resolution Modelling*. Prepared for: Rio Tinto Iron Ore Atlantic Ltd. July 15.
- NASA Earth Observatory, 2023. *The Intertropical Convergence Zone*. Retrieved from: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/703/the-intertropical-convergence-zone>. (accessed on June 15, 2023).
- O'Neill, B.C., Kriegler, E., Ebi, K.L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D.S., van Ruijven, B.J., van Vuuren, D.P., Birkmann, J., Kok, K., Levy, M., and Solecki, W., 2017. *The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century*. Global Environmental Change 42.

- Riahi, K. et al., 2017. *The Shared Socio-Economic Pathways (SSPs): An Overview*.
- Rio Tinto, 2012. *Simandou Project - Social and Environmental Impact Assessment*. Vol 1-5. August.
- Rio Tinto, 2017. *Standard E17 - Air Quality Protection*. Doc. No. HSEC-B-03, November.
- SRK Consulting (UK) Limited (SRK), 2022a. *Simandou Mine - Baseline Climate Report*.
- SRK Consulting (UK) Limited (SRK), 2022b. *Simandou Mine - Climate Change Assessment*.
- SRK Consulting (UK) Limited (SRK), 2022c. *Simandou Mine Rainfall Intensity and Depth-Duration-Frequency Analysis*. August 8.
- Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD), 2021. *Implementing the Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures*. October.
- Vosper, S. and Webster, S., 2008. *Potential Climatological Impacts of Mining in the Simandou Hills Phase II: Numerical Modelling*. Exeter: UK Meteorological Office.
- Webster, S., Vosper, S., Perry, M., 2010. *Simandou Iron Ore Project Climatological Study of the Simandou Hills area of Guinea Phase 3: Extended numerical modelling study of impacts of mining. Final Report*. Exeter: UK Meteorological Office.