

Présentation des modèles conceptuels et logique de l'herbivorie

Par

Étienne Toupin, Mathieu Fortier, Mikaël Lachaîne, Imène Kara Mostefa, Mikaël Demers,
Antoine-Olivier Monaco

Travail présenté à

Luc Lavoie

Dans le cadre du cours

IGE487 - Modélisation de bases de données

Université de Sherbrooke

14 novembre 2025

Date de prestation initiale : 2020-11-26

Date de diffusion de la version 1.0.0 (Jalon 2) : 2025-11-14

Objectif : Améliorer et compléter le modèle de l'herbivorie présenté dans le cadre du Jalon 1 du projet du cours IGE487.

Sommaire	3
Introduction	3
1.1 Objet et portée du document	3
1.2 Évolution du document	3
1.3 Travail en cours ou projeté	4
1.4 Contenu des sections	4
1.5 Notation	4
2. Le cas d'étude Herbivorie et Météo	5
3. Démarche	6
3.1 Entités fortes (attributs stockés et uniques ; clés)	6
3.2 Associations simples	8
3.3 Associations déterminantes et entités faibles	8
3.4 Observations temporelles	9
3.5 Autres associations (pour la prise de données)	11
3.6 Dérivations et unions	11
3.6.1 Observation — (σ) — Placette, Plant, Météo	11
3.6.2 Contraintes d'intégrité	12
3.6.3 Union logique	12
3.7 Attributs multiples	12
3.8 Attributs calculés	13
3.9 DF et FNBC et DJ et 5FN	13
3.10 Invariants	15
4. Modifications	21
5. Conclusion	23

Sommaire

Le présent document s'inscrit dans le cadre du projet Travail de Session pour le cours IGE487. Il a pour principaux objectifs de:

- Familiariser le lecteur à la traduction du schéma conceptuel et du contexte du projet.
- Présenter les différentes relations présentes dans la base de données Herbivorie et Carnet météo.
- Permettre au lecteur de constater que le schéma produit est normalisé et comment nous sommes parvenus à ce résultat.
- Fournir une base de référence technique pour le modèle éventuellement utilisé par des biologistes.
- Décrire les différentes modifications apportées au modèle initial fourni par le professeur du cours (séparées par jalon).
- Donner une vision globale, structurée et normalisée de la base de données du projet Herbivorie et Carnet météo.
- Montrer et expliquer les problèmes de la solution apportée et les modifications appliquées pour régler ceux-ci.

Introduction

1.1 Objet et portée du document

Ce document décrit la conception logique relationnelle d'une base de données destinée à la collecte et à la gestion de données écologiques dans le cadre du projet *Herbivorie*. La démarche inclut la traduction systématique d'un schéma conceptuel (avec la notation de Merise) en un schéma relationnel normalisé en 5FN.

La portée principale :

- Fournir une modélisation relationnelle rigoureuse pour l'entreposage des données de terrain écologique.
- Définir la structure optimale pour supporter les analyses du projet Herbivorie et du Carnet météo.
- Établir les contraintes d'intégrité et règles de gestion nécessaires au bon fonctionnement de ce modèle.
- Présenter les problèmes identifiés dans le modèle de l'herbivorie suite au jalon 1.

1.2 Évolution du document

Le document est en développement itératif. La présente version représente correctement le modèle, suite aux modifications en lien avec le jalon 1, ainsi que les modifications apportées pour la jalon 2.

1.3 Travail en cours ou projeté

Pour les prochaines itérations :

- Implémentation des contraintes sur les types, ainsi que des triggers pour faire les assertions sur les tables.
- Définition des vues pour l'analyse des données (afin d'établir des rapports).
- Documentation des procédures de migration de données.
- Spécification des interfaces machine-machine (IMM) supplémentaires nécessaires au fonctionnement des systèmes.
- Ajout d'index nécessaire pour optimiser la base de données.

1.4 Contenu des sections

Section 2 : Présentation du cas d'étude Herbivorie et contexte écologique.

Section 3 : Démarche méthodologique de conception relationnelle.

Section 4 : Présentation des modifications apportées à la base de données, ainsi que les différentes modifications apportées pour le Jalon 2.

Section 5 : Conclusion sur les points précédents.

1.5 Notation

EA : Modèle entité-association.

DF : dépendance fonctionnelle.

DJ : dépendance de jointure.

IMM : Interface machine-machine.

PK : Clé primaire.

FK : Clé secondaire.

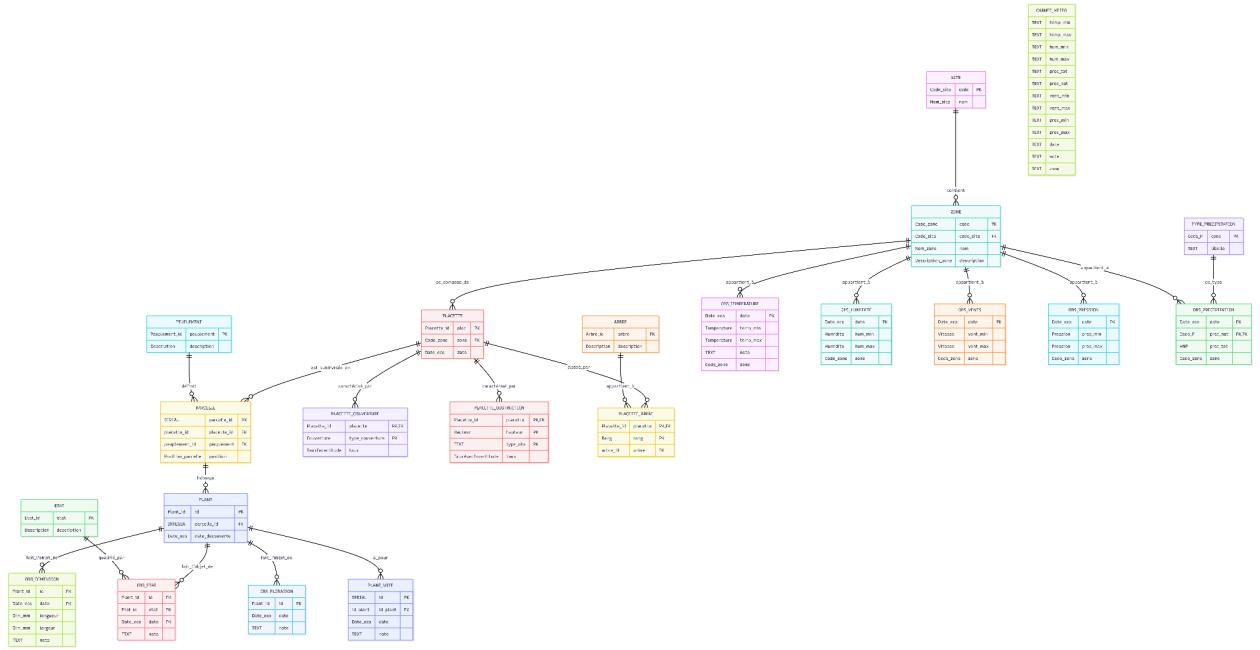
DFNC : dépendance fonctionnelle NON induite par les clés candidates.

FNBC : forme normale de Boyce-Codd.

5FN : cinquième forme normale.

2. Le cas d'étude Herbivorie et Météo

Figure 1 — Diagramme EA du cas d'étude Herbivorie



** Voir le fichier "Diagramme_Herbivorie.svg" pour une image claire du cas d'étude.

3. Démarche

La démarche pour présenter le schéma relationnel de l'herbivorie et du carnet météo comprend les étapes suivantes :

- (1) Entités fortes (attributs stockés et uniques ; clés)
- (2) Associations simples
- (3) Entités faibles et associations déterminantes (attributs stockés et uniques ; clés)
- (4) Dérivations et unions
- (5) Attributs multiples
- (6) Attributs calculés
- (7) DF et FNBC ; DJ et 5FN
- (8) Invariants

3.1 Entités fortes (attributs stockés et uniques ; clés)

Site {

 code: Code_site, -- Code du site (2 lettres majuscules)
 nom: Nom_site, -- Nom complet du site
 clé {code} }

Zone {

 code: Code_zone, -- Code de la zone
 code_site: Code_site, -- Référence au site
 nom: Nom_zone, -- Nom de la zone
 description: Description_zone, -- Description de la zone
 clé {code} }

Peuplement {

 peuplement: Peuplement_id, -- Code du peuplement (4 lettres majuscules)
 description: Description, -- Description du type de peuplement
 clé {peuplement} }

Arbre {

 arbre: Arbre_id, -- Code identifiant la variété d'arbre

 description: Description, -- Description de la variété

 clé {*arbre*} }

Etat {

 etat: Etat_id, -- Code d'état du plant (1 lettre majuscule)

 description: Description, -- Description de l'état

 clé {*etat*} }

Placette {

 plac: Placette_id, -- Code de la placette (Lettre+Chiffre)

 zone: Code_zone, -- Référence à la zone

 date: Date_eco, -- Date de caractérisation

 clé {*plac*} }

Parcelle {

 parcelle_id: SERIAL, -- Identifiant unique de la parcelle

 placette_id: Placette_id, -- Référence à la placette

 peuplement: Peuplement_id, -- Référence au type de peuplement

 position: Position_parcelle, -- Position (0–99)

 clé {*parcelle_id*} }

Plant {

 id: Plant_id, -- Identifiant unique du plant (MM[A-C][0-9]{4})

 placette: Placette_id, -- Placette contenant le plant

 parcelle: Parcellle, -- Subdivision (0–99)

 date: Date_eco, -- Date de première identification

 clé {*id*} }

```
TypePrecipitations {
    code: Code_P,          -- Code du type de précipitation (1 lettre majuscule)
    libelle: TEXT,          -- Libellé descriptif
    clé {code} }
```

3.2 Associations simples

```
Placette_Arbre {
    placette: Placette_id,      -- Référence à la placette
    rang: INTEGER,             -- Ordre de dominance (1, 2, 3)
    arbre: Arbre_id,           -- Référence à l'espèce d'arbre
    clé {placette, rang} }
```

```
ObsFloraison {
    id: Plant_id,            -- Référence au plant
    date: Date_eco,          -- Date d'observation (première floraison)
    note: TEXT,               -- Note d'observation
    clé {id}                  -- Une seule observation de première floraison
```

3.3 Associations déterminantes et entités faibles

```
Placette_Obstruction {
    placette: Placette_id,      -- Référence à la placette
    hauteur: INTEGER,           -- Hauteur d'observation (1 ou 2 mètres)
    type_obs: TEXT,             -- Type d'obstruction
    taux: TauxAvecIncertitude,  -- Taux (%) d'obstruction avec incertitude sur le taux (%)

    clé {placette, hauteur, type_obs} }
```

```
Placette_Couverture {  
    placette: Placette_id,           -- Référence à la placette  
    taux: TauxAvecIncertitude,      -- Taux (%) de couverture avec incertitude sur le taux (%)  
    type_couverture: Couverture,   -- Type de couverture (fougères, mousses, graminées)  
    clé {placette, type_couverture} }  
Placette_Couverture {
```

```
    id: SERIAL,                  -- Identifiant unique de la note du plant  
    id_plant: Plant_id,          -- Référence du plant  
    date: Date_eco,              -- Date de la prise de note  
    note : TEXT,                 -- Note textuelle  
    clé {id} }
```

3.4 Observations temporelles

```
ObsDimension {  
    id: Plant_id,                -- Référence au plant  
    date: Date_eco,              -- Date d'observation  
    longueur: Dim_mm,            -- Longueur feuille (1-999 mm)  
    largeur: Dim_mm,             -- Largeur feuille (1-999 mm)  
    note: TEXT,                  -- Note d'observation  
    clé {id, date} }
```

```
ObsEtat {  
    id: Plant_id,                -- Référence au plant  
    date: Date_eco,              -- Date d'observation  
    etat: Etat_id,               -- État du plant  
    note: TEXT,                  -- Note d'observation  
    clé {id, date} }
```

```
ObsTemperature {  
    date: Date_eco,          -- Date de l'observation  
    temp_min: Temperature,   -- Température minimale (°C)  
    temp_max: Temperature,   -- Température maximale (°C)  
    note: TEXT,              -- Note éventuelle  
    zone: code_zone          -- Code de la zone  
    clé {date} }  
  
ObsHumidite {  
    date: Date_eco,          -- Date de l'observation  
    hum_min: Humidite,        -- Humidité minimale (%)  
    hum_max: Humidite,        -- Humidité maximale (%)  
    zone: code_zone          -- Code de la zone  
    clé {date} }  
  
ObsVents {  
    date: Date_eco,          -- Date de l'observation  
    vent_min: Vitesse,        -- Vent minimal (km/h)  
    vent_max: Vitesse,        -- Vent maximal (km/h)  
    zone: code_zone          -- Code de la zone  
    clé {date} }  
  
ObsPression {  
    date: Date_eco,          -- Date de l'observation  
    pres_min: Pression,       -- Pression minimale (hPa)  
    pres_max: Pression,       -- Pression maximale (hPa)  
    zone: code_zone          -- Code de la zone  
    clé {date} }  
  
ObsPrecipitations {
```

```

date: Date_eco,           -- Date de l'observation
prec_tot: HNP,            -- Hauteur de précipitations (mm)
prec_nat: Code_P,          -- Type de précipitation
zone: code_zone            -- Code de la zone

clé {date, prec_nat} }

```

3.5 Autres associations (pour la prise de données)

CarnetMeteo {

```

temp_min: TEXT,           -- Température minimale saisie
temp_max: TEXT,           -- Température maximale saisie
hum_min: TEXT,             -- Humidité minimale
hum_max: TEXT,             -- Humidité maximale
prec_tot: TEXT,            -- Précipitations totales
prec_nat: TEXT,            -- Nature des précipitations (texte codé)
vent_min: TEXT,             -- Vent minimal
vent_max: TEXT,             -- Vent maximal
pres_min: TEXT,             -- Pression minimale
pres_max: TEXT,             -- Pression maximale
date: TEXT,                -- Date de saisie (texte)
note: TEXT,                 -- Note d'observation
zone: TEXT}                  – Zone de l'observation

```

-- Aucune clé car conceptuellement détachée du reste du modèle (simule un carnet papier).

3.6 Dérivations et unions

3.6.1 Observation — (σ) — Placette, Plant, Météo

Le modèle décrit plusieurs tables d'observations :

- Observations liées aux placettes (Placette_Couverture, Placette_Obstruction, Placette_Arbre)
- Observations liées aux plants (ObsDimension, ObsFloraison, ObsEtat, Plant_Note)

- Observations liées à la météo (ObsTemperature, ObsHumidite, ObsVents, ObsPression, ObsPrecipitations). À noter que ces observations semblent provenir de nulle part car elles proviennent d'un carnet terrain qui simule un carnet papier.

Comme l'entité générique (qui pourrait être conceptuellement « Observation » n'a pas d'attributs communs, aucune table Observation n'est nécessaire).

3.6.2 Contraintes d'intégrité

Cohérence des dates des placettes avec leurs observations. L'observation ne peut conceptuellement pas être faite avant la création de la placette.

3.6.3 Union logique

Il est possible de créer une vue d'union logique présentant un agrégat de toutes les observations. De cette manière, il est possible de créer des rapports pour analyser les résultats du carnet de terrain et des placettes (afin de trouver des corrélations). Cette union sera utilisée dans les prochains travaux si nécessaire pour créer les rapports d'analyse. Il serait intéressant d'avoir une union qu'il est possible de filtrer par date, mais également par placette!

3.7 Attributs multiples

Une placette peut avoir plusieurs fois le même arbre, mais la combinaison de placette et rang est unique (1 seul arbre par rang de placette) :

- Placette_Arbre {placette, rang, arbre} clé {placette, rang}

Un plant peut avoir plusieurs observations d'état à des dates différentes :

- ObsEtat {id, date, etat, note} clé {id, date}

Un plant peut avoir plusieurs observations de dimension à des dates différentes :

- ObsDimension {id, date, longueur, largeur, note} clé {id, date}

Une placette peut être couverte par plusieurs types de couverture, qui ont un taux chacun :

- Placette_Couverture {placette, type_couverture, taux} clé {placette, type_couverture}

Une placette peut être obstruée à différentes hauteur, par différent types d'obstruction :

- Placette_Obstruction {placette, hauteur, type_obs, taux} clé {placette, hauteur, type_obs}

Plusieurs observations des précipitations peuvent être effectuées le même jour avec une nature des précipitations différente :

- ObsPrecipitation {date, prec_nat, prec_tot} clé {date, prec_nat}

3.8 Attributs calculés

- On peut mesurer le total de taux de graminées, de fougères et de mousses pour avoir le total, comme on l'aurait fait avec le modèle initial (somme de tous les taux d'une placette).
- On peut remarquer l'obstruction d'une placette avec la table obstruction. On pourrait notamment faire un plan qui montre où la placette est obstruée.
- Il est possible de calculer la taille des trilles à partir de leur longueur et leur hauteur.
- Les observations peuvent nous donner des indications sur la durée de celles-ci (dernière (plus récente) - première (plus vieille)).
- On peut calculer la moyenne de température comme nous avons le maximum et le minimum.
- On peut calculer la vitesse moyenne du vent comme nous avons le maximum et le minimum.
- On peut calculer la moyenne d'humidité comme nous avons le maximum et le minimum.
- On peut calculer la pression moyenne comme nous avons le maximum et le minimum.

3.9 DF, FNBC, DJ, 5FN

Analyse des dépendances fonctionnelles et des dépendances de jointure :

- Peuplement : DF: peuplement → description, DJ: \emptyset
 - o Le peuplement est la clé donc on respecte FNBC. Pas de DJ donc on respecte 5FN.
- Arbre : DF: arbre → description, DJ: \emptyset
 - o L'arbre est la clé donc on respecte FNBC. Pas de DJ donc on respecte 5FN.
- État : DF: état → description, DJ: \emptyset
 - o L'état est la clé donc on respecte FNBC. Pas de DJ donc on respecte 5FN.
- Site: DF: code → nom, DJ: \emptyset
 - o Le code est la clé donc on respecte FNBC. Pas de DJ donc on respecte 5FN.
- Zone: DF: code → {code_site, nom, description}, DJ: \emptyset
 - o Le code est la clé donc on respecte FNBC. Pas de DJ donc on respecte 5FN.
- Parcelle: DF: parcelle_id → {placette_id, peuplement, position}. (placette_id, position) → {parcelle_id, peuplement}, DJ: {Parcelle, Placette}, {Parcelle, Peuplement}
 - o Le parcelle_id est la clé primaire qui permet d'identifier de manière unique une parcelle, donc cette DF respecte FNBC. La clé (placette_id, position) est un clé stricte (ou candidate), car elle permet d'identifier de manière unique

une placette, et chaque composante de la clé est nécessaire pour identifier une parcelle unique, donc cette DF respecte FNBC. Vue toutes les DF sont issues d'une clé candidate de Parcellle, on respecte la FNBC. La dépendance de jointure {Parcellle, Placette} est triviale, car la jointure se fait sur une clé étrangère (id_placette) qui référence la clé primaire de Placette. La dépendance de jointure {Parcellle, Peuplement} est triviale, car la jointure se fait sur une clé étrangère (peuplement) qui référence la clé primaire de Peuplement. Vu qu'on ne peut pas avoir de perte ni de duplication de tuples, on respecte la 5FN.

- Placette : placette_id → {Code_zone, Date_eco}, DJ: {Placette, Zone}
 - o Plac est la clé donc on respecte FNBC. La dépendance de jointure {Placette, Peuplement} est triviale, car la jointure se fait sur une clé étrangère (Code_zone) qui référence la clé primaire de Zone. Vu qu'on ne peut pas avoir de perte ni de duplication de tuples, on respecte la 5FN.
- Plant : DF: Plant_id → {parcelle_id, date_decouverte}, DJ: {Plant, Parcellle}
 - o Plant est la clé donc on respecte FNBC. La dépendance de jointure {Plant, Parcellle} est triviale, car la jointure se fait sur une clé étrangère (parcelle_id) qui référence la clé primaire de Placette. Vu qu'on ne peut pas avoir de perte ni de duplication de tuples, on respecte la 5FN.
- Placette_Arbre : DF: (placette_id, rang) → arbre, DJ: {Placette_Arbre, Arbre}
 - o Placette et rang forment la clé donc on respecte FNBC. La dépendance de jointure {Placette_Arbre, Arbre} est triviale, car la jointure se fait sur une clé étrangère (arbre) qui référence la clé primaire de Arbre. Vu qu'on ne peut pas avoir de perte ni de duplication de tuples, on respecte la 5FN.
- Placette_Couverture : DF: (placette_id, type_couverture) → taux, DJ: {Placette_Couverture, Placette}
 - o Placette et type_couverture forment la clé donc on respecte FNBC. La dépendance de jointure {Placette_Couverture, Placette} est triviale, car la jointure se fait sur une clé étrangère (placette_id) qui référence la clé primaire de Placette. Vu qu'on ne peut pas avoir de perte ni de duplication de tuples, on respecte la 5FN.
- Placette_Obstruction : DF: (Placette_id, hauteur, type_obs) → taux, DJ: {Placette_Obstruction, Placette}
 - o Placette, hauteur et type_obs forment la clé donc on respecte FNBC. La dépendance {Placette_Obstruction, Placette} est triviale, car la jointure se fait sur une clé étrangère (Placette_id) qui référence la clé primaire de Placette. Vu qu'on ne peut pas avoir de perte ni de duplication de tuples, on respecte la 5FN.
- ObsDimension : DF: (id, date) → {longueur, largeur, note}, DJ: {ObsDimension, Plant}

- o Id et date forment la clé donc on respecte FNBC. La dépendance de jointure {ObsDimension, Plant} est triviale, car la jointure se fait sur une clé étrangère (id) qui référence la clé primaire de Plant. Vu qu'on ne peut pas avoir de perte ni de duplication de tuples, on respecte la 5FN.
- ObsEtat : DF: (id, date) → {etat, note}, DJ: {ObsEtat, Plant}, {ObsEtat, Etat}
 - o Id et date forment la clé donc on respecte FNBC. La dépendance de jointure {ObsEtat, Plant} est triviale, car la jointure se fait sur une clé étrangère (id) qui référence la clé primaire de Plant. La dépendance de jointure {ObsEtat, Etat} est aussi triviale, car la jointure se fait sur une clé étrangère (etat) qui référence la clé primaire d'État. Vu qu'on ne peut pas avoir de perte ni de duplication de tuples, on respecte la 5FN.
- ObsFloraison : DF: id → {date, note}, DJ: {ObsFloraison, Plant}
 - o Id forme la clé donc on respecte FNBC. La dépendance de jointure {ObsFloraison, Plant} est triviale, car la jointure se fait sur une clé étrangère (id) qui référence la clé primaire de Plant. Vu qu'on ne peut pas avoir de perte ni de duplication de tuples, on respecte la 5FN.
- Plant_Note : DF: id → {id_plant, date, note}, DJ: {Plant_Note, Plant}
 - o Id forme la clé donc on respecte FNBC. La dépendance de jointure {Plant_Note, Plant} est triviale, car la jointure se fait sur une clé étrangère (id) qui référence la clé primaire de Plant. Vu qu'on ne peut pas avoir de perte ni de duplication de tuples, on respecte la 5FN.
- TypePrecipitations: DF: code → {libelle}, DJ: \emptyset
 - o Code est la clé donc on respecte FNBC. Pas de DJ donc on respecte 5FN.
- ObsPrecipitations: DF: (date, prec_nat) → {prec_tot}, DJ: {ObsPrecipitations, TypePrecipitations}
 - o Date et prec_nat forment la clé donc on respecte FNBC. La dépendance de jointure {ObsPrecipitations, TypePrecipitations} est triviale, car la jointure se fait sur une clé étrangère (prec_nat) qui référence la clé primaire de TypePrecipitations (code). Vu qu'on ne peut pas avoir de perte ni de duplication de tuples, on respecte la 5FN.
- ObsHumidite: DF: date → {hum_min, hum_max}, DJ: \emptyset
 - o Date est la clé donc on respecte FNBC. Pas de DJ donc on respecte 5FN.
- ObsPression: DF: date → {pres_min, pres_max}, DJ: \emptyset
 - o Date est la clé donc on respecte FNBC. Pas de DJ donc on respecte 5FN.
- ObsTemperature: DF: date → {temp_min, temp_max, note}, DJ: \emptyset
 - o Date est la clé donc on respecte FNBC. Pas de DJ donc on respecte 5FN.

- ObsVents: DF: date → {vent_min, vent_max}, DJ: \emptyset
 - o Date est la clé donc on respecte FNBC. Pas de DJ donc on respecte 5FN.
- CarnetMeteo: Cette table représente un carnet papier, et n'offre aucun lien avec le reste du modèle (volontairement). Elle n'est pas normalisée car elle ne fait conceptuellement pas partie du modèle.

Tous les déterminants des dépendances fonctionnelles sont les clés de la relation, donc on respecte la FNBC. Toutes les dépendances de jointure sont triviales (liens entre clés primaires et étrangères), donc on respecte la 5FN.

Aucune DFNC détectée → Toutes les relations sont en FNBC et 5FN.

3.10 Invariants

Catégorie	Élément	Invariant	Justification
Clé primaire	Arbre(arbre)	arbre est unique.	Un seul arbre par variété d'arbre.
	Peuplement(peuplement)	peuplement est unique.	Type de peuplement unique.
	Placette(plac)	plac est unique.	Zone unique de la placette.
	Plant(id)	id est unique.	Plant identifié une seule fois.
	Etat(etat)	etat est unique.	État du plant défini une seule fois.
	ObsDimension(id, date)	(id, date) unique.	Une seule observation de dimension par plant par date.
	ObsEtat(id, date)	(id, date) unique.	État observé une seule fois par plant et par date.

Placette_Arbre(placette, rang)	(placette, rang) unique.	Placette ne contient qu'un seul arbre du même rang.
Placette_Obstruction(place, hauteur, type_obs)	(placette, hauteur, type_obs) unique.	Observation d'obstruction est unique pour chaque combinaison.
Placette_Couverture(placette, type_couverture)	(placette, type_couverture) unique.	Taux par type de couverture et placette est unique.
Plant_Note(id)	id unique (auto-incrémentation).	Prise de note d'un plant est unique.
ObsFloraison(id)	id unique.	Une seule observation de floraison (la première).
ObsTemperature(date)	date unique.	Une seule observation de température par jour.
ObsHumidite(date)	date unique.	Une seule observation d'humidité par jour.
ObsVents(date)	date unique.	Une seule observation de vent par jour.
ObsPression(date)	date unique.	Une seule observation de pression par jour.

TypePrecipitations(code)	code unique.	Type de précipitation défini seulement une fois.
ObsPrecipitation(date, prec_nat)	(date, prec_nat) unique.	Une seule valeur de précipitation par nature par jour.
Site(code)	code unique.	Site identifié par un code unique.
Zone(code)	code unique.	Zone identifiée par un code unique.
Parcelle(parcelle_id)	parcelle_id unique.	Parcelle est identifiée par un identifiant unique.
Domaine	Arbre_id	Chaine de caractères de 1 à 20 lettres.
Description	Chaine de caractères de 1 à 60 lettres.	Description courte.
Peuplement_id	4 lettres.	Code de peuplement.
Placette_id	Une lettre avec un chiffre.	Code de placette.
Taux	Nombre entre 0 et 100.	Pourcentage de couverture.
Hauteur	1 ou 2.	Hauteur mesurée en mètres.

Parcelle	Nombre entre 0 et 99.	Numéro de parcelle.
Dim_mm	Nombre entre 1 et 999.	Dimension d'une feuille en mm.
Date_eco	Date entre 2016 et 2030.	Date valide récente.
Couverture	Graminées, fougères ou mousses	Type de couverture au sol valide.
Température	Nombre entre -50 et 50.	Valeur de température (degrés).
Humidité	Nombre entre 0 et 100.	Pourcentage d'humidité.
Vitesse	Nombre entre 0 et 300.	Vitesse en km/h.
Pression	Nombre entre 900 et 1100.	Pression atmosphérique plausible en hPa.
HNP	Nombre entre 0 et 500.	Hauteur de précipitations (en mm).
Code_P	Lettre majuscule.	Code de précipitation.
Note(ObsTemperature)	Pas null.	Notes dans l'observation.

Incertitude	Nombre entier entre 0 et 100	Pourcentage d'incertitude pour les taux.
TauxAvecIncertitude	Valeur de taux et d'incertitude	Jonction de Taux avec Incertitude.
Code_site	2 lettres majuscules.	Code unique du site.
Nom_site	Texte quelconque.	Nom du site.
Code_zone	Texte quelconque.	Code unique de la zone.
Nom_zone	Texte quelconque.	Nom de la zone.
Position_parcelle	Nombre entre 0 et 99.	Position de la parcelle dans la placette.
Référentiel (clé étrangère)	Placette(peuplement) → Peuplement(peuplement)	Référence valide... Placette appartient à un type de peuplement valide.
	Placette_Arbre(arbre) → Arbre(arbre)	Référence valide... Arbre référencé valide.
	Placette_Arbre(placette) → Placette(plac)	Référence valide... Arbre appartient à placette valide.
	Plant(placette) → Placette(plac)	Référence valide... Plant appartient à placette valide.
	ObsDimension(id) → Plant(id)	Référence valide... Chaque observation référence un plant valide.

$\text{ObsEtat(id)} \rightarrow \text{Plant(id)}$	Référence valide...	Chaque observation référence un plant valide.
$\text{ObsEtat(etat)} \rightarrow \text{Etat(etat)}$	Référence valide...	Chaque observation référence un état valide.
$\text{Placette_couverture(placette)} \rightarrow \text{Placette(plac)}$	Référence valide...	Chaque couverture de placette appartient à une placette valide.
$\text{Plant_Note(id_plant)} \rightarrow \text{Plant(id)}$	Référence valide...	Chaque note de plant référence un plant valide.
$\text{ObsFloraison(id)} \rightarrow \text{Plant(id)}$	Référence valide...	Chaque observation référence un plant valide.
$\text{ObsPrecipitations(prec_nature)} \rightarrow \text{TypePrecipitations(code)}$	Référence valide...	Chaque observation de précipitation référence un type de précipitation valide.
$\text{Zone(code_site)} \rightarrow \text{Site(code)}$	Référence valide...	Chaque zone appartient à un site valide.
$\text{Placette(zone)} \rightarrow \text{Zone(code)}$	Référence valide...	Chaque placette appartient à une zone valide.

Parcelle(placette_id) → Placette(plac)	Référence valide...	Chaque parcelle appartient à une placette valide.
Parcelle(peuplement) → Peuplement(peuplement)	Référence valide...	Chaque parcelle possède un peuplement valide.
Plant(parcelle_id) → Parcelle(parcelle_id)	Référence valide...	Chaque plant appartient à une parcelle valide.

4. Modifications

Dans le cadre du Jalon 1 du projet sur l'Herbivorie et le carnet météo, nous avons choisi de faire les modifications suivantes afin d'obtenir une base de données normalisée et facile à lire et à utiliser.

1. Modification de l'attribut 'peup' en 'peuplement' tel que demandé dans l'inadéquation (Y8) car celui-ci permet de rendre la clé de table plus claire qu'initialement (pouvait porter à confusion). Bien que ce changement soit complexe puisqu'il implique de changer toutes ses références, il est facile de le faire à ce point de la base de données (alors qu'elle n'est pas encore utilisée) donc nous avons choisi de le changer.
2. Modification du type (domaine) 'Taux_val' pour 'Taux' car nous retirons la table Taux (voir 3).
3. Retrait de la table Taux car elle complexifie le modèle inutilement. Plutôt que de référer à des objets de taux, nous stockerons uniquement un pourcentage. Cela implique également que l'inadéquation Y6 n'a plus lieu d'être, car le taux n'est plus référé directement dans la table Placette. Ce taux était également complexe car il devait avoir constamment 100%, ce qui implique qu'on ne peut pas modifier une seule partie de ce taux (on devait modifier le taux au complet, ce qui rendait la tâche complexe). Selon le besoin, nous serons capables de faire les validations au moment opportun.
4. Ajout du type (domaine) Couverture limitant les valeurs de couverture à des graminées, des fougères ou des mousses.
5. Ajout du type (domaine) Hauteur limitant les valeurs aux valeurs de mètres réel du projet (1 ou 2).
6. Ajout de la table Placette_Obstruction plutôt que l'obstruction placée directement dans la placette car elle brisait la normalisation de celle-ci. Il sera plus facile de créer ou modifier des obstructions en dehors de la placette et d'ensuite référer à la placette dans celle-ci.
7. Ajout du type (domaine) Rang référant à une valeur entre 1 et 3 (limite l'insertion des données à une de celles-ci).

8. Ajout de la table Placette_Arbre référant les arbres des placettes au lieu qu'ils soient placés directement dans la placette (brise la normalisation). Nous pourrons ajouter et modifier les arbres plus facilement de cette manière.

9. Retrait de la note dans la table Plant et ajout de la table Plant_Note pour référer les notes, plutôt que de le stocker directement dans le Plant (qui limitait la normalisation de la base de données).

10. Retrait de la fleur dans la table tel qu'énoncé dans l'inadéquation Y7.

11. Modification de la table ObsFloraison pour garder uniquement la première observation, tel qu'énoncé dans le cadre du projet.

12. Ajout d'IMM pour faire les actions GET, INSERT/UPDATE, DELETE pour toutes les tables de l'herbivorie et de météo. Ces actions de base permettent des interactions faciles avec la base de données, de manière sécuritaire et prédictible.

13. Ajout d'IMM pour supprimer toutes les observations d'un plant. Cette IMM sera utile pour faire des tests pour les prochains jalons du projet.

14. Ajout de tests pour tous les IMM de l'herbivorie et de météo. Ces tests permettent d'assurer que nos IMM ont le comportement attendu afin que les résultats de celles-ci soient prédictibles et valides.

15. Réordonnancement de la vue Meteo_HP pour aligner l'attribut note avec les valeurs de note. Initialement, les notes n'étaient pas alignées sur les bons attributs, modifiant les valeurs lors de la sélection des tables.

16. Création de procédure de suppression d'une température anormale (plutôt que la version hard-codé du document initial). Cette procédure permet d'entrer des dates (période) ainsi qu'un seuil pour les données à modifier. Ceci règle l'inadéquation Y4.

17. Création de procédure de modification de la température selon un pourcentage donné en paramètre (plutôt que la version hard-codé du document initial). Ceci règle l'inadéquation Y5.

18. Ajout d'une référence entre la table ObsPrecipitations et TypePrecipitation (pour limiter les natures possibles dans les observations). Ainsi, les observations de précipitation référencent nécessairement des types valides.

19. Ajout de multiples données dans le carnet météo (utile pour les tests). Des données de 2016 à 2025 ont été ajoutées pour faire un jeu de données proche de celui qu'on pourrait avoir dans un cas réel. Ceci règle l'inadéquation Y2.

Dans le cadre du jalon 2, nous avons identifié plusieurs problèmes et avons apporté les modifications respectives pour assurer un modèle cohérent et facile à utiliser pour des biologistes. Les modifications apportées sont détaillées dans le fichier "Herbivorie_P2_R2.pdf".

5. Conclusion

Pour ces premiers jalons du projet herbivorie et carnet météo, nous avons apporté plusieurs modifications permettant un état stable de la base de données, afin d'assurer que l'insertion de données (dans le futur) soit validée. Ainsi, notre modèle actuel assure que les insertions et modifications dans les tables de la base de données ne soient possibles qu'avec des données valides, qui pourront réellement supporter notre modèle.

Plus précisément, le présent rapport permet de rendre compte de :

- Le diagramme relationnel de notre modèle logique.
- Des entités présentes dans notre modèle (ainsi que les clés qui les caractérisent)
- Des différentes associations entre les entités de notre modèle, et comment celles-ci sont organisées.
- Les différentes dérivations et unions qu'il sera possible pour faire des vues pratiques pour les analyses dans les prochains jalons de ce projet.
- Les attributs multiples permettant de rendre certains éléments uniques.
- Comment et pourquoi le modèle est normalisé.
- Tous les invariants de notre modèle, avec justification.

De plus, nous avons validés que notre modèle est utilisable pour de réels biologistes. Suite aux recommandations du professeur, ainsi qu'à une analyse approfondie des problèmes de notre modèle, nous avons ajusté celui-ci de manière à ce que ce dernier soit fonctionnel et pratique.

- Plus précisément, nous avons ajusté certaines tables en lien avec le lieu d'une plante, ajouté des index (suite à une analyse approfondie (voir "Herbivorie_P2_C2.pdf") et aussi présenté les différentes modifications de manière précise dans le document "Herbivorie_P2_R2.pdf" ..

Finalement, ce rapport présente aussi en détail les modifications apportées au document initial pour parvenir au résultat présenté.