

# Documentation

ELMA – Gestion des eaux souterraines (PoC Berrechid)

Version : 0.1.0 — Dernière mise à jour : JJ/MM/AAAA

---

## 1) Vue d'ensemble

La Plateforme ELMA est un démonstrateur (PoC) qui rend visibles les **bassins d'irrigation** de la **Nappe de Berrechid** et fournit des indicateurs **agrégés** pour appuyer le suivi de l'ABH.

Deux niveaux de résultat sont affichés : **bassins repérés** (points) et **bassins délimités** (polygones avec **volume estimé**).

---

## 2) Périmètre du PoC

**Inclus** : localisation des bassins d'irrigation, estimation de surfaces/volumes pour les bassins **délimités**, indicateurs agrégés par zone/période, séries **pluie** et **niveau piézométrique**.

**Exclus** : identification nominative, conformité individuelle, calcul du **pompage** à partir de l'ET, alertes d'infraction en temps réel.

**Usage** : résultats **indicatifs** nécessitant **vérification terrain** avant toute action coercitive.

---

## 3) Données utilisées et mise à jour

- **Imagerie Sentinel-2 (10 m)** pour repérage/délimitation.
- **MNT** (relief) pour contexte de pente.
- **Pluviométrie** (source ouverte agrégée) pour cumuls mensuels.
- **Piézométrie ABH** (m/sol) pour séries de niveau.
- **Référentiels** : limites de nappe et communes.  
**Fréquence d'actualisation** : mensuelle (imagerie et agrégats), selon disponibilité des données.

**Système de coordonnées : Lambert Maroc (EPSG:26191)** ; exports possibles en **WGS84**.

---

## 4) Méthode (résumé)

1. **Repérer (points)** : détection multi-dates d'objets par indices spectraux et deeplearning
  2. **Délimiter (polygones)** : lorsque l'image est nette et le contraste suffisant, on trace le contour pour calculer la **surface (A)** **sinon la détection s'effectue sans estimation du volume du bassin**.
  3. **Estimer le volume (V)** des bassins **délimités** via :  $V = \kappa \times A \times h_{\text{eff}}$ , avec des paramètres **par défaut** définis ci-dessous.
  4. **Agrégations temporelles** : indicateurs au **mois** (ou **année**) selon la période choisie.
  5. **Qualité** : échantillonnages visuels + retours terrain ABH ; les objets incertains restent au statut **repéré**.
- 

## 5) Indices utilisés (explications simples)

1. **NDWI** met en évidence l'eau : il compare la lumière verte et le proche infrarouge.

Une valeur NDWI **élevée** indique généralement une surface d'eau stable.

2. **MNDWI** remplace le proche infrarouge par l'infrarouge **moyen** pour mieux écarter les sols sombres.

En pratique, nous combinons **NDWI** et **MNDWI** pour réduire les faux positifs.

3. **NDVI** mesure la **végétation** : valeurs hautes = végétation dense, valeurs basses = peu ou pas de végétation.

Un **NDVI bas** nous aide à distinguer un bassin d'eau d'un champ vert.

4. **Albédo** = part de lumière **réfléchi**e par une surface : l'eau a un albédo **faible**.

Les **bâches plastiques** peuvent avoir un albédo variable ; on croise donc albédo et NDWI/MNDWI.

5. Nous analysons ces indices **sur plusieurs dates** pour éliminer les flaques temporaires après pluie.
6. Les **nuages et ombres** sont écartés avant calcul des indices.
7. Les objets trop **petits** (moins de quelques pixels) sont ignorés pour éviter les erreurs.
8. Si les indices restent **ambigus**, l'objet est classé **repéré** (point), pas **délimité**.

---

## 6) Hypothèses et paramètres (PoC)

- **Résolution spatiale : 10 m.** Les petits bassins (< ~100–150 m<sup>2</sup>) peuvent **échapper** à la détection.

## Hypothèses de profondeur et calcul de volume

Ce que nous mesurons :

- **Aire (A)** = surface du bassin au **bord supérieur** (contour/bâche) issue de la délimitation.
- **Profondeur utile (H)** = hauteur d'eau réellement **stockable** (on garde un **franc-bord** de sécurité en haut).

- **Volume (V) =  $V \approx A \times H \times 0,85$** . Le **0,85** résume la forme trapézoïdale, les **talus** et le franc-bord.

#### Hypothèses de forme (Berrechid) :

- Type dominant : **bassin excavé bâché**.
- **Talus** (pente des parois) : **1,5:1** (horizontal:vertical).
- **Franc-bord** (marge non stockable en haut) : **0,40 m** pour prévenir débordements (vent/pluie).

#### Profondeurs utiles par classe d'aire (règle simple et défendable) :

Classe	Aire segmentée A	H (profondeur utile)	Justification terrain
P1 – petit	$A < 800 \text{ m}^2$	4,0 m	Terrassement simple, sécurité, coût contenu
P2 – moyen	800–2 500 $\text{m}^2$	5,0 m	Cas le plus courant, bon compromis $\text{m}^3/\text{dirham}$
P3 – grand	$A > 2\,500 \text{ m}^2$	6,0 m	Exploitations capitalisées, autonomie recherchée

#### Rappel limitations :

- La **profondeur n'est pas observée** directement par satellite : ces valeurs sont **des hypothèses par classe** à confirmer par **mesures terrain**.
  - **Facteur de forme ( $\kappa$ ) : 0,55** (talus moyens, bâches fréquentes).
  - **Référence piézométrique : m/sol** (NGF si fourni par l'ABH).
  - **Période d'analyse** : selon couverture exploitable.
-

## 7) Limitations connues

- **Sous-détection** possible : objets très petits, couverts, sous ombre ou confondus avec structures non agricoles.
  - **Nuages/saisonnalité** : certaines périodes d'image sont inutilisables, créant des **trous temporels**.
  - **Contours** : bords flous ou brillants (bâches) → **incertitude de surface** ( $\pm 1-2$  pixels).
  - **Volumes** : dépendent de **h\_eff** et **κ** ; tant qu'ils ne sont pas **étalonnés localement**, l'incertitude reste **systématique**.
  - **Séries externes** (pluie/piézométrie) : qualité variable selon station/source.
- 

## 8) Indicateurs affichés dans l'interface

- **Bassins d'irrigation : repérés — dont délimités (volume estimé).**
  - **Surface affichée à l'écran (ha)** — somme des surfaces des polygones visibles.
  - **Nouveaux bassins (période)** — valeur et **variation (%)** par rapport à la période précédente.
  - **Historique 2D – Résumé** — évolution annuelle du nombre de **délimités**.
- 

## 9) Validation et traçabilité

- **Contrôles visuels** réguliers sur échantillons.
  - **Contre-vérifications terrain** ponctuelles avec l'ABH.
  - Chaque version indique sa **date d'ingestion** et sa **version de modèle**.
-

## 10) Améliorations prévues

1. **Imagerie plus fine** ( $\leq 1$  m) sur zones prioritaires pour capter les petits bassins.
  2. **Segmentation renforcée** (apprentissage multi-saison, corrections ABH).
  3. **Étalonnage local** de  **$h_{eff}$**  et  **$\kappa$**  par mesures de profondeur.
  4. Ajout de la chaîne **ET  $\rightarrow$  pompage** (phase suivante).
  5. Intégration **InSAR** (subsidence) et **GRACE** (tendances de masse) au niveau bassin.
  6. **API/exports** normalisés et **liens partageables** de vues.
- 

## 11) Glossaire

- **Bassin d'irrigation repéré** : présence localisée (point), **pas** de volume.
  - **Bassin d'irrigation délimité** : polygone avec **surface** et **volume estimé**.
  - **Niveau piézométrique (m/sol)** : profondeur de la nappe sous le terrain naturel.
  - **$\Delta\%$  total** : variation relative entre la première et la dernière année affichées.
  - **Albédo** : part de lumière réfléchie par une surface (0 = noir, 1 = très clair).
- 

## 12) Mentions & contacts

**Responsable** : ELMA Water Technologies — **Usage PoC, résultats indicatifs.**

**Contact support** : support@elma-platform.com — +212 XXX XX XX XX.

**Crédits données** : Copernicus Sentinel-2, pluviométrie sources ouvertes, piézométrie ABH.