

I. fiche technique

1. Description du service

Open-Meteo est un service gratuit de prévisions météorologiques accessible via API. L'API se base sur plusieurs modèles numériques globaux (GFS, ICON, ECMWF ouvert, etc.) et fournit des données horaires pour :

- l'atmosphère (température, humidité, pressions, vent...)
- les précipitations
- l'océan (température de surface, vagues...)

Pour la surveillance des **cyclones tropicaux dans le Sud-Ouest de l'océan Indien**, Open-Meteo permet :

- ✓ la récupération automatisée de données atmosphériques essentielles
- ✓ la récupération de données marines (SST, vagues) utiles pour l'analyse d'intensification cyclonique
- ✓ des prévisions jusqu'à 4 jours
- ✓ des réponses en JSON faciles à exploiter

⚠ Ce n'est pas une API spécialisée cyclone (pas de suivi d'œil, trajectoire officielle, intensité).

Elle sert à **alimenter ton propre système de détection + modèle d'alerte.**

2. Endpoints utiles

2.1 Endpoint atmosphérique : prévisions / observations au sol

<https://api.open-meteo.com/v1/forecast>

Usage : récupération des données atmosphériques nécessaires à la détection cyclonique.

Exemple pour La Réunion :

```
https://api.open-meteo.com/v1/forecast?  
latitude=-21.1151&longitude=55.5364&hourly=temperature_2m,relative_humidit  
y_2m,pressure_msl,surface_pressure,wind_speed_10m,wind_direction_10m,preci  
pitation&elevation=0&forecast_days=4
```

2.2 Endpoint marin : océan / vagues / SST

<https://marine-api.open-meteo.com/v1/marine>

Usage : récupération du contenu thermique de surface, vagues et paramètres océaniques qui influencent l'intensification cyclonique.

Exemple pour La Réunion :

```
https://marine-api.open-meteo.com/v1/marine?
latitude=-21.1151&longitude=55.5364&hourly=sea_surface_temperature,wave_height&elevation=0&forecast_days=4
```

3. Paramètres essentiels

3.1 Paramètres géographiques

Paramètre	Description
latitude	Latitude du point étudié (La Réunion ≈ -21.1151)
longitude	Longitude (≈ 55.5364)
elevation=0	Obligatoire pour supprimer les corrections d'altitude automatiques de Open-Meteo (sinon altitude du modèle GFS = ~1600 m à La Réunion).

3.2 Paramètres météorologiques clés

Variable	Description	Importance cyclonique
temperature_2m	Température de l'air	détection convection
relative_humidity_2m	Humidité relative	forte humidité = environnement propice
pressure_msl	Pression réduite au niveau de la mer	baisse → signe de creusement
surface_pressure	Pression réelle au sol	utile si altitude ≠ 0
wind_speed_10m	Force du vent	rafales pré-cycloniques
wind_direction_10m	Direction du vent	changement = rotation cyclonique
precipitation	Pluie totale	bandes spiralées, convection

3.3 Paramètres océaniques

Variable	Description
sea_surface_temperature	SST, requise pour intensification cyclone (seuil 26.5°C)
wave_height	Hauteur significative des vagues (houle cyclonique)

3.4 Paramètres temporels

- `hourly=...` → valeurs heure par heure
- `forecast_days=4` → prévisions sur 4 jours (valeur max : 7)
- `timezone=auto` (optionnel mais recommandé)

4. Exemples d'appels API

4.1 En JavaScript (fetch)

```
const url = "https://api.open-meteo.com/v1/forecast?
latitude=-21.1151&longitude=55.5364&hourly=temperature_2m,relative_humidity_2m,pressure_msl,wind_speed_10m,wind_direction_10m,precipitation&forecast_days=4&elevation=0";

fetch(url)
  .then(res => res.json())
```

```
.then(data => console.log(data));
```

4.2 En cURL

```
curl "https://marine-api.open-meteo.com/v1/marine?  
latitude=-21.1151&longitude=55.5364&hourly=sea_surface_temperature,wave_height&forecast_days=4&elevation=0"
```

5. Exemple de réponse commentée

(*extrait simplifié*)

```
{  
    "latitude": -21.12,  
    "longitude": 55.53,  
    "elevation": 0,  
    "hourly_units": {  
        "temperature_2m": "°C",  
        "pressure_msl": "hPa",  
        "wind_speed_10m": "km/h"  
    },  
    "hourly": {  
        "time": ["2025-11-24T00:00", "2025-11-24T01:00"],  
        "temperature_2m": [24.4, 24.2],  
        "pressure_msl": [1015.7, 1016.1],  
        "wind_speed_10m": [4.0, 2.5]  
    }  
}
```

Commentaires :

- `time[]` : série horaire
- `pressure_msl[]` : utile pour détecter une **tendance à la baisse** → signe pré-cyclonique
- `wind_speed_10m[]` : accélérations anormales = bande convective
- `temperature_2m + humidity` : intensité de la convection

6. Limitations et risques

Modèle météo

- Basé sur GFS/ICON → résolution limitée (~20–27 km).
- Pas adapté à la localisation précise de l'œil d'un cyclone.

Précision locale à La Réunion

- Île montagneuse → conditions très variables → risque d'erreur.
- Correction par `&elevation=0` indispensable.

Pas de données spécialisées cyclone

- Pas de trajectoire officielle

- Pas d'intensité (vents moyens 1 min / 10 min, pas de pression centrale)

Interprétation nécessaire

Le système doit faire sa propre analyse :

- baisse rapide pression
- vent tournant
- humidité très élevée
- SST > 27°C

7. Schéma de flux d'intégration (Mermaid)

```

flowchart TD
A[Application Cyclone] --> B[Appels API Atmosphériques]
A --> C[Appels API Marines]

B --> D[Analyse Pression / Vent / Humidité]
C --> E[Analyse SST / Vagues]

D --> F[Détection précoce]
E --> F

F --> G[Modèle d'alerte cyclone]
G --> H[Interface utilisateur / Dashboard]

```

8. Usage du LLM dans la conception

Prompts utilisés

- analyse des données Open-Meteo
- validation des endpoints
- construction fiche API
- optimisation des paramètres

Aide apportée

- clarification des limites de l'API
- optimisation des requêtes pour La Réunion
- structuration d'une fiche API professionnelle

Erreurs détectées (hallucinations évitées)

- Open-Meteo ne fournit pas OHC → corrigé
- nécessité du paramètre elevation=0 → recommandé
- vérification des variables réellement disponibles

Règles anti-hallucination utilisées

- “n’invente pas la réponse si tu ne sais pas”
- vérification directe via appels API réels
- demande systématique de justification technique

9. Conclusion

Open-Meteo constitue une **excellente base de données météorologiques et marines gratuites** pour construire un **système de suivi cyclonique automatisé**, même si :

- la précision est limitée (modèles globaux),
- les données restent génériques (pas de trajectoire cyclone),
- l’altitude doit être corrigée pour La Réunion.

Pour un système complet, ton application devra :

- ✓ analyser les tendances (pression, vent, convection)
- ✓ combiner les données atmosphériques + marines
- ✓ ajouter un module IA/détection spécifique cyclone