



# GRAND NORD - Système autonome fixe pour l'échantillonage de la faune arctique

## Rapport de projet – version 0

présenté à

**Robert Bergevin, Luc Lamontagne et Simon Thibault**

par

**Équipe 09 — Innovation électrique**

<i>matricule</i>	<i>nom</i>	<i>rôle</i>
537 027 273	Prince Akissoe	Production des procès-verbaux
537 394 628	Loïc Constantineau	Planification du projet
537 388 513	Antoine Demers	Production du rapport
537 302 971	Rogeo Dounla	Organisation des réunions
537 212 258	Hiba Jettane	Direction du projet
111 272 785	Jacob Provencher	Production des ordres du jour
537 390 771	Rosemary St-Pierre	Remise des livrables
537 386 639	Marika Thibault	Vérification du rapport

Université Laval

19 février 2026

## Historique des versions

<i>version</i>	<i>date</i>	<i>description</i>
	15 janvier 2026	Création du document
1.0	22 janvier 2026	Liste des auteurs et rôles, chapitres, sections et pages de présentation
1.1	27 janvier 2026	Première rédaction de l'introduction et de la description du projet <i>Grand Nord</i>

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Description</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Besoins et objectifs</b>	<b>3</b>
3.1	Analyse des besoins du client . . . . .	3
3.2	Analyse des objectifs du projet <i>Grand Nord</i> . . . . .	4
3.3	Hiérarchisation des objectifs . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Cahier des charges</b>	<b>7</b>
4.1	Collecte des données et surveillance . . . . .	7
4.1.1	Capture de vidéos à la détection de mouvements . . . . .	7
4.1.2	Résolution d'image adéquate . . . . .	7
4.1.3	Visibilité nocturne . . . . .	7
4.1.4	Minimisation du temps de recharge . . . . .	7
4.1.5	Maximisation de la durée d'enregistrement . . . . .	7
4.2	Stockage et compilation des données . . . . .	7
4.2.1	Maximisation de l'espace de stockage . . . . .	9
4.2.2	Maximisation de la durée d'entreposage des données . . . . .	9
4.2.3	Automatisation de l'enregistrement des informations . . . . .	9
4.2.4	Gestion de la résistance à l'environnement . . . . .	9
4.2.5	Optimisation de l'usage de l'espace de stockage . . . . .	9
4.3	Automatisation et solidité . . . . .	9
4.3.1	Maximisation de l'autonomie énergétique . . . . .	9
4.3.2	Minimisation de la demande en énergie du système . . . . .	9
4.3.3	Gestion pour la robustesse efficace du dispositif . . . . .	9
4.3.4	Maximisation de la plage de température viable . . . . .	9
4.3.5	Automatisation du maximum de paramètres . . . . .	10
4.4	Gestion des données et communications . . . . .	10
4.4.1	Maximisation de la portée du système . . . . .	10
4.4.2	Automatisation de l'envoi des données . . . . .	10
4.4.3	Minimisation du nombre de personnes ayant accès . . . . .	10
4.4.4	Transmission de toutes les informations . . . . .	10

## TABLE DES MATIÈRES

ii

4.4.5 Déclenchement de l'alarme en cas de panne . . . . .	10
4.5 Transport et installation . . . . .	10
4.5.1 Minimisation du temps d'installation . . . . .	10
4.5.2 Simplification des étapes d'installation . . . . .	10
4.5.3 Simplification de l'entretien du capteur . . . . .	11
4.5.4 Maximisation de l'assemblage avant installation . . . . .	11
4.5.5 Minimisation du poids et de la taille . . . . .	11
<b>Bibliographie</b>	<b>12</b>
<b>A Liste des sigles et des acronymes</b>	<b>13</b>

# Chapitre 1

## Introduction

Le réchauffement climatique engendre toujours la disparition de nombreuses espèces de la surface de la Terre. Surtout au cours des dernières années, l'étude biologique est devenue un domaine essentiel afin de préserver une diversité dans chaque écosystème. Dans ce contexte, le ministère de la Faune arctique souhaite approfondir les recherches en lien avec les espèces caractéristiques des toundras arctiques, comme le lemming. Les populations de lemmings occupent des territoires entièrement recouverts de pergélisol [1]. Ces petits mammifères se terrent généralement dans la neige du Grand Nord, créant des tunnels et des terriers, notamment pour échapper à leurs nombreux prédateurs [2].

Comme le lemming est à la base de la chaîne alimentaire des régions nordiques, l'étude de ses comportements est un centre d'intérêt du ministère de la Faune arctique. Celui-ci fait appel aux services de notre firme *Innovation Électrique* afin de produire le design conceptuel du projet *Grand Nord* qui vise à améliorer la fiabilité du suivi des populations de lemmings ainsi que d'autres petits mammifères.

Le mandat remis aux ingénieurs est de produire le design conceptuel d'un système autonome pour échantillonner et stocker des données en lien avec le mode de vie hivernal des lemmings. Le mandat est répondu par ce rapport de projet, divisé en une introduction, une description, une démonstration des besoins et des objectifs du projet, un cahier des charges, une analyse de faisabilité et une présentation du concept retenu parmi trois suggestions.

# Chapitre 2

## Description

Le ministère donne le mandat de développer le design conceptuel d'un capteur autonome fixe dans lequel les lemmings ou d'autres petits animaux peuvent entrer et sortir pour le comptage et la documentation de la faune arctique. L'appareil doit mesurer l'activité sous 2m de neige pendant 8 mois sur un site sauvage afin de récolter des données destinées aux chercheurs.

Le système à concevoir doit recueillir des images, collecter des informations et archiver des données en lien avec les événements impliquant des lemmings. La fixation de l'appareil au sol doit être simple pour le client, car le site est uniquement accessible deux semaines par an en juin.

Le système d'au moins  $1m^3$  doit résister à des températures comprises entre -20°C et +20°C et il doit stocker une vidéo d'au moins 5 secondes avec une résolution incluse entre 720P et 15FPS toutes les heures. Les données doivent, par la suite, être stockées pendant un minimum d'un an. Une console locale doit pouvoir communiquer chaque semaine avec la centrale à plus de 2000km pour fournir l'état du système et le nombre d'événements répertoriés. Les coûts et les aspects de développement durable, d'équité, de diversité et d'inclusion (EDI) sont aussi à considérer.

# Chapitre 3

## Besoins et objectifs

### 3.1 Analyse des besoins du client

Afin d'établir les objectifs du projet *Grand Nord* pour poursuivre le processus de design conceptuel, il est primordial de poser les besoins explicités par le ministère. En ce sens, cinq exigences du système peuvent être listées.

1. **Collecte de données et surveillance** : Le capteur doit échantillonner les activités des lemmings sur le site. Il est exigé qu'il capture des événements avec une résolution minimale de  $720P$  à  $15FPS$  dans le spectre visible ou près de l'infrarouge pour la nuit (NIR). Il doit avoir la capacité d'enregistrer des séquences d'une durée minimale de 5 secondes sans dépasser une heure de délai entre chaque évènement capturé.
2. **Gestion des données et communication sécurisée** : Le système doit être en mesure de communiquer de façon hebdomadaire avec la centrale à plus de  $2000km$  par l'entremise d'une console locale. Celle-ci doit fournir l'état du système et le nombre d'événements répertoriés via une application sécurisée qui donne accès à trois personnes de la centrale. Il faut également que le système génère une alarme lorsqu'une ou plusieurs fonctionnalités sont inutilisables.
3. **Stockage et compilation des données** : Le design conceptuel du capteur doit permettre l'enregistrement et le stockage des données statistiques et vidéos pour une période minimum d'un an. Le nombre d'événements, les enregistrements des événements, les paramètres de configuration et les alertes doivent être entreposés dans le système pendant au moins une année entière.
4. **Autonomie et solidité** : L'appareil conceptualisé doit être autonome énergétiquement pendant un an. Il doit pouvoir résister au poids de  $2m$  de neige durant plus de huit mois par année tout en respectant le volume d'intérêt d'au moins  $1m^3$ . Il doit être fixe et fonctionner entre  $-20^\circ C$  et  $+20^\circ C$ . L'interaction avec le système en cas de problème doit, par ailleurs, être minimale.
5. **Simplicité d'installation et de transport** : Le dispositif doit pouvoir être transporté et installé rapidement par deux personnes sans compétences en ingénierie. Le site n'est accessible que deux semaines par an en juin pour l'installation et la maintenance.

## 3.2 Analyse des objectifs du projet *Grand Nord*

Ces cinq besoins principaux seront ici subdivisés en sous-objectifs plus précis afin de pouvoir être mesurés, puis évalués plus facilement. Les sous objectifs sont énumérés dans un ordre arbitraire qui n'a pas de lien avec leur valeur.

### 1. Recueillir les données

- Capturer des vidéos lorsqu'un mouvement est détecté.
- Assurer la résolution d'images adéquate.
- Assurer la visibilité nocturne.
- Minimiser le temps de chargement entre chaque prise d'image.
- Maximiser la durée minimale des séquences à enregistrer.

### 2. Gérer les données et communiquer sécuritairement

- Maximiser la portée du système.
- Automatiser l'envoi des données.
- Assurer la transmission de toutes les informations.
- Assurer le déclenchement de l'alarme.

### 3. Stockage et compilation des données

- Maximiser l'espace de stockage.
- Maximiser la durée d'entreposage des données.
- Assurer la résistance à l'environnement du dispositif de stockage.
- Optimiser l'utilisation de l'espace de stockage.

### 4. Automatiser et solidifier

- Maximiser l'autonomie énergétique.
- Minimiser la demande en énergie du système.
- Assurer la robustesse du dispositif.
- Assurer l'imperméabilité de l'appareil.
- Maximiser la plage de température viable pour le capteur.

### 5. Simplifier l'installation et le transport

- Minimiser le temps d'installation.
- Faciliter les étapes d'installation.
- Minimiser l'interaction entre le système et l'environnement.
- Maximiser l'assemblage des pièces avant l'installation.
- Minimiser le coût, le poids et la taille des équipements.

### 1. Recueillir les données

La collecte de données dépend du déclenchement de l'enregistrement, de sa qualité et de la quantité qui pourra être prélevée, qui seront évalués selon les critères suivant :

- Assurer la résolution d'images adéquate.
- Assurer la visibilité.
- Minimiser le temps de chargement entre chaque prise d'image.
- Maximiser la durée minimale des séquences à enregistrer.
- Capturer des vidéos lorsqu'un mouvement est détecté.

### 2. Gérer les données et communiquer sécuritairement

Pour assurer une communication et gestion adéquate des données, il faudra évaluer l'existence d'une méthode de communication sécuritaire, sa portée et l'avertissement qu'elle enverra en cas de problème. Ces critères seront donc évalués :

- Maximiser la portée du système.
- Application fonctionnelle et sécuritaire pour accéder aux données
- Assurer le déclenchement de l'alarme.
- Automatiser l'envoi des données dans leur entièreté.

### 3. Stockage et compilation des données

Pour assurer le bon fonctionnement de l'entreposage de nos données, le système devra avoir assez d'espace de stockage et il devra survivre l'hiver, ce qui sera déterminé d'après ces critères :

- Maximiser l'espace de stockage.
- Maximiser la durée d'entreposage des données.
- Assurer la résistance à l'environnement du dispositif de stockage.

### 4. Assurer la solidité

Afin de bien fonctionner, le système devra avoir assez d'énergie et pouvoir résister aux intempéries, principalement dues à la neige, ce qui sera évalué selon les critères suivants :

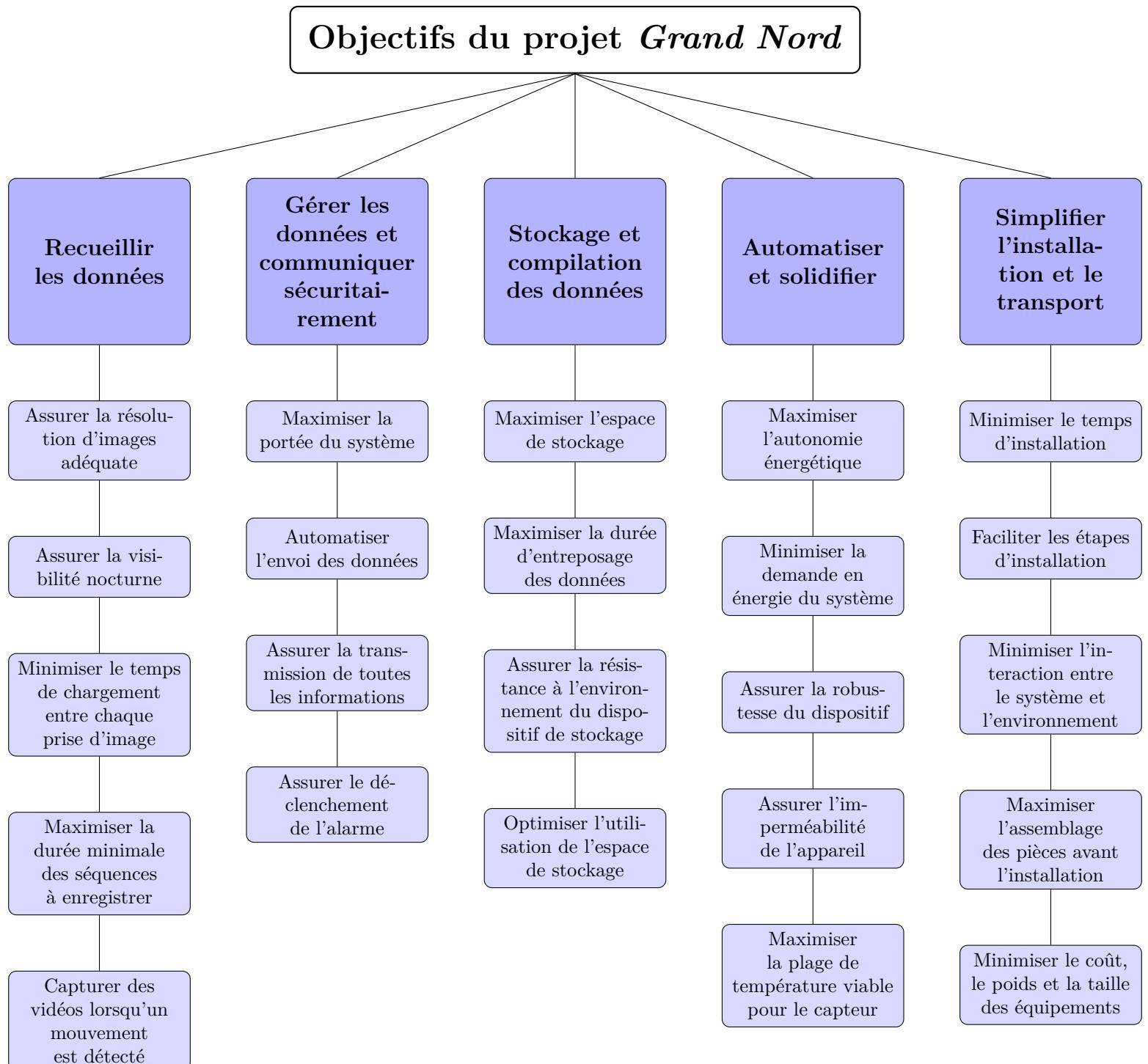
- Maximiser l'autonomie énergétique.
- Assurer la robustesse du dispositif.
- Assurer l'imperméabilité de l'appareil.
- Température supportée par le capteur.

### 5. Simplifier l'installation et le transport

Comme l'emplacement du système sera très limitant, il faut s'assurer que l'installation soit rapide, donc le système préalablement le plus assemblé possible et le moins encombrant possible

- Minimiser le temps d'installation.
- Minimiser l'interaction entre le système et l'environnement.
- Maximiser l'assemblage des pièces avant l'installation.
- Minimiser le poids des équipements.

### 3.3 Hiérarchisation des objectifs



# **Chapitre 4**

## **Cahier des charges**

### **4.1 Collecte des données et surveillance**

Pondération de 25%, car primordial au fonctionnement.

#### **4.1.1 Capture de vidéos à la détection de mouvements**

Pourcentage de réussite d'activation (d'après des test) ?

#### **4.1.2 Résolution d'image adéquate**

En fonction de la résolution en pixels(ex :720p)

#### **4.1.3 Visibilité nocturne**

À déterminer une fois que l'on en connaît plus sur les caméras

#### **4.1.4 Minimisation du temps de recharge**

En fonction du temps de recharge en minutes entre chaque enregistrement

#### **4.1.5 Maximisation de la durée d'enregistrement**

En fonction du temps en secondes des enregistrements. Nous avons ici assumé que plus longtemps était mieux, jusqu'à un maximum de 30 secondes.

### **4.2 Stockage et compilation des données**

Pondération de 25%, car primordial au fonctionnement.

TABLE 4.1 – Grille des critères d'évaluation complète

Critères d'évaluation	Pond.	Barème	Min	Max
<b>4.1 Collecte des données et surveillance</b>	<b>25%</b>			
4.1.1 Capture de vidéos à la détection de mouvements	10%	Barème 4.1.1		
4.1.2 Résolution d'image adéquate	2%	$\frac{r-720}{1440}$	720p	2160p
4.1.3 Visibilité nocturne	6%	Barème 4.1.3		
4.1.4 Minimisation du temps de recharge	4%	$\frac{60-t}{60}$	0min	60min
4.1.5 Maximisation de la durée d'enregistrement	3%	$\frac{t-5}{25}$	5s	30s
<b>4.2 Stockage et compilation des données</b>	<b>25%</b>			
4.2.1 Maximisation de l'espace de stockage	3%	$\frac{c+20}{70}$	-20%	50%
4.2.2 Maximisation de la durée d'entreposage des données	4%	$\frac{t-1}{2}$	1an	3ans
4.2.3 Automatisation de l'enregistrement des informations	4%	Barème 4.2.3		
4.2.4 Gestion de la résistance à l'environnement	7%	Barème 4.2.4		
4.2.5 Optimisation de l'usage de l'espace de stockage	7%	???		
<b>4.3 Automatisation et solidité</b>	<b>20%</b>			
4.3.1 Maximisation de l'autonomie énergétique	4%	$\frac{t-12}{24}$	12mois	36mois
4.3.2 Minimisation de la demande en énergie du système	4%	f(\$) linéaire ?		
4.3.3 Gestion pour la robustesse efficace du dispositif	4%	$\frac{q-2}{8}$	2m	10m
4.3.4 Maximisation de la plage de température viable	4%	$\frac{T-0}{20}$	0°C	20°C
4.3.5 Automatisation du maximum de paramètres	4%	???		
<b>4.4 Gestion des données et communications</b>	<b>15%</b>			
4.4.1 Maximisation de la portée du système	3%	$\frac{d-2000}{1000}$	2000km	3000km
4.4.2 Automatisation de l'envoi des données	4%	Barème 4.4.2		
4.4.3 Minimisation du nombre de personnes ayant accès	3%	Barème 4.4.3		
4.4.4 Transmission de toutes les informations	2%	Barème 4.4.4		
4.4.5 Déclenchement de l'alarme en cas de panne	3%	Barème 4.4.5		
<b>4.5 Transport et installation</b>	<b>15%</b>			
4.5.1 Minimisation du temps d'installation	4%	$\frac{14-t}{14}$	0jour	14jours
4.5.2 Simplification des étapes d'installation	4%	Barème 4.5.2		
4.5.3 Simplification de l'entretien du capteur	1.5%	Barème 4.5.3		
4.5.4 Maximisation de l'assemblage avant installation	4%	Barème 4.5.4		
4.5.5 Minimisation du poids et de la taille	1.5%	$\frac{100-m}{100}$	0kg	100kg

#### **4.2.1 Maximisation de l'espace de stockage**

En fonction du pourcentage supplémentaire à notre estimation qui est disponible (Ex : estimation = 1Go, nous avons 1,1Go de disponible ; 10% de plus)

#### **4.2.2 Maximisation de la durée d'entreposage des données**

En fonction du nombre d'années d'entreposage prévue.

#### **4.2.3 Automatisation de l'enregistrement des informations**

Pourcentage de réussite de fonctionnement (d'après des test) ?

#### **4.2.4 Gestion de la résistance à l'environnement**

Déterminer un pourcentage arbitrairement d'après les informations du constructeur ?

#### **4.2.5 Optimisation de l'usage de l'espace de stockage**

???

### **4.3 Automatisation et solidité**

Pondération de 20%, car très important, mais pas forcément vital

#### **4.3.1 Maximisation de l'autonomie énergétique**

En fonction du temps de prévision de survie en mois

#### **4.3.2 Minimisation de la demande en énergie du système**

En fonction du prix que cela va coutier ?

#### **4.3.3 Gestion pour la robustesse efficace du dispositif**

En fonction de la quantité de neige que le système devrait être capable de supporter, en mètres de neige. Devrait-on rajouter une sous-catégorie pour l'imperméabilité ?

#### **4.3.4 Maximisation de la plage de température viable**

En fonction du nombre de degrés de plus que la demande du client que le système peut supporter (Ex :  $-30^\circ = 10^\circ$  de plus que ce qui est demandé (de  $20^\circ$  à  $-20^\circ$ )

### 4.3.5 Automatisation du maximum de paramètres

???

## 4.4 Gestion des données et communications

Pondération de 15%, car non-crucial au fonctionnement du système

### 4.4.1 Maximisation de la portée du système

En fonction de la portée en kilomètre

### 4.4.2 Automatisation de l'envoi des données

???

### 4.4.3 Minimisation du nombre de personnes ayant accès

3 personnes = 100%, 2 personnes = 75%, 1 personne = 50%

### 4.4.4 Transmission de toutes les informations

En fonction de la qualité des informations transmises ?

### 4.4.5 Déclenchement de l'alarme en cas de panne

D'après la fiabilité ? en pourcentage ?

## 4.5 Transport et installation

Pondération de 15%, car non-crucial au fonctionnement du système

### 4.5.1 Minimisation du temps d'installation

En fonction du temps d'installation prévu en jours. Parabolique, car le risque de dépassement augmente exponentiellement avec le temps

### 4.5.2 Simplification des étapes d'installation

Pourcentage arbitraire ?

#### 4.5.3 Simplification de l'entretien du capteur

Pourcentage arbitraire ?

#### 4.5.4 Maximisation de l'assemblage avant installation

En fonction du rapport  $\frac{\text{temps d'assemblage}}{\text{temps d'installation}}$  en %

#### 4.5.5 Minimisation du poids et de la taille

En fonction du poids en kilogrammes

# Bibliographie

- [1] Fédération canadienne de la faune, *Les lemmings*, Faune et flore du pays, 1994.  
<https://www.hww.ca/fr/faune/mammifères/les-lemmings/>.
- [2] Britannica Editors (2025, December 18). *lemming*. Encyclopedia Britannica.  
<https://www.britannica.com/animal/lemming>.

## **Annexe A**

### **Liste des sigles et des acronymes**

EDI Équité, diversité et inclusion

FPS «Frames per second»

NIR «Near-Infrared»