

Documentation du MCD / MLD

Projet : IGE487 — Herbivorie (Automne 2025)

Auteur : Rachid Saba, Dieynaba Ndiaye, Moustapha Sow, Alhassane Drame, Marc Olivier Béné, Hadja Fanta Sylla

Encadrement : Prof. Luc Lavoie

1. Sommaire

Le présent document s'inscrit dans le cadre du projet de session (Jalon 2), et vise à présenter les modèles conceptuel et logique de la base de données Herbivorie.

Il décrit :

- Le formalisme entité-association (EAE).
- Les contraintes identifiées à partir d'analyse.
- Le dictionnaire de données précisant les entités, les attributs, les associations et les types.

L'objectif est de fournir une représentation claire et normalisée du "système d'information" afin de faciliter la compréhension, la maintenance et l'intégration des données par une équipe tierce.

2. Contexte

Le projet Herbivorie s'inscrit dans une démarche de suivi écologique visant à centraliser, structurer et exploiter les données recueillies sur le terrain par des équipes de biologistes. Ces données proviennent de différents sites d'observation et concernent principalement les caractéristiques des placettes, des plants, des peuplements et des conditions environnementales observées au fil du temps.

La base de données (BD) a pour objectif de faciliter la saisie, la conservation et la consultation des observations écologiques collectées par les biologistes lors de leurs activités de terrain. Elle devra permettre d'accumuler et de sécuriser les données recueillies tout au long du stage ou de la campagne d'observation, tout en assurant leur intégrité et leur cohérence.

3. Modélisation EAE

Nous allons formaliser notre analyse préliminaire à l'aide d'un schéma EAE.

3.1- Schéma

Synthèse du schéma entité-association utilisant la notation EAE d'Elmasri et Navathe.

- **Rappels sur la notation EAE**

Le modèle conceptuel de données Herbivorie est représenté à l'aide de la notation Entité-Association Étendue (EAE), permettant d'exprimer de manière claire les liens logiques entre les données écologiques et météorologiques observées sur le terrain.

Les entités sont représentées par des rectangles, les attributs par des ovales, et les associations par des losanges.

Un double rectangle indique une entité faible (par exemple : ObsDimension, ObsFloraison, ObsEtat), c'est-à-dire une entité dont l'existence dépend d'une autre entité.

Un double losange représente une association détermine, comme celles reliant certaines observations à leur contexte écologiques.

Lorsqu'un attribut participe à une clé totale (entité forte), il est souligné d'un trait plein ; s'il participe à une clé partielle (entité faible), il est souligné d'un trait pointillé.

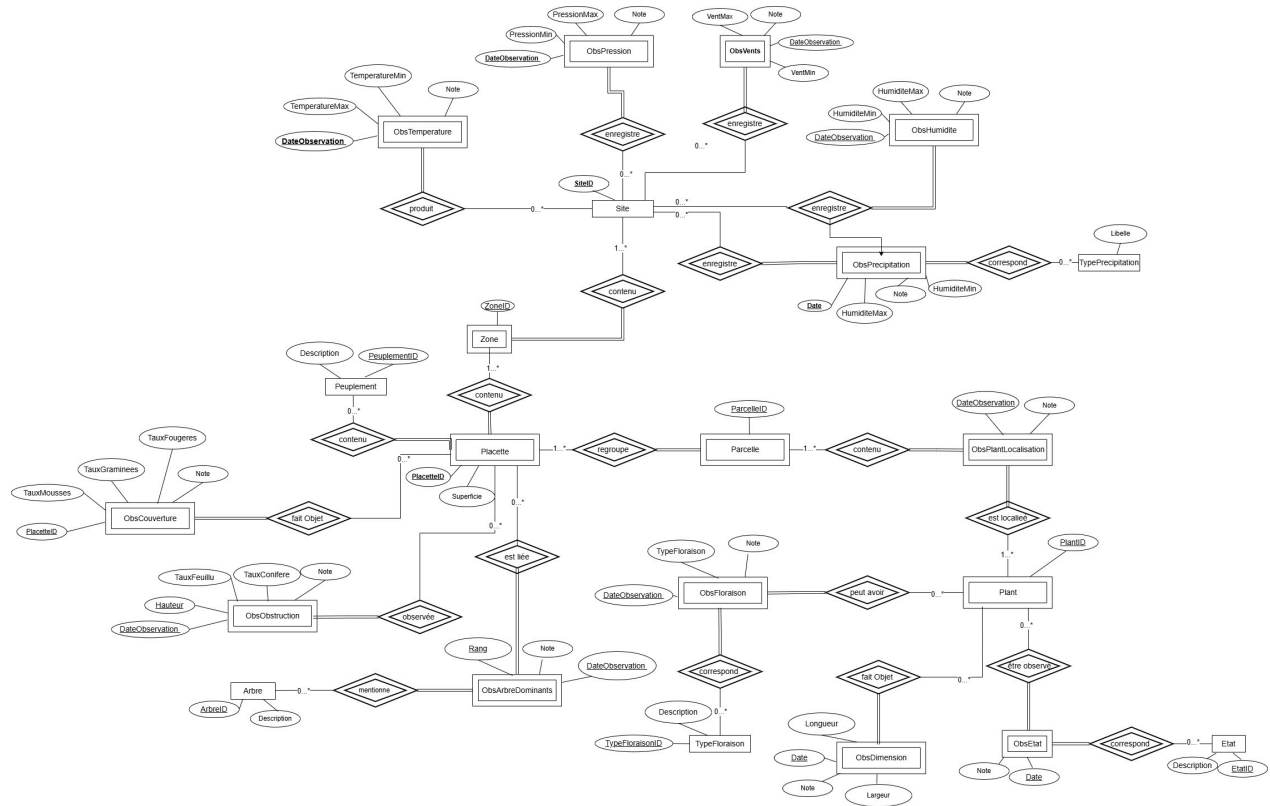
Ce principe permet de distinguer les identifiants autonomes (ex. : *PlantID*, *PlacetteID*) des identifiants dépendants (ex. : *PlantID* + *DateObservation* pour une observation).

Les participations des termes d'une association sont indiquées par leurs bornes entre parenthèses (*min*, *max*).

Par exemple, une *Zone* contient (1, *) *Placettes*, alors qu'une *Placette* appartient à (1,1) *Zone*.

Cette notation suit la convention d'**Abrial**, où les valeurs (min,max) expriment le nombre de participation possibles d'une occurrence d'entité a une association.

Diagramme proposé



4. Contraintes du MCD

1. Une zone est contenue dans un Site
2. Un Site contient plusieurs Zone
3. Une Placette est contenue dans une Zone
4. Une Zone contient plusieurs Placettes
5. Une Placette regroupe plusieurs Parcelles
6. Une Parcelle appartient à une placette
7. Une Placette contient plusieurs Peuplement
8. Un Peuplement est contenu dans une Placette
9. Chaque Observation (dimension, floraison, état, plantLocalication) se rapporte à un Plant
10. Un Plant peut faire l'objet de plusieurs Observations au cours du temps
11. Une ObsCouverture est associée à une seule Placette
12. Une Placette fait l'objet de plusieurs ObsCouverture
13. Une *ObsObstruction* est associée à une seule *Placette*

14. Une Placette peut observer plusieurs ObsObstruction
15. Une *ObsArbreDominants* est associée à une seule Placette et à plusieurs *arbres*
16. Un *arbre* peut apparaître comme dominant dans plusieurs *placettes*
17. Une Observation météorologique(température, humidité, pression, vent, précipitation) est enregistrée pour un seul Site
18. Un Site enregistre plusieurs Observations météorologiques au fil du temps
19. Pour toute *observation météorologique*, la borne minimale doit être inférieure ou égale à la borne maximale.
Exemple : $TemperatureMin \leq TemperatureMax$, $HumiditeMin \leq HumiditeMax$, $PressionMin \leq PressionMax$.
20. La date d'une *observation biologique* ou *météorologique* doit être comprise dans la période d'étude du *site* correspondant.
21. Chaque entité d'observation (ObsDimension, ObsFloraison, ObsEtat, ObsCouverture, etc.) dépend de l'existence préalable de la *placette* ou du *plant* observé.
22. Une *ObsPrécipitation* est associée à un seul *type de précipitation* (pluie, neige, grêle).
23. Un *type de précipitation* peut être partagé par plusieurs observations.
24. Une *ObsFloraison* est associée à un seul *TypeFloraison*.
25. Un *TypeFloraison* peut concerner plusieurs observations.
26. Une *ObsEtat* se réfère à un seul *état*
27. Un *Etat* peut être partagé par plusieurs observations.

5. Dictionnaire de données du MCD

Le dictionnaire de données (DD) est présenté en trois sous-sections :

- Entités (et attributs)
- Associations
- Types.

5-1) Entités et attributs

SITE

Le site constitue l'unité géographique principale d'observation. Il regroupe plusieurs zones et centralise les différentes mesures météorologiques effectuées sur le terrain.

Attribut	Type	Description
----------	------	-------------

SiteID	Site_id	Identifiant unique du site d'étude
--------	---------	------------------------------------

ZONE

Une zone correspond à un secteur d'étude à l'intérieur d'un site. Elle regroupe plusieurs parcelles.

Attribut	Type	Description
ZoneID	Zite_id	Identifiant unique d'une zone
Site_id	Site_id	Référence vers le site d'appartenance

PARCELLE

Une parcelle regroupe plusieurs placettes situées dans une même zone.

Attribut	Type	Description
ParcelleID	Parcelle_id	Identifiant d'une parcelle
PlacetteID	Placette_id	Référence vers la zone d'appartenance (identifiant)

PLACETTE

Unité de base d'observation sur le terrain, la placette est liée à une parcelle et à un peuplement.

Attribut	Type	Description
PlacetteID	Placette_id	Identifiant unique d'une placette
Superficie	Superficie	Surface de la placette
CoordonneesX	CoordPlacette_m	Coordonnée X
CoordonneesY	CoordPlacette_m	Coordonnée Y
ZoneID	Zone_id	Référence vers la zone d'appartenance
PeuplementID	Peuplement_id	Référence vers le type de peuplement

PEUPLEMENT

Représente le type d'habitat ou de formation végétale auquel appartient une placette.

Attribut	Type	Description
PeuplementID	Peuplement_id	Identifiant unique d'un peuplement
Description	Description	Type de milieu

PLANT

Représente un individu végétal observé dans une parcelle.

Attribut	Type	Description
PlantID	Plan_id	Identifiant unique d'un plant

ETAT

Table de référence décrivant l'état physiologique d'un plant.

Attribut	Type	Description
EtatID	Etat_id	Identifiant unique d'un etat
Description	Description	Exemples : vivant, brouté, mort, endommagé

TYPEFLORAISON

Table de référence précisant les types de floraison observés.

Attribut	Type	Description
TypeFloraisonID	TypeFloraison_id	Identifiant unique d'un type de floraison
Description	Description	Libellé descriptif de la floraison

OBSDIMENSION

Mesures physiques d'un plant.

Attribut	Type	Description
DateObservation	Date_eco	Date d'observation (identifiant)
Longueur	Dim_mm	Mesure
Largeur	Dim_mm	Mesure
Note	Description	Commentaire
PlantID	Plant_id	Référence vers Plant (identifiant)

OBSETAT

État physiologique observé du plant.

Attribut	Type	Description
DateObservation	Date_eco	Date d'observation ((identifiant)
Note	Description	Commentaire
PlantID	Plant_id	Référence vers Plant (identifiant)
Etat	Etat_id	Référence vers Plant

OBSFLORAISON

Suivi de la floraison.

Attribut	Type	Description
DateObservation	Date_eco	Date d'observation (identifiant)
Note	Description	Commentaire
PlantID	Plant_id	Référence vers Plant (identifiant)
TypeFloraison	TypeFloraison_id	Référence vers TypeFloraison

OBSARBREDOMINANTS

Arbres dominants notés dans une placette à une date.

Attribut	Type	Description
----------	------	-------------

DateObservation	Date_eco	Date d'observation (identifiant)
Note	Description	Commentaire
Rang	RangArbresDominants	Ordre de dominance (unique)
PlacetteID	Placette_id	Référence vers placette (identifiant)
ArbreID	Arbre_id	Référence vers arbre (identifiant)

OBSCOUVERTURE

Taux de recouvrement par couche végétale d'une placette.

Attribut	Type	Description
DateObservation	Date_eco	Date d'observation (identifiant)
Note	Description	Commentaire
TauxMousses	TauxNumeric	Pourcentage (%)
TauxGraminees	TauxNumeric	Pourcentage (%)
TauxFougeres	TauxNumeric	Pourcentage (%)
PlacetteID	Placette_id	Référence vers placette (identifiant)

OBSOBSTRUCTION

Obstruction / fermeture du couvert

Attribut	Type	Description
DateObservation	Date_eco	Date d'observation (identifiant)
Note	Description	Commentaire
Hauteur	Hauteur	Mésure
TauxFeuillu	TauxNumeric	Pourcentage (%)
TauxConifere	TauxNumeric	Pourcentage (%)
PlacetteID	Placette_id	Référence vers placette (identifiant)

OBSPLANTLOCALISATION

Affinage de la position d'un plant dans la placette.

Attribut	Type	Description
DateObservation	Date_eco	Date d'observation (identifiant)
Note	Description	Commentaire
CoordonneesX	CoordPlant_m	Coordonnées de X
CoordonneesY	CoordPlant_m	Coordonnées de Y
PlantID	Plant_id	Référence vers plant (identifiant)
PlacetteID	Placette_id	Référence vers placette
ParcelleID	Parcelle_id	Référence vers parcelle

OBSTEMPERATURE

Attribut	Type	Description
DateObservation	Date_eco	Date d'observation (identifiant)
Note	Description	Commentaire
TemperatureMin	Temperature	Degré Celsius
TemperatureMax	Temperature	Degré Celsius
SiteID	Site_id	Référence vers le site (identifiant)

OBSHIMIDITE

Attribut	Type	Description
DateObservation	Date_eco	Date d'observation (identifiant)
Note	Description	Commentaire
HumiditeMin	Himidite	Pourcentage (%)
HumiditeMax	Humidite	Pourcentage (%)
SiteID	Site_id	Référence vers le site (identifiant)

OBSPRESSION

Attribut	Type	Description
DateObservation	Date_eco	Date d'observation (identifiant)
Note	Description	Commentaire
PressionMin	Pression	Pression(hpa)
PressionMax	Pression	Pression(hpa)
SiteID	Site_id	Référence vers le site (identifiant)

OBSVENTS

Attribut	Type	Description
DateObservation	Date_eco	Date d'observation (identifiant)
Note	Description	Commentaire
VentMax	VitesseVent	Vitesse maximale (km/h ou m/s)
VentMin	VitesseVent	Vitesse minimale (km/h ou m/s)
SiteID	Site_id	Référence vers le site (identifiant)

OBSPRECIPITATION

Attribut	Type	Description
DateObservation	Date	Date d'observation (identifiant)
Note	Varchar (250)	Commentaire
PrecipitationTotale	Decimal(6,2)	Précipitation totale
SiteID	Site_id	Référence vers le site (identifiant)
TypePrecipitation	TypePrecipitation_id	Référence vers le typePrecipitation (identifiant)

5-2. Associations

Acronyme :

- **DC** : dérivation conjointe
- **DD** : dérivation disjointe
- **DF** : dépendance fonctionnelle

Relations spatiales (site --> zone --> parcelle --> placette)

- **Contient : (1, *) Site DF Zone**
Prédicat. Un site regroupe une ou plusieurs zones;
Chaque zone appartient à un seul site.
- **Contient: (1, *) Zone DF Parcelle**
Prédicat. Une zone regroupe une ou plusieurs parcelles;
Chaque parcelle appartient à une seule zone.
- **Regroupe : (1, *) Parcelle DF Placette**
Prédicat. Une parcelle contient une ou plusieurs placettes;
Chaque placette appartient à une seule parcelle.
- **Contient: (0, *) Peuplement DF Placette**
Prédicat. Un type de peuplement peut caractériser plusieurs placettes;
Chaque placette est caractérisée par un seul peuplement.

Relations biologiques (placette <--> plant <--> observations)

- **HébergePlants : (1, *) Placette DF Plant**
Prédicat. Une placette héberge un ou plusieurs plants; un plant est observé dans une seule placette.
- **Fait objet : (1, *) Plant DF ObsDimension**
Prédicat. Un plant peut avoir plusieurs mesures de dimension datées;
Chaque ObsDimension concerne un plant unique.
- **Peut avoir : (1, *) Plant DF ObsFloraison**
Prédicat. Un plant peut avoir plusieurs observations de floraison;
Chaque obsFloraison concerne un plant unique.
- **Etre observé : (1, *) Plant DF ObsEtat**
Prédicat. Un plant peut avoir plusieurs observations d'état;
Chaque obsEtat concerne un plant unique.

- **Correspond: (1, *) ObsFloraison DF TypeFloraison**
Prédicat. Chaque observation de floraison référence exactement un type de floraison;
 Un type peut être référencé par plusieurs observations.
- **Correspond : (1, *) ObsEtat DF Etat**
Prédicat. Chaque observation d'état référence exactement un état;
 Un état peut être référencé par plusieurs observations.
- **Fait objet : (1, *) Placette DF ObsCouverture**
Prédicat. Une placette peut avoir plusieurs relevés de couverture datés;
 Chaque ObsCouverture concerne une seule placette.
- **Observée : (1, *) Placette DF ObsObstruction**
Prédicat. Une placette peut avoir plusieurs relevés d'obstruction;
 Chaque ObsObstruction concerne une seule placette.
- **Est liée : (1, *) Placette DF ObsArbreDominants DF Arbre**
Prédicat. Un relevé d'arbres dominants associe, une placette et un (ou plusieurs) arbres classés par rang.
 Une placette peut avoir plusieurs ObsObstructions.

Relations météorologiques (site <--> météo)

- **Enregistre: (1, *) Site DF ObsTemperature**
Prédicat. Un site enregistre des températures datées;
 Chaque ObsTemperature est rattachée à un seul site.
- **Enregistre: (1, *) Site DF ObsHumidite**
Prédicat. Un site enregistre des ObsHumidité datées;
 Chaque ObsHumidité est rattachée à un seul site.
- **Enregistre : (1,*) Site DF ObsPression**
Prédicat. Un site enregistre des ObsPression datées;
 Chaque ObsPression est rattachée à un seul site
- **Enregistre : (1,*) Site DF ObsVents**
Prédicat. Un site enregistre des ObsVents datées;

Chaque ObsVents est rattachée à un seul site

- **Enregistre : (1,*) Site DF ObsPrecipitation**

Prédicat. Chaque ObsPrécipitation concerne un site.

Un site enregistre des ObsPrécipitation datées

- **Correspond: (1,*) ObsPrecipitation DF TypePrecipitation**

Prédicat. Chaque observation de précipitation correspond exactement un type;

Un type peut être référencé par plusieurs obsprecipitation.

5.3 TYPES

Plusieurs types ont été utilisés dans la section précédente. En voici un recensement :

Identifiants

Type	Représentation	Contrainte
Arbre_id	Lettres majuscules	^[A-Z]+\$
Peuplement_id	4 lettres majuscules	[A-Z]{4}
Site_id	S + 2 chiffres	^S[0-9]{2}\$
Zone_id	Z+ 2 chiffres + S + + 2 chiffres	^Z[0-9]{2}S[0-9]{2}\$
Placette_id	Lettre majuscule + chiffre	^[A-Z][0-9]
Parcelle_id	Entier	VALUE BETWEEN -1 AND 99
Plan_id	2–3 lettres + 3–4 chiffres	^[A-Z]{2,3}[0-9]{3,4}\$
Etat_id	1 lettre majuscule	^[A-Z]\$
TypePrecipitation_id	1 lettre majuscule	^[A-Z]\$
TypeFloraison_id	2 lettre majuscule	^[A-Z]{2}\$

Date

Type	Représentation	Contrainte
Date_eco	(YYYY-MM-DD)	VALUE >= DATE '1582-12-20'

Texte

Type	Représentation	Contrainte
Description	Texte	0–250 caractères

Mesures biologiques et spatiales

Type	Unité	Contrainte
Dim_mm	Millimetre	BETWEEN 0.00 AND 1000.00
Superficie	Mètre carré	VALUE > 0.00
CoordPlant_m	Mètre	BETWEEN 0.00 AND 1.00
CoordPlacette_m	Mètre	BETWEEN 0 AND 200.00
RangArbresDominants	Entier	BETWEEN 1 AND 3
Hauteur	Entier	BETWEEN 1 AND 2

Grandeurs météorologiques

Type	Unité	Contrainte
Température	Degré Celsius	BETWEEN -60 AND 60
Humidité	Pourcentage	BETWEEN 0 AND 100
Pression	Hectopascals	BETWEEN 800 AND 1100
VitesseVent	Kilomètre/heure	BETWEEN 0 AND 300
Precipitation_mm	Milimetre	VALUE >= 0

Pourcentage

Type	Représentation	Contrainte
TauxNumeric	Pourcentage	BETWEEN 0.00 AND 100.00

6. Modèle logique de données

La logique de la BD repose sur l'utilisation de domaines typés pour documenter les unités et les contraintes de validité, la décomposition des observations en tables spécialisé afin de mieux gérer les données manquantes, et l'utilisation systématique de clés primaires et étrangères pour assurer l'intégrité référentielle. Des vues synthèse complètent le schéma pour offrir à une équipe tierce des points d'entrés simple et stable à la consommation et à l'analyse des données sans avoir à connaître tous les détails interne du modèle,

Domaines : les domaines définissent des types réutilisables avec des contraintes.

- **Identifiants :** Arbre_id, Peuplement_id, Site_id, Zone_id, Placette_id, Parcelle_id, Plant_id, Etat_id, TypePrecipitation_id, TypeFloraison_id.
- **Mesures :** Temperature, Humidite, Pression, VitesseVent, Precipitation_mm, Dim_mm, TauxNumeric, Superficie, CoordPlant_m, CoordPlacette_m, RangArbresDominants , Hauteur.
- **Date :** Date_eco (date d'observation, $\geq 1582-12-20$).
- **Champs textuels :** Description.

Ces domaines permettent à une équipe tierce de comprendre les contraintes sémantiques.

Table de référence :

- Peuplement (PeuplementID, Description)
- Arbre (ArbreID, Description)
- Etat (EtatID, Description)
- TypePrecipitation (TypePrecipitationID, Libelle)
- TypeFloraison (TypeFloraisonID, Description)

Ces tables sont de petites dimensions et servent à valider les unités dans les observations et à faciliter les jointures descriptives.

Structure spéciale

- Site (SiteID)
- Zone (ZoneID, SiteID)
- Placette (PlacetteID, ZoneID, PeuplementID, Superficie, CoordonneesX, CoordonneesY)
- Parcelle (ParcelleID, PlacetteID)

Ces entités servent de point de rattachement virtuel pour les cas hors site, sans violer l'intégrité référentielle.

Structure biologique et observation de plant

- Plant (PlantID) : référentiel des plants.
Observations liées à un plant (PlantID, DateObservation comme clé logique) :
- ObsPlantLocalisation(PlantID, DateObservation, PlacetteID, ParcelleID, CoordonneesX, CoordonneesY, Note)
- ObsFloraison(PlantID, DateObservation, TypeFloraison, Note)
- ObsDimension(PlantID, DateObservation, Longueur, Largeur, Note)
- ObsEtat(PlantID, DateObservation, Etat, Note)

Chaque table encode un type d'observation spécifique. L'absence de ligne signifie **pas d'observation de ce type** pour ce plant cette date

Observation de placette

- ObsCouverture (PlacetteID, DateObservation, TauxMousses, TauxGraminees, TauxFougères, Note)
- ObsObstruction(PlacetteID, DateObservation, Hauteur, TauxFeuillu, TauxConifere, Note)
- ObsArbreDominants(PlacetteID, ArbreID, DateObservation, Rang, Note)

Les clés sont composées de l'identifiant de la placette, de la date, et de la hauteur ou du rang. Cela permet de représenter plusieurs mesures pour une même placette de date (deux hauteurs d'obstruction, jusqu'à trois arbres dominants)

Observations météorologiques

- ObsTemperature(SiteID, DateObservation, TemperatureMin, TemperatureMax, Note)
- ObsHumidite(SiteID, DateObservation, HumiditeMin, HumiditeMax, Note)
- ObsPression(SiteID, DateObservation, PressionMin, PressionMax, Note)
- ObsVents(SiteID, DateObservation, VentMin, VentMax, Note)
- ObsPrecipitation(SiteID, DateObservation, TypePrecipitation, PrecipitationTotale, Note)

L'indexation se fait naturellement par (siteID, DateObservation); les contraintes check garantissent que les valeurs $\max \geq \min$.

Vues de synthèse pour consommation externe

Pour une équipe qui veut s'alimenter en données. Il est recommandé d'utiliser en priorité les vues de synthèse plutôt que de joindre manuellement les tables de base

VueMeteoSynthese

Vue par Site et DateObservation, agrégeant les mesures météo disponibles :

- SiteID, DateObservation SiteID, DateObservation. TemperatureMin, TemperatureMax, HumiditeMin, HumiditeMax, VentMin, VentMax, PressionMin, PressionMax, PrecipitationTotale, TypePrecipitation

La vue fusionne les différentes tables ObsTemperature, ObsHumidite, ObsVents, ObsPression, ObsPrecipitation. Elle est adaptée aux usages de modélisation climatique ou de jointures espaciales avec les données écologiques.

VuePlacetteSynthese

Vue par Placette et dateObservation, combinant :

- Taux de couverture (TauxMousses, TauxGraminees, TauxFougeres)
- Taux d'obstruction à 1 m et 2 m (TauxFeuillu1/2, TauxConifere1/2)
- Arbres dominants 1, 2, 3 (libellés des espèces)

C'est le point d'entrée recommandé pour des analyses au niveau placette (structure du sous-bois, lumière composition en arbre dominants)

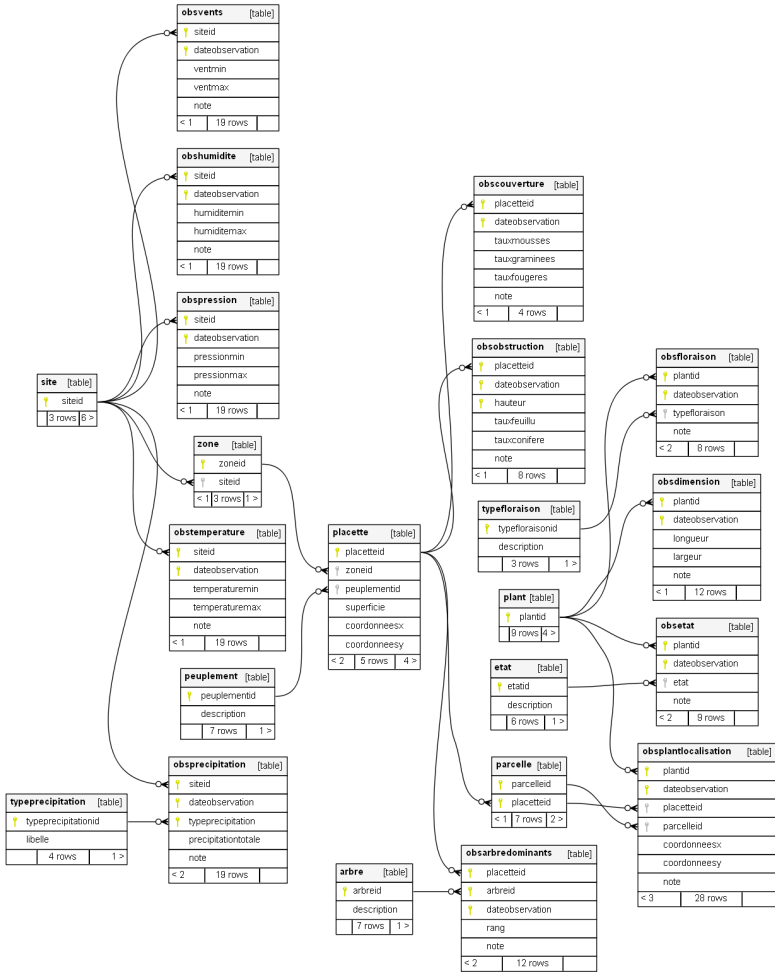
VuePlantSynthese

Vue par Plant et DateObservation, combinant :

- Localisation (PlacetteID, ParcelleID, CoordonneesX, CoordonneesY)
- Floraison (TypeFloraison)
- Dimensions (Longueur, Largeur)
- État (Etat)

Cette vue est adaptée pour toutes les analyses centrées sur l'individu (croissance, survie, reproduction).

Diagramme relationnel :



vueplacetessynthese	[view]
placetteid	
dateobservation	
tauvmousses	
tauvmousses	
tauvfougeres	
tauvfeuillu1	
tauvconfiere1	
tauvfeuillu2	
tauvconfiere2	
arbreredominant1	
arbreredominant2	
arbreredominant3	

vuemeteosynthese	[view]
siteid	
dateobservation	
temperaturemin	
temperaturemax	
humidtermin	
humidtermix	
ventmin	
ventmax	
pressionmin	
pressionmax	
precipitationtotale	
typeprecipitation	

vueplantsynthese	[view]
plantid	
dateobservation	
typeforaison	
longueur	
largeur	
etat	
placetteid	
parcelleid	
coordonneesx	
coordonneesy	