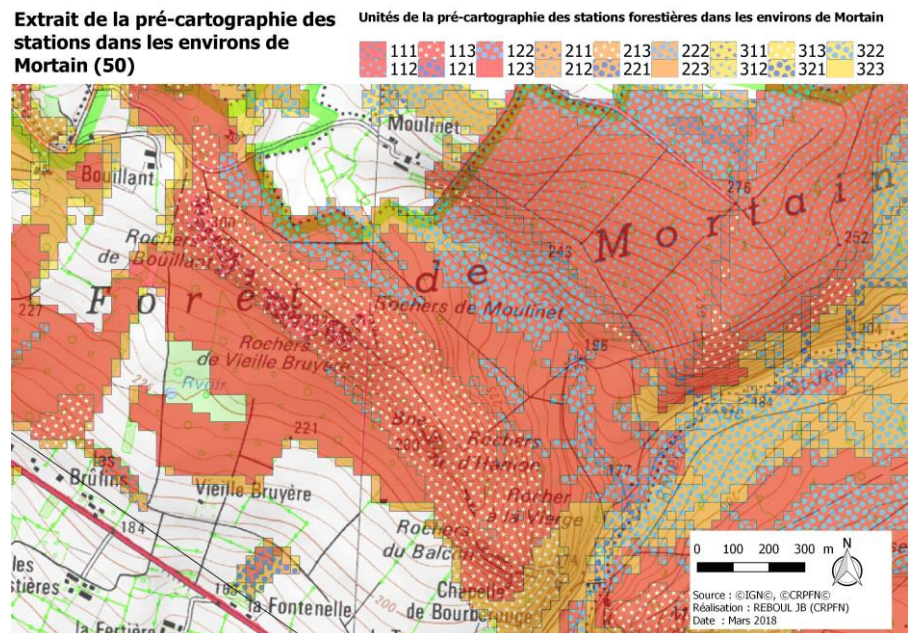


# Spatial predictions of forest sites in the North West of France (PRESTATION-NO)

Jean-Baptiste REBOUL (CNPF-CRPF Normandie) and Christian PIEDALLU (AgroParisTech)



## Context

The study area (Hauts de France, Normandy, Ile de France, Center Val de Loire regions) is almost entirely covered by catalogs/station guides, without these latter being valorized in the form of maps of forest stations, integrated into sustainable management documents in private forests. This is often due to the fact that the production of a map of forest stations is a heavy and technical operation for the forest managers/owners, who systematically carry out at least one point per hectare. Nevertheless, a methodology was developed by the LERFOB in the Vosges region (PIEDALLU C., et al., 2006), for the realization of a predictive map of the forest stations, without the managers/owners having taken in hand this new tool. It seemed interesting to test whether this

methodology was reproducible in the study area and whether the resulting pre-mapping could be a basis for simplifying the final mapping of forest stations.

Another limitation of the catalogs/guides of the study area is that they integrate little or no climate variations in space, but also the potential impact of climate change.

## Objectives

- Improve the methodology for setting up pre-mapping of forest stations. Identify the key stages in establishing a pre-mapping of the stations and evaluate its reproducibility in other regions.
- Test the reliability of the pre-mapping and identify its different possible boundaries and possible links with existing species selection guides. Write instructions for using these new tools...
- Undertake a climate zoning of the study area based on a methodology similar to that of Joly (Joly et al., 2010) and see its evolution with climate change according to the models and different carbon emission scenarios and with different time steps.

## Approach

- Establishment of a large database of phytocological records and establishment of a cartographic database.
- Modelling of three pedological variables: bioindicated pH (ECOPLANT) of the A horizon; Wösten maximum useful water reserve 90 cm; depth of appearance of a marked hydromorphy.
- Reclassification of these pedological variables at the level of the administrative regions and crossing to produce pre-mapping of the forest stations (36 units = 6 trophic level classes\* 2 classes of maximum useful water reserve\* 3 classes of level of hydromorphy).
- Validation of these models and pre-mapping: study zone/administrative region/department/SER/forest region /pilot forests = forest massifs ranging from 20 to 500 ha with a map of the stations.
- ACP/CAH/AFD on the DIGITALIS climate data (1981-2010) DRIAS for present and future climate zoning.

### **Key results — (presented as separate chips)**

- Database of significant phytoecological readings = 11 suppliers for 43 different studies = 41,200 readings including 26,338 readings at the precise location.
- A network of pilot forests covering the diversity of forest regions (21 in Normandy totaling 2,705 ha, 26 in Haut de France totaling 1,458 ha, 10 in Ile de France and Centre Val de Loire totaling 515 ha).
- Pre-mapping of forest stations specific to each administrative region.
- Pre-mapping distributed to managers in Normandy, with instructions on how to use it to simplify the mapping procedure.

### **Main conclusions including key points of discussion**

- Develop and strengthen tools for centralizing phytoecological readings (ECOPLANT and DONESOL...) in the forest, as many readings are still dispersed and not centralized...
- Significant contribution of forest lifespan maps in improving the trophic level model, as well as 1/50,000 pedological maps on all models. These are two essential areas for future improvement of the pre-mapping of forest stations...
- Important questioning on the improvement of the models notably on the risk of saturation with more precise DEMs of the order of 5 m (LIDAR). How to handle this voluminous data; will local indices be more relevant than indices calculated on larger scales?
- A great variability in the evolution of climatic zonings according to the climate model tested, which raises the question of how to manage their multiplicity?

### **Prospects**

The creation of a tool for centralizing station data in order to continuously improve models on pedological variables is one possibility. Crossing station maps with the map of pilot forest stands to reflect on management choices in relation to climate change is another possibility.

**Promotion** (scientific: publications, book chapter, presentation at conferences...report possible prizes); economic: Soleau budget, patent, license...; broadcasting: press release, interview, public presentations...):

- Madrolles F., Reboul J.-B. (2016). Le projet ECOGEOODYN en Normandie : des cartes prédictives aux utilisations pratiques dans les forêts normandes. Forêt-entreprise, 228, p. 44-48.
- Madrolles F., Reboul J-B (2018). Guide de choix des essences de Normandie. CRPFN. 212 p.

Provision of pre-mapping of forest stations for Normandy on the website:  
<https://normandie.cnpf.fr/n/cartographie-des-stations-forestieres/n:3305>

### **Leveraging effect of the project**

The Normandy region is currently financing the establishment of forest station maps with the help of pre-mapping, with the obligation for the managers/owners to return the localized surveys to the CRPFN. Ultimately, this new data will improve the models. The Hauts-de-France region, which is already funding the establishment of forest station maps, will also oblige the stakeholders to return the survey sheets to the CRPFN.

### **Author's detail:**

Project realised in partnership with: AgroParisTech-LERFoB; INRA Orléans, RMT SOL; Chambre d'agriculture de l'Indre, RMT SOL; ONF; CNPF-IDF; CRPF Île-de-France-Centre-Val-de-Loire; CRPF Nord-Pas-De-Calais-Picardie

With the collaboration of: IGN, BRGM

# PRESTATION NO

## Pré-cartographie des stations forestières sur le Nord-Ouest de la France



**AFORCE**



I) Principes de la réalisation de la pré-cartographie des stations forestières sur le quart Nord-Ouest de la France

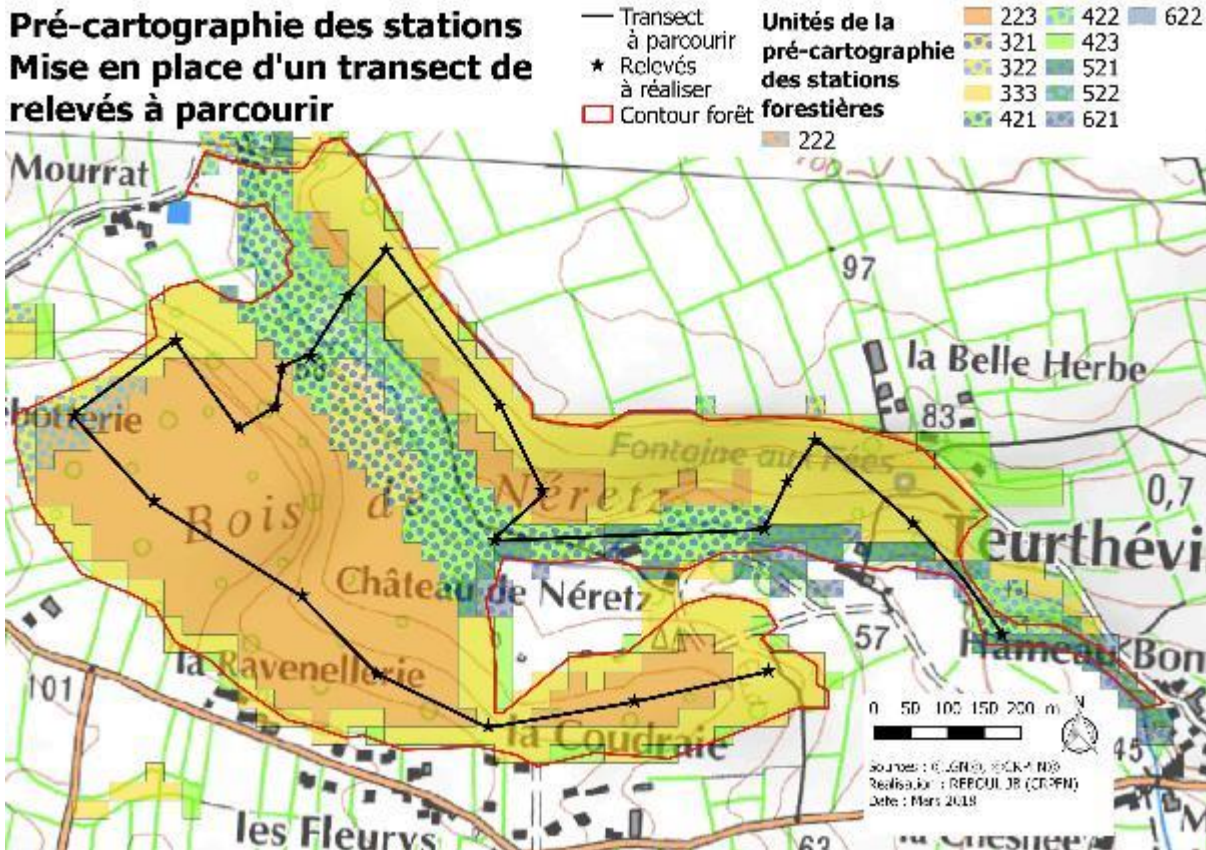
II) Spatialisation des données stationnelles : historique, présent et futur

III) Utilisation pratique de la pré-cartographie des stations forestières



# Objectifs du projet

## Pré-cartographie des stations Mise en place d'un transect de relevés à parcourir

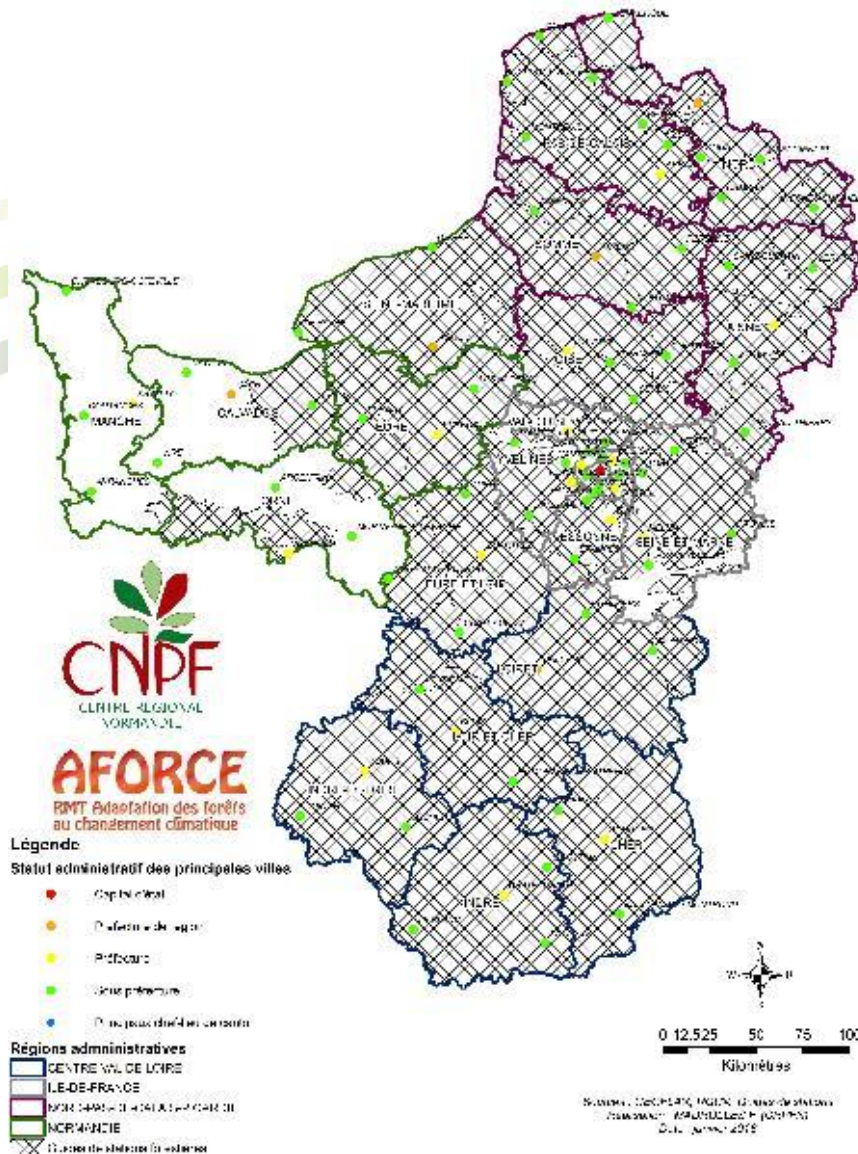


- **Peu ou pas de cartes de stations forestières en forêt privée**
- Pré-cartographie des stations forestières = Faciliter la cartographie des stations forestières
- Reprendre et améliorer la méthodologie de mise en place de pré-cartographie des stations forestières (Vosges, Normandie)
- Identifier les étapes clés de la mise en place d'une pré-cartographie des stations
- Améliorations possibles et reproductibilité dans d'autres régions ?

*Fournir au gestionnaire un outil pour « simplifier » la démarche de réalisation d'une carte des stations forestières*

# Objectifs du projet

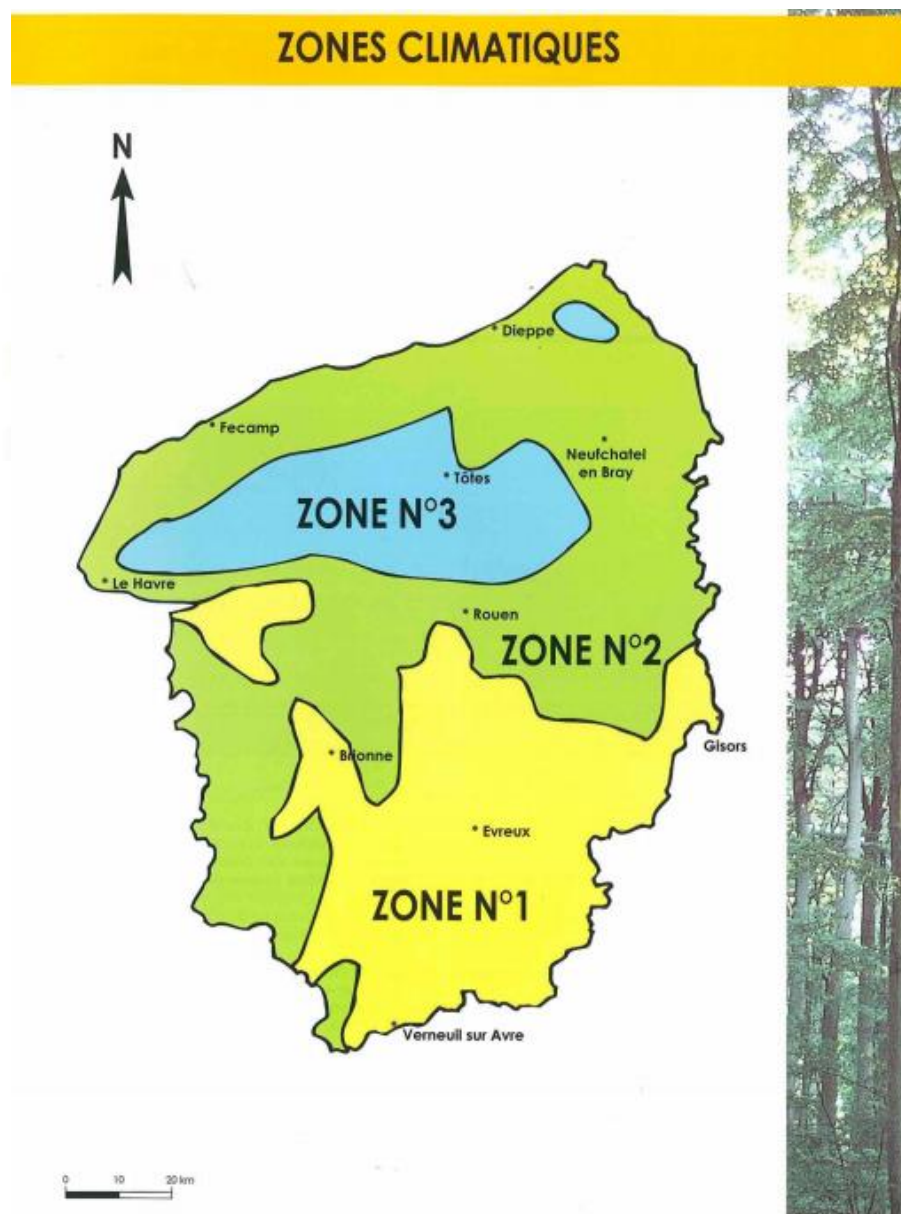
## Couverture en guides de stations forestières



Des régions couvertes (+ Normandie récemment couverte) par des guides de choix des essences, dans lesquelles on souhaite initier la mise en place de cartes de stations forestières

- Des outils pourtant existants pour réaliser des diagnostics complets
- Pré-cartographie des stations forestières = Faciliter la cartographie des stations forestières
- Fiabilité de la pré-cartographie
- Identifier les différentes limites possibles
- Faire lien avec les guides de choix des essences existants
- Notices d'utilisation

# Objectifs du projet

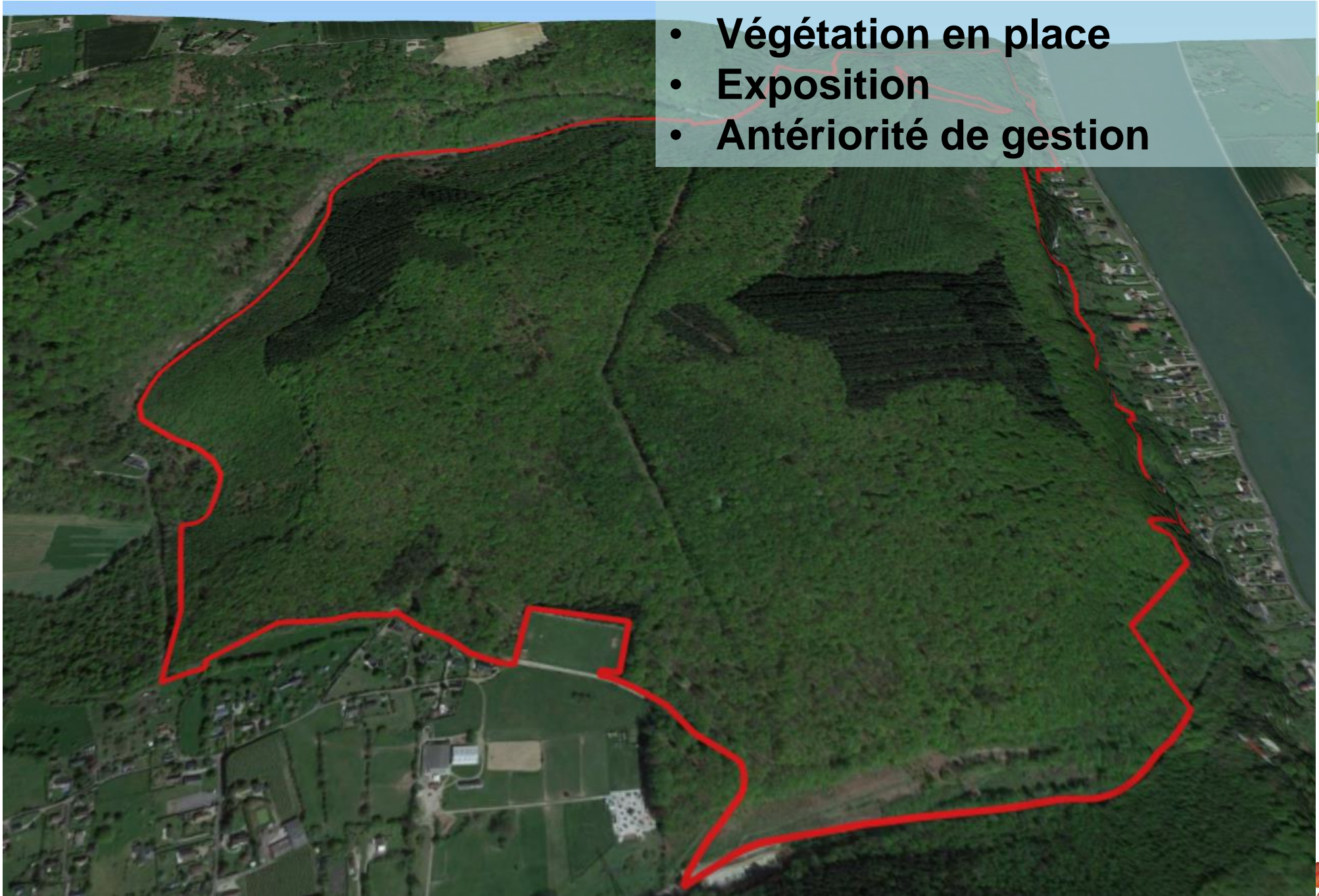


- **Mise en place d'un zonage climatique du quart Nord-Ouest = cohérence du conseil du choix des essences dans les guides actuels**
- Connaître la variabilité climatique du territoire d'étude
- Cohérence du choix des essences en fonction de ce découpage
- Quelle évolution de ce zonage climatique en fonction de ces scénarios et des différents modèles ?
- *Comment le traduire dans le conseil de choix des essences ?*

*Travaux dans les années 90 en Normandie sur un zonage climatique à partir de l'indice de l'IPB = racine ( $ETR * (ETR - D)$ ) (travaux de Houzard)*

# 1) Une répartition logique des stations dans l'espace

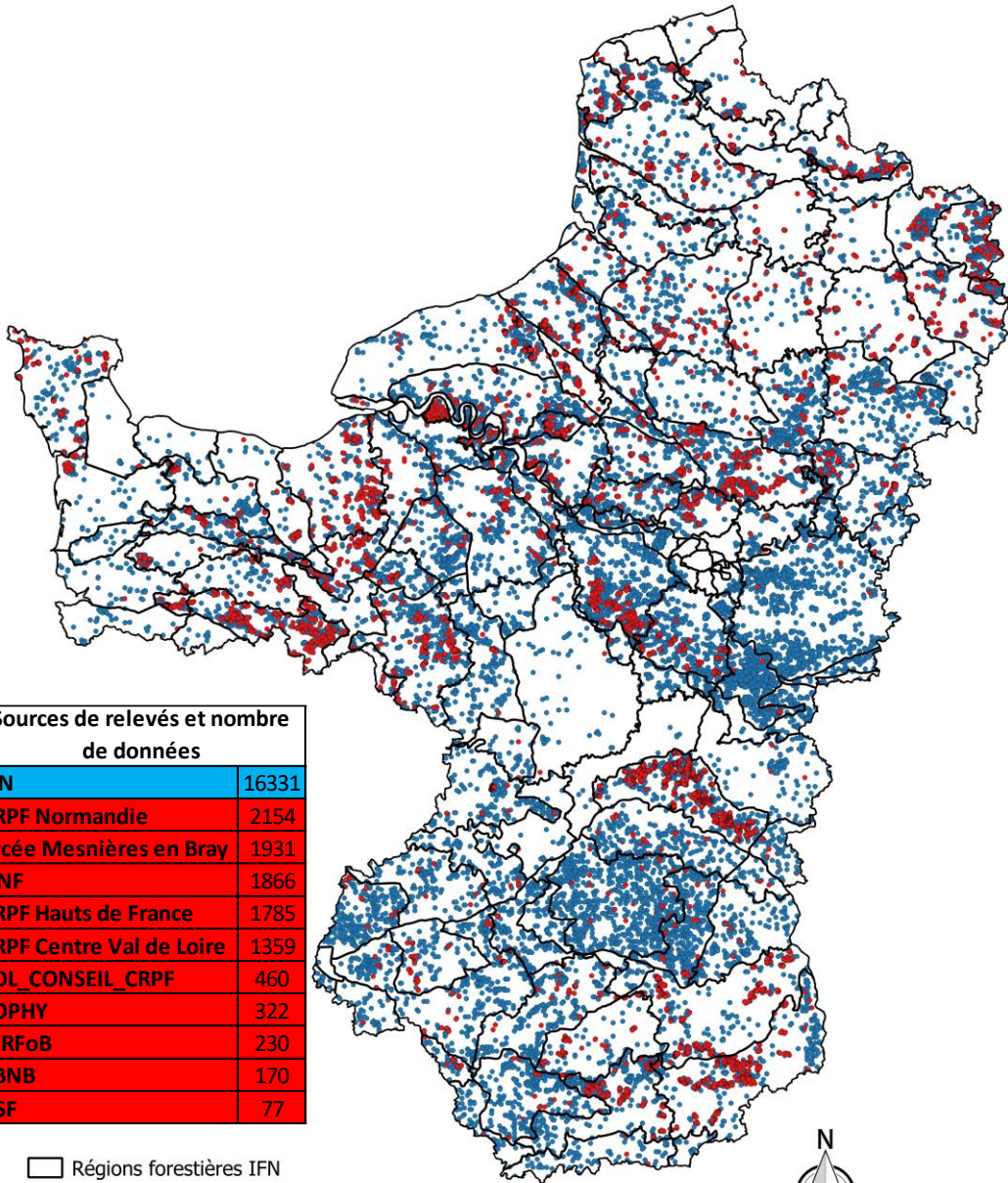
- Végétation en place
- Exposition
- Antériorité de gestion





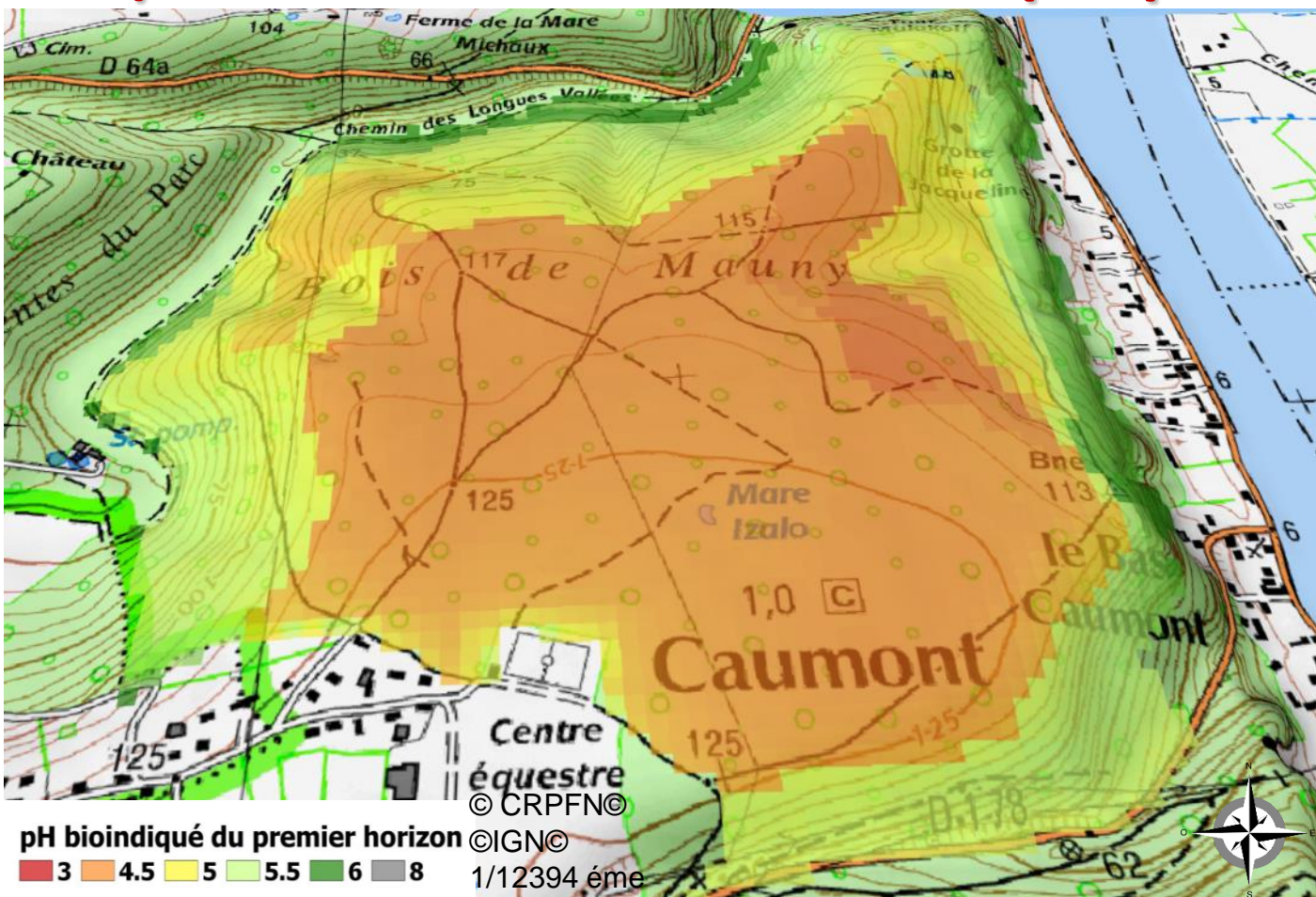
# 1) Principes de la construction de la pré-cartographie des stations

Localisation des relevés de calibration et de validation de la pré-cartographie des stations forestières



- Anticiper dans l'espace les stations potentielles et leurs variations
- Modélisation et spatialisation :
  - ✓ Niveau trophique (pH de l'horizon A)
  - ✓ Réserve utile maximale en eau sur 90 cm
  - ✓ Niveau d'hydromorphie (probabilité d'avoir une hydromorphie marquée à différentes profondeurs)
- Classification des **modèles** bruts et croisement des cartes des 3 variables reclassifiées = **pré-cartographie des stations**
- Importance d'avoir des **relevés stations localisés !**
- Améliorations à terme de la pré-cartographie des stations forestières

# 1) Modélisation du niveau trophique



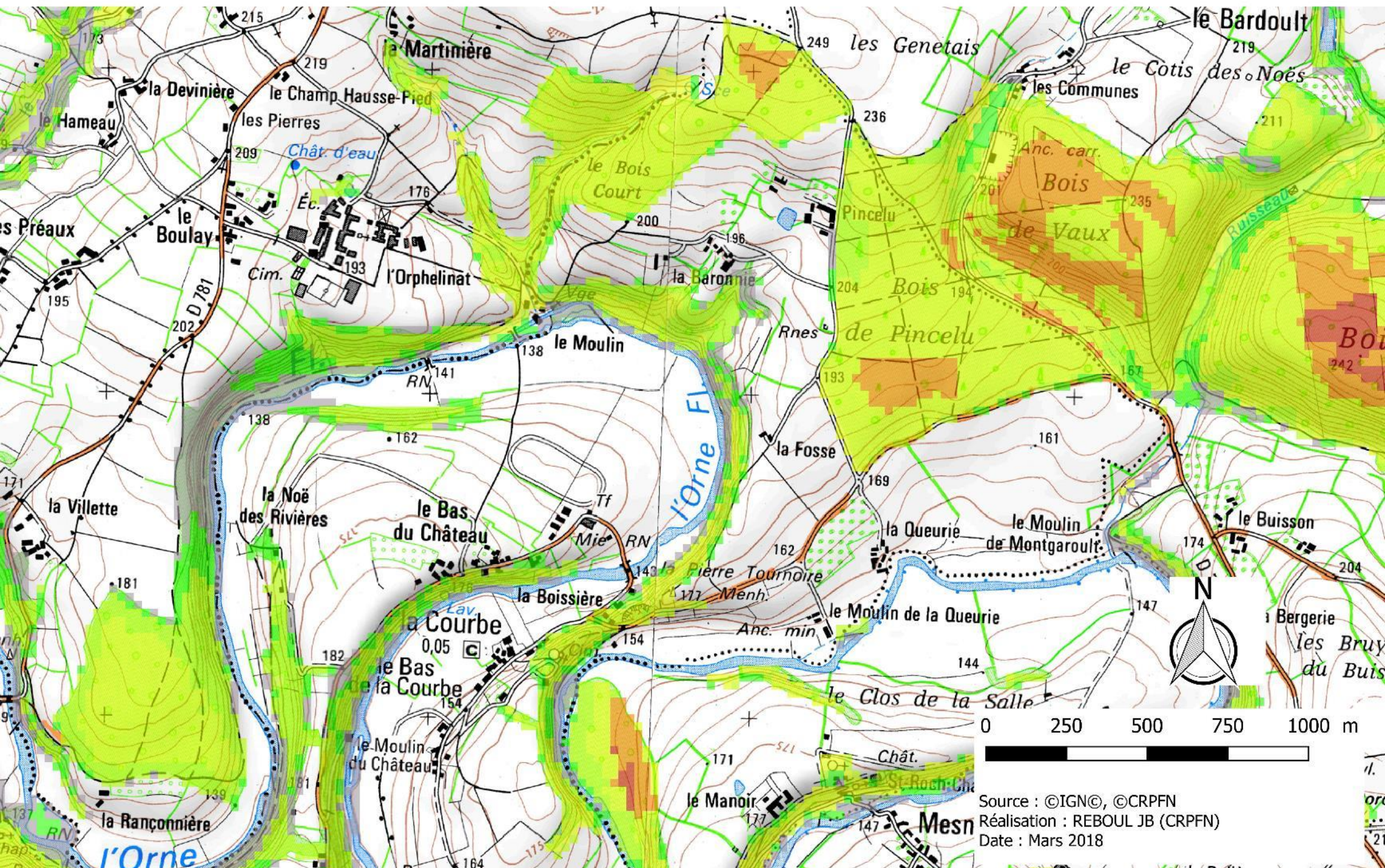
| Variables  | Terme / Modalités                    | Coefficients |
|--|--------------------------------------|--------------|
| Constante  |                                      | 6,12879      |
| Classification de la géologie en 7 classes                             | ]3,0-4,0]                            | 0,00000      |
|  | ]4,0-4,5]                            | 0,21016      |
|  | ]4,5-5,0]                            | 0,42565      |
|  | ]5,0-5,5]                            | 0,70617      |
|  | ]5,5-6,0]                            | 1,04267      |
|  | ]6,0-6,5]                            | 1,49415      |
|  | ]6,5-7,5]                            | 1,78920      |
| Distance à la bordure forestière                                       | $\ln(X + 1)$                         | -0,17520     |
| Précipitations du mois de Janvier                                      | simple                               | -0,00858     |
| Topographie (Indice de dénivelé = $Z_{max} - Z$ sur un rayon de 150 m) | simple                               | 0,00738      |
| Peuplement   | couvert non forestier ou indéterminé | 0,00000      |
|  | futaie feuillue                      | -0,17786     |
|  | futaie mixte                         | -0,33660     |
|  | futaie résineuse autre               | -0,44983     |
|  | futaie de pin ou épicéa              | -0,69766     |
|  | taillis sous futaie feuillue         | -0,12439     |
|  | taillis sous futaie résineuse        | -0,43272     |
| taillis  | -0,09301                             |              |
| Sylvoécorégion   | A11 Ouest-Bretagne et Nord-Cotentin  | 0,00000      |
|  | Bocage normand et Pays de            |              |
|  | A13 Fougères                         | -0,20648     |
|  | B10 Côtes et plateaux de la Manche   | 0,11989      |
|  | Campagne de Caen et Pays             |              |
| B31 d'Auge   | -0,13811                             |              |
| B32 Plateaux de l'Eure   | -0,24255                             |              |
| B33 Perche   | -0,16052                             |              |

|                                  |                     | Observations du jeu de validation |       |             |                  |        |                     | Total | Taux |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------|-------------|------------------|--------|---------------------|-------|------|
|                                  |                     | Très acide                        | Acide | Assez acide | Faiblement acide | Neutre | Calcique à calcaire |       |      |
| Prédictions du jeu de validation | Très acide          | 127                               | 163   | 56          | 9                | 5      | 1                   | 361   | 35%  |
|                                  | Acide               | 64                                | 133   | 129         | 48               | 19     | 8                   | 401   | 33%  |
|                                  | Assez acide         | 44                                | 103   | 169         | 225              | 108    | 44                  | 693   | 24%  |
|                                  | Faiblement acide    | 6                                 | 24    | 41          | 108              | 106    | 53                  | 338   | 32%  |
|                                  | Neutre              | 0                                 | 8     | 9           | 47               | 62     | 59                  | 185   | 34%  |
|                                  | Calcique à calcaire | 0                                 | 3     | 8           | 56               | 117    | 142                 | 326   | 44%  |
|                                  | Total               | 241                               | 434   | 412         | 493              | 417    | 307                 | 2304  |      |
|                                  | Taux                | 52,7%                             | 30,6% | 41,0%       | 21,9%            | 14,9%  | 46,3%               |       | 32%  |

Un taux de bon reclassement élargi de  $\pm 1$  niveau trophique de 78 % !

# Niveaux trophiques issus du modèle pH

Exemple dans les boucles de l'Orne

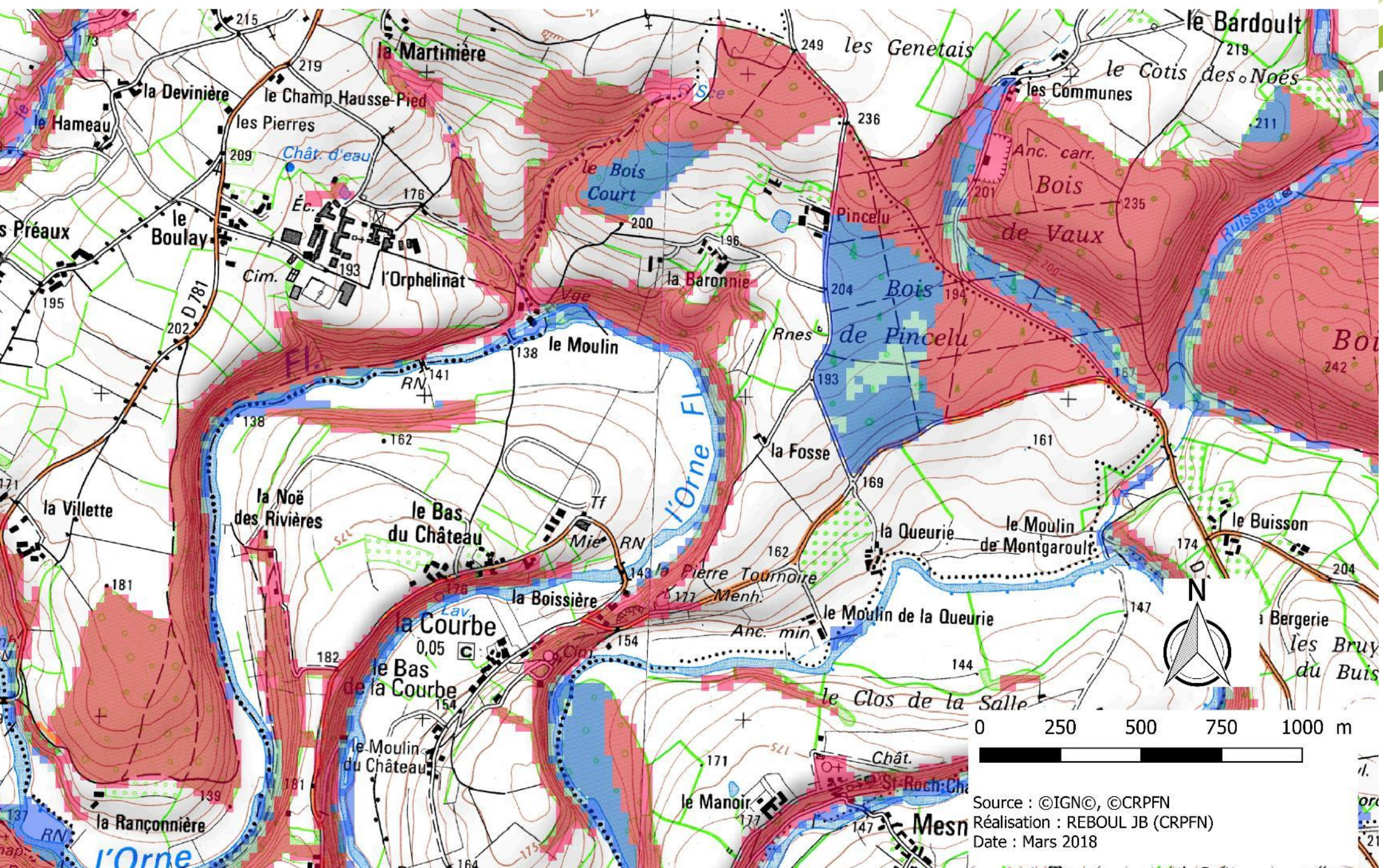


Source : ©IGN©, ©CRPFN  
Réalisation : REBOUL JB (CRPFN)  
Date : Mars 2018

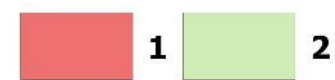
# Niveaux d'hydromorphie issus du modèle sur la probabilité d'avoir une hydromorphie marquée à une profondeur donnée



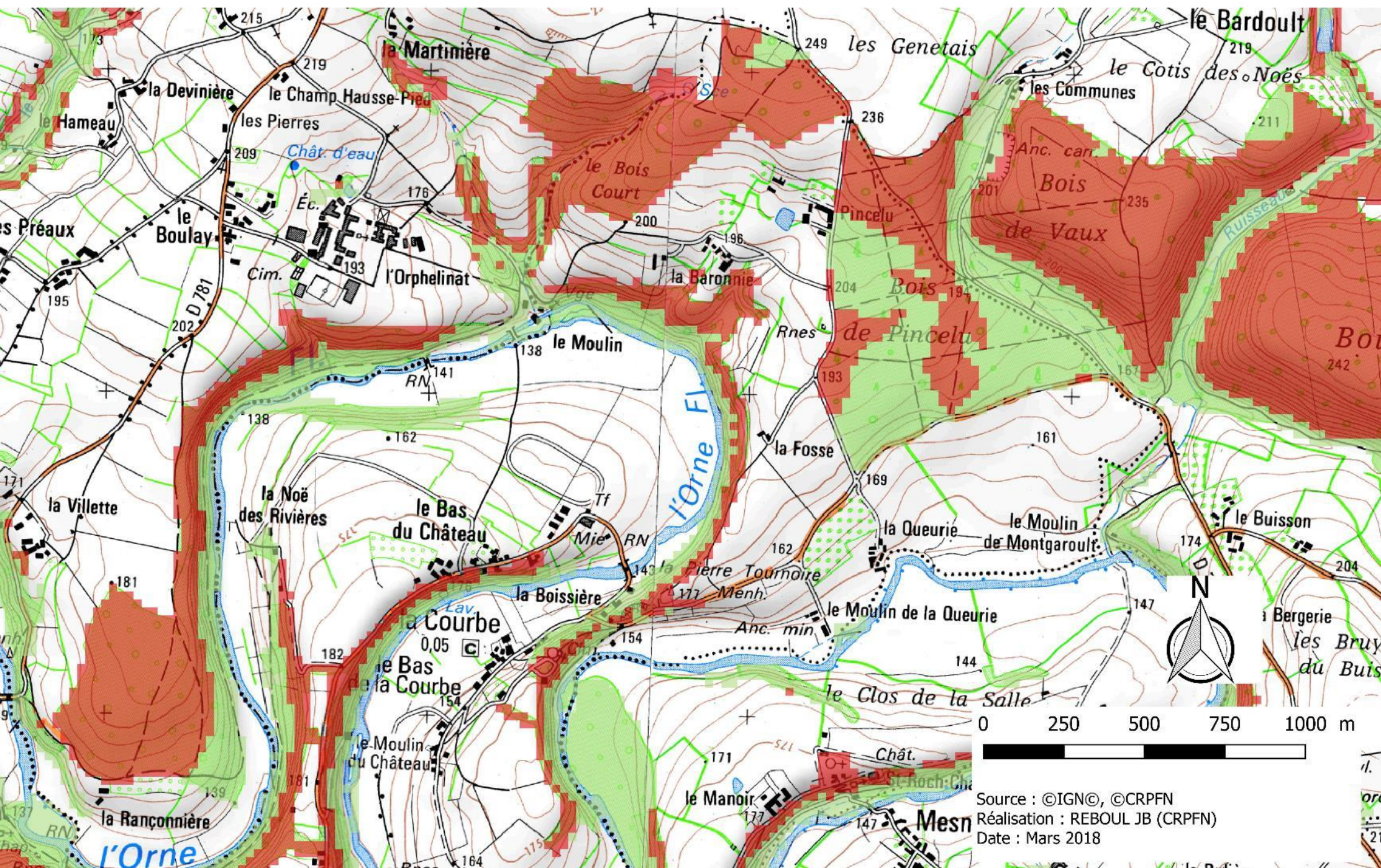
Exemple dans les boucles de l'Orne



# Niveaux de réserve en eau superficielle issus du modèle brut RUM

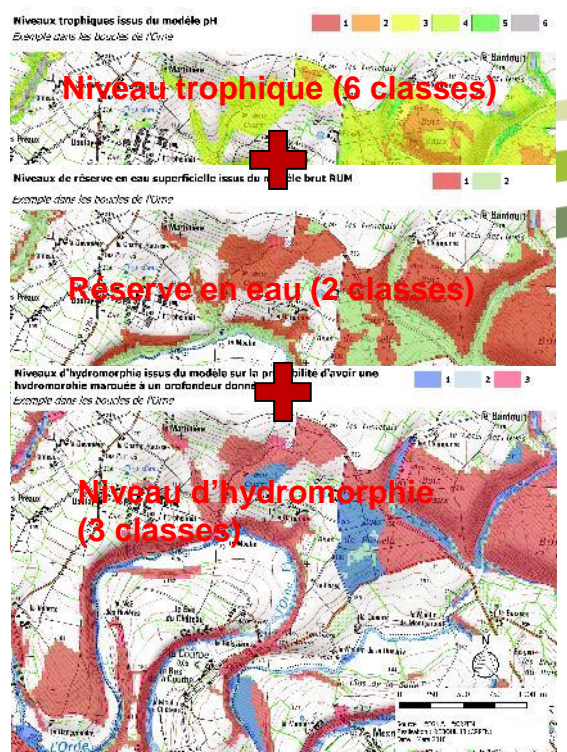


Exemple dans les boucles de l'Orne



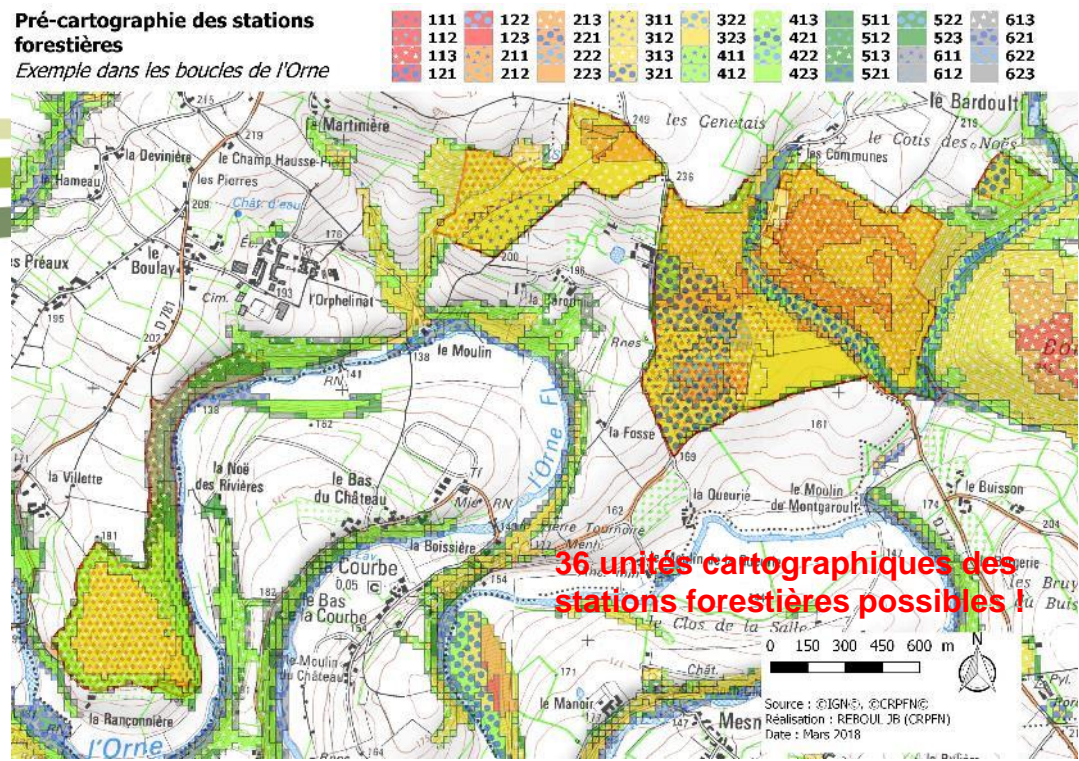
Source : ©IGN©, ©CRPFN  
Réalisation : REBOUL JB (CRPFN)  
Date : Mars 2018

# 1) La pré-cartographie des stations une résultante de ces 3 modèles reclassifiés



+

=



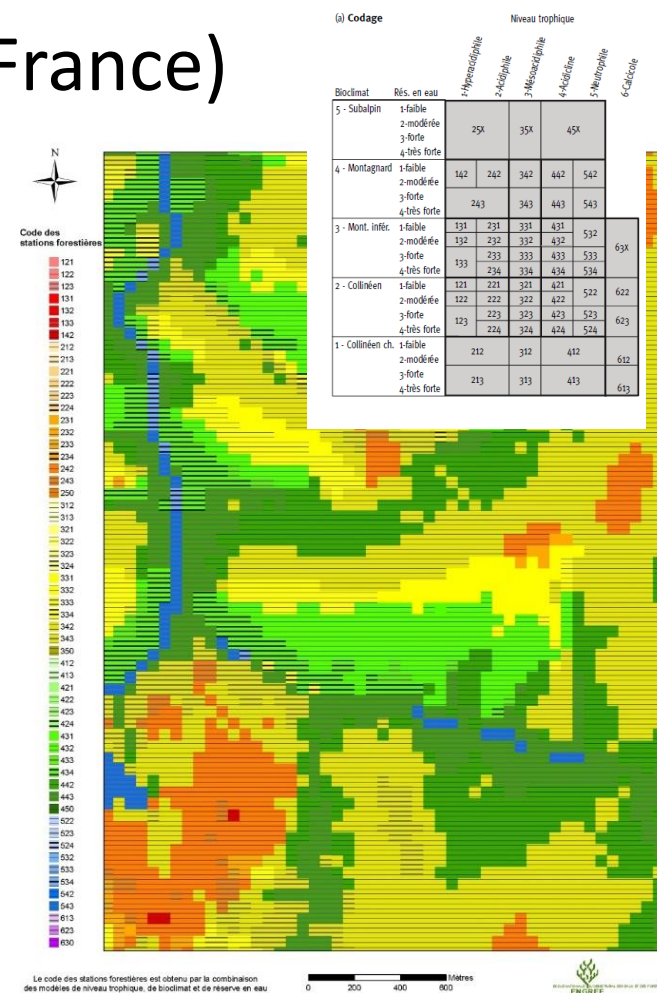
**La pré-cartographie une résultante de ces 3 variables**

| Niveau trophique |             | Réserve utile maximale en eau superficielle |                      | Niveau d'hydromorphie |  |
|------------------|-------------|---|----------------------|-----------------------|--|
| 1                | Très acide  | 1   | Faible               | 1                     | Hydromorphie marquée dans les 30 premiers cm               |
| 2                | Acide       |   |                      | 2                     | Hydromorphie marquée entre 30 et 50 cm de profondeur       |
| 3                | Assez acide |   |                      | 3                     | Hydromorphie marquée après 50 cm de profondeur ou sol sain |
| 4                | Peu acide   | 2   | Moyenne à très bonne | 1                     | Hydromorphie marquée dans les 30 premiers cm               |
| 5                | Neutre      |   |                      | 2                     | Hydromorphie marquée entre 30 et 50 cm de profondeur       |
| 6                | Calcique    |   |                      | 3                     | Hydromorphie marquée après 50 cm de profondeur ou sol sain |

## 2) Données spatialisées utilisables pour le forestier

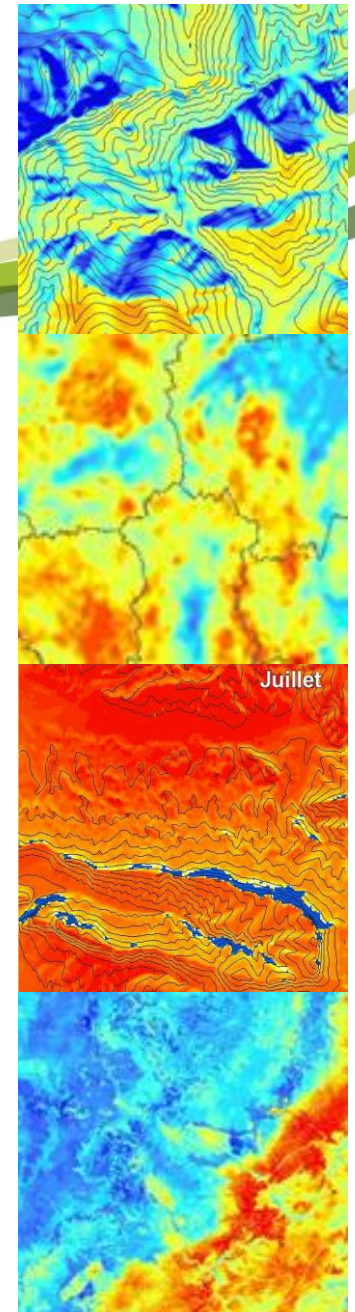
### Petit historique en France

- Années 1980 : premiers travaux concernant le climat (ex: modèle Aurelhy Météo France)
- Vers an 2000: cartes numériques des propriétés des sols
- Suites tempête 1999 besoins reboisement: carte numérique des stations Vosges 2002 (gradients hydriques, trophiques, bioclimatiques)
- Depuis de nombreux développements: GIS sol, INRA, CNPF, SILVA ...

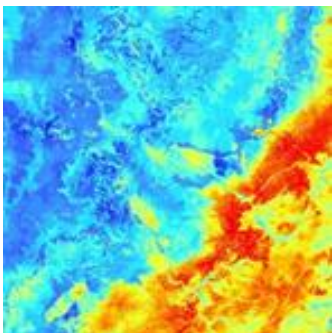


## 2) Données spatiales concernées

- Thématiques :
  - Données climatiques : Temp, Prec, ETP, bilan en eau, évolutions du climat, ...
  - Propriétés des sol: textures, nutrition, engorgement, DA, profondeur, réservoir en eau ...
- Synthétiques: « stations »
- Dérivées: cartes prédictives de distribution, productivité, état de santé des arbres ...







## 2) Réalisation de cartes numériques : principes généraux

*Quantité de données  
Type d'échantillonnage,  
Exactitude,  
Précision de la donnée*



### Données ponctuelles

- Mesures (T° C)
- Estimations de terrain (profondeur)
- Proxies (FPT, bioindication, ...)

Données spatiales

*Incertitude liée à la  
distribution du jeu  
de données et à la  
méthode*



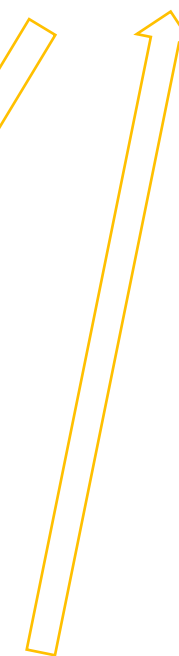
### Spatialisation

- Calcul
- Interpolation
- Modélisation

*Caractérisées par une  
exactitude, résolution, une  
gamme d'usage et d'échelles*



Données spatiales

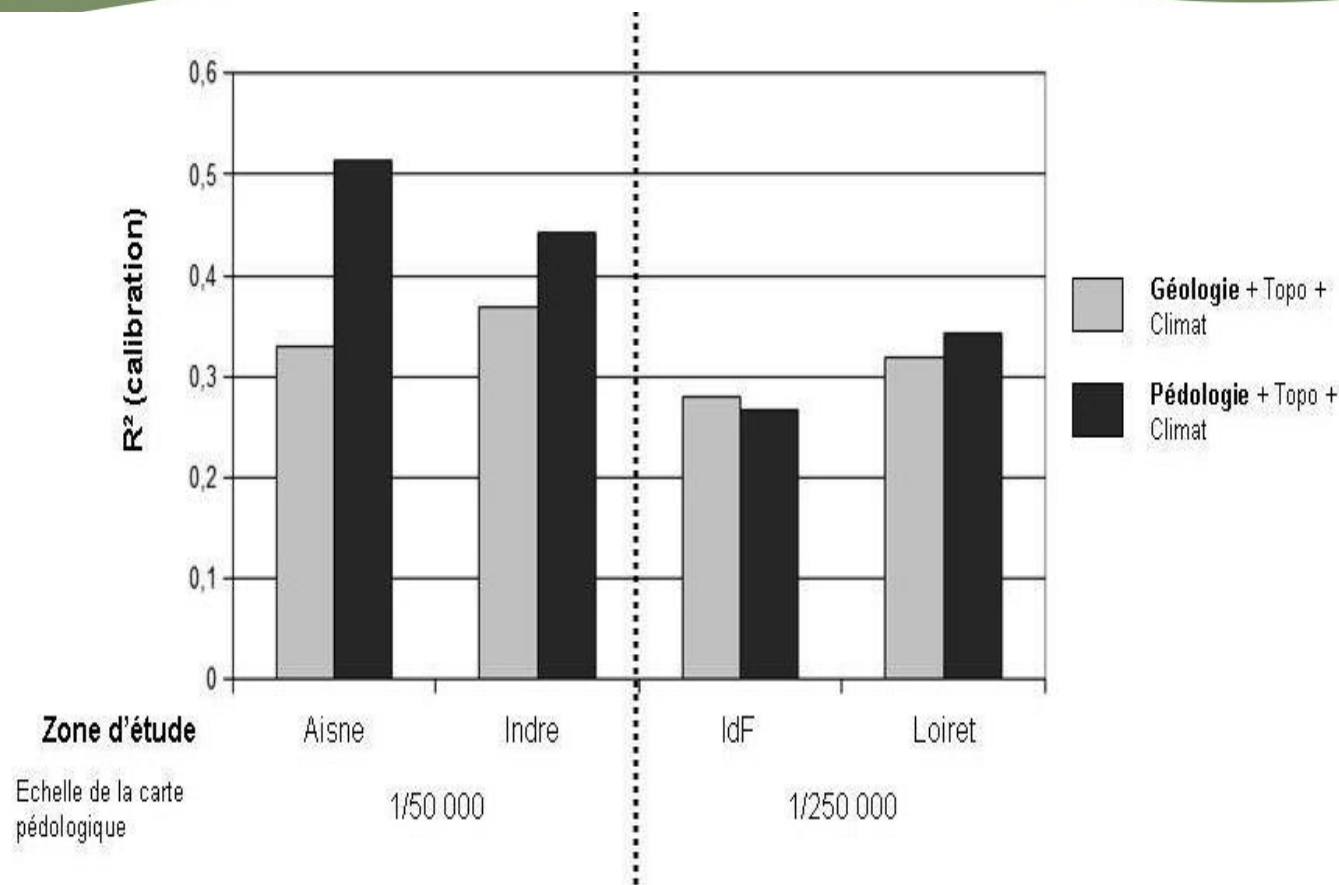


## 2) Principales perspectives d'amélioration

|                            | Sol   | Climat  |
|----------------------------|---|---|
| <b>Données ponctuelles</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Augmentation effectifs (unités faible effectifs) (ex:relevés IFN, 6-700 placettes en +/-an)</li><li>• Amélioration jeu données intrant (ex: mesure/bioindic.)</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Homogénéisation des séries</li><li>• Prise en compte des effets liés à la topographie</li></ul> |
| <b>Données spatiales</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Disponibilité des cartes géologiques vectorisées BRGM (prise en compte unités superficielles)</li><li>• MNT + fins (écoulements)</li><li>• Disponibilité des cartes de sol numériques</li><li>• Disponibilité de l'occupation ancienne des sols</li></ul> |   |
| <b>Méthodes</b>            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Méthode de spatialisation</li><li>• Choix de la résolution/ Amélioration de la pertinence locale</li><li>• Mise à jour automatisée/Utilisation des données existantes</li></ul>   |   |

## 2) Utilisation de cartes des sols numériques

### Exemple du pH de l'horizon A



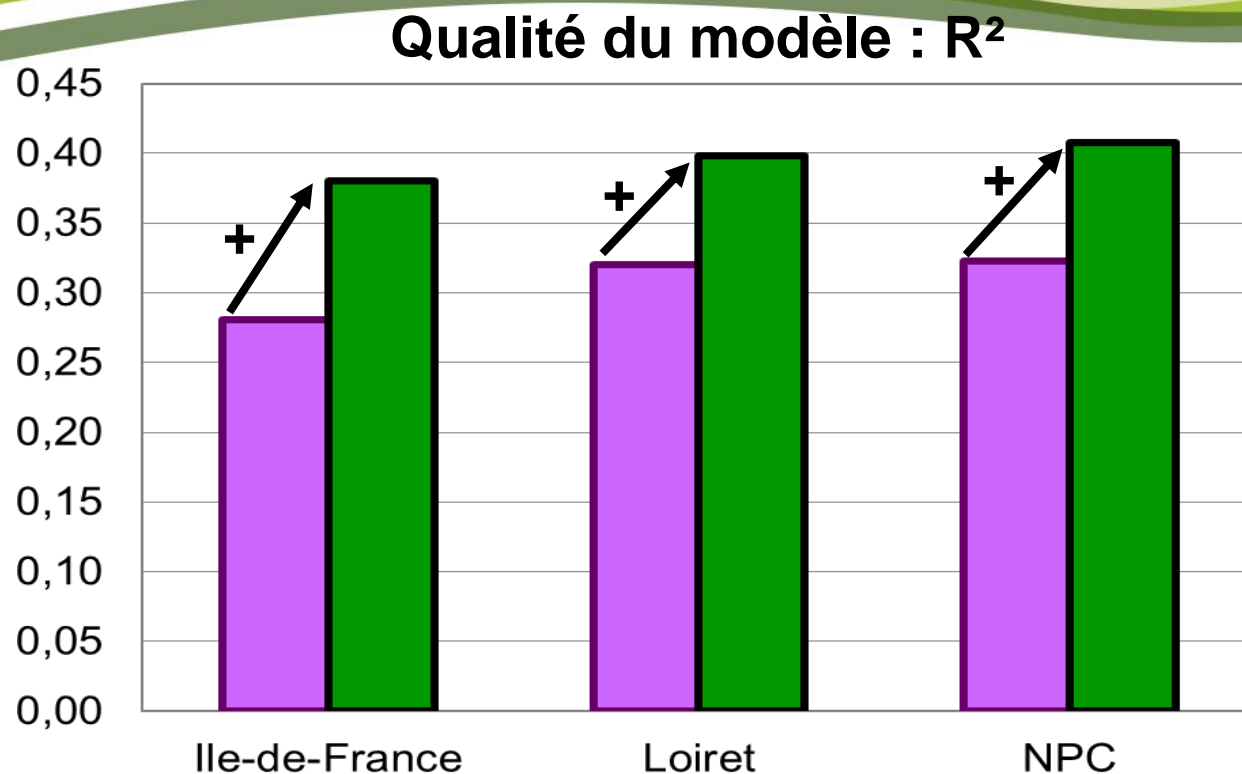
- Les cartes numériques des sols 1/25000 eme améliorent les performances /géol
- Pas les cartes au 1/125000 eme

## 2) Principales perspectives d'amélioration

|                            | Sol   | Climat  |
|----------------------------|---|---|
| <b>Données ponctuelles</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Augmentation effectifs (unités faible effectifs) (ex: relevés IFN, 6-700 placettes en +/- an)</li><li>• Amélioration jeu données intrant (ex: mesure/bioindic.)</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Homogénéisation des séries</li><li>• Prise en compte des effets liés à la topographie</li></ul> |
| <b>Données spatiales</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Disponibilité des cartes géologiques vectorisées BRGM (prise en compte unités superficielles)</li><li>• MNT + fins (écoulements)</li><li>• Disponibilité des cartes de sol numériques</li><li>• Disponibilité de l'occupation ancienne des sols</li></ul> |   |
| <b>Méthodes</b>            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Méthode de spatialisation</li><li>• Choix de la résolution/ Amélioration de la pertinence locale</li><li>• Mise à jour automatisée/Utilisation des données existantes</li></ul>   |   |

## 2) Prise en compte de l'ancienneté des forêts

### Exemple du pH de l'horizon A



#### Forêt ancienne:

*Une zone qui est restée forestière entre la carte de l'Etat Major (1830) et la carte de l'IFN 2009*

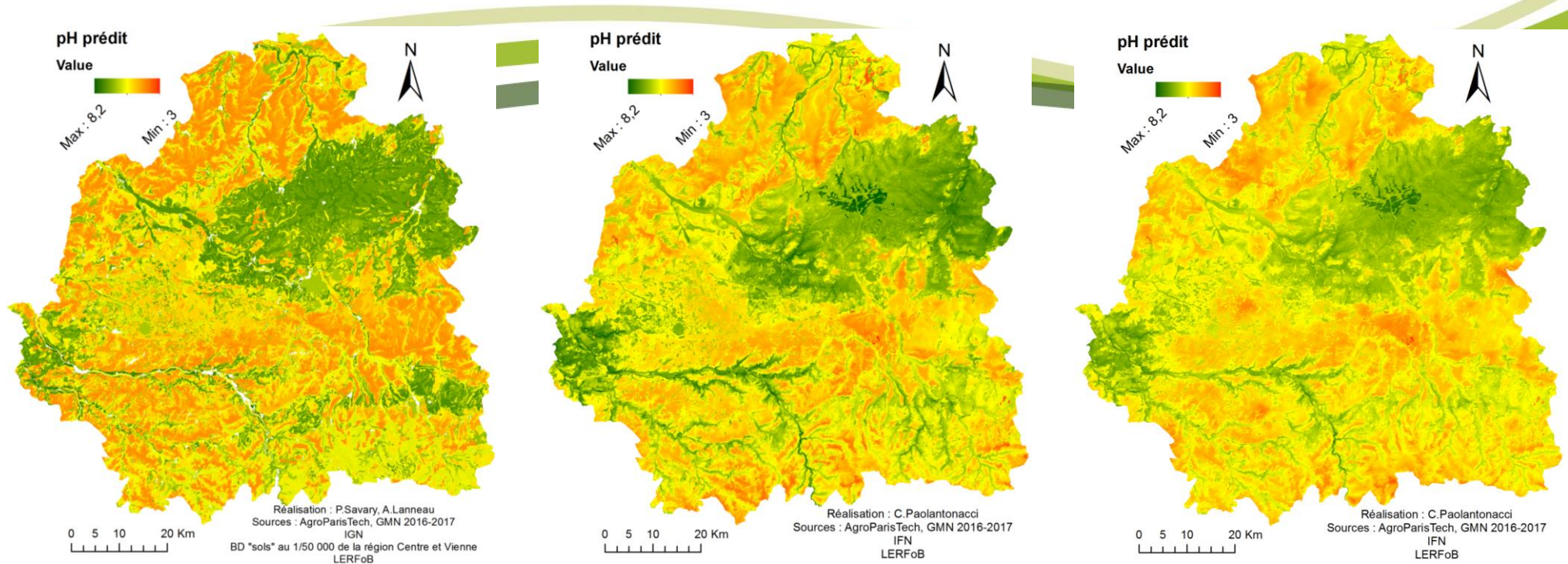
➤ *Amélioration sur les 3 sites étudiés*

## 2) Principales perspectives d'amélioration

|                            | Sol   | Climat  |
|----------------------------|---|---|
| <b>Données ponctuelles</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Augmentation effectifs (unités faible effectifs) (ex:relevés IFN, 6-700 placettes en +/-an)</li><li>• Amélioration jeu données intrant (ex: mesure/bioindic.)</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Homogénéisation des séries</li><li>• Prise en compte des effets liés à la topographie</li></ul> |
| <b>Données spatiales</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Disponibilité des cartes géologiques vectorisées BRGM (prise en compte unités superficielles)</li><li>• MNT + fins (écoulements)</li><li>• Disponibilité des cartes de sol numériques</li><li>• Disponibilité de l'occupation ancienne des sols</li></ul> |   |
| <b>Méthodes</b>            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Méthode de spatialisation</li><li>• Choix de la résolution/ Amélioration de la pertinence locale</li><li>• Mise à jour automatisée/Utilisation des données existantes</li></ul>   |   |

## 2) Effet de la méthode de spatialisation

### Exemple du pH de l'horizon A



Cartes prédictives du pH des sols forestiers sur l'Indre, à une résolution de 25m, selon différentes méthodes de spatialisation.

Géomorphopédologie

MAE = 0,64

Modélisation

MAE = 0,59

Méthode hybride  
modélisation/krigeage

MAE = 0,52

➤ un effet significatif de la méthode de spatialisation sur la performance de la carte

## 2) Principales perspectives d'amélioration

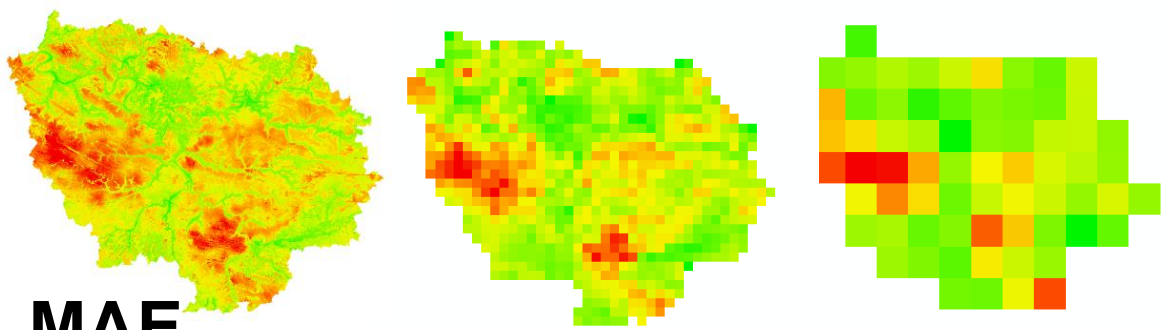
|                            | Sol   | Climat  |
|----------------------------|---|---|
| <b>Données ponctuelles</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Augmentation effectifs (unités faible effectifs) (ex: relevés IFN, 6-700 placettes en +/-an)</li><li>• Amélioration jeu données intrant (ex: mesure/bioindic.)</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Homogénéisation des séries</li><li>• Prise en compte des effets liés à la topographie</li></ul> |
| <b>Données spatiales</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Disponibilité des cartes géologiques vectorisées BRGM (prise en compte unités superficielles)</li><li>• MNT + fins (écoulements)</li><li>• Disponibilité des cartes de sol numériques</li><li>• Disponibilité de l'occupation ancienne des sols</li></ul> |   |
| <b>Méthodes</b>            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Méthode de spatialisation</li><li>• Choix de la résolution/ Amélioration de la pertinence locale</li><li>• Mise à jour automatisée/Utilisation des données existantes</li></ul>   |   |



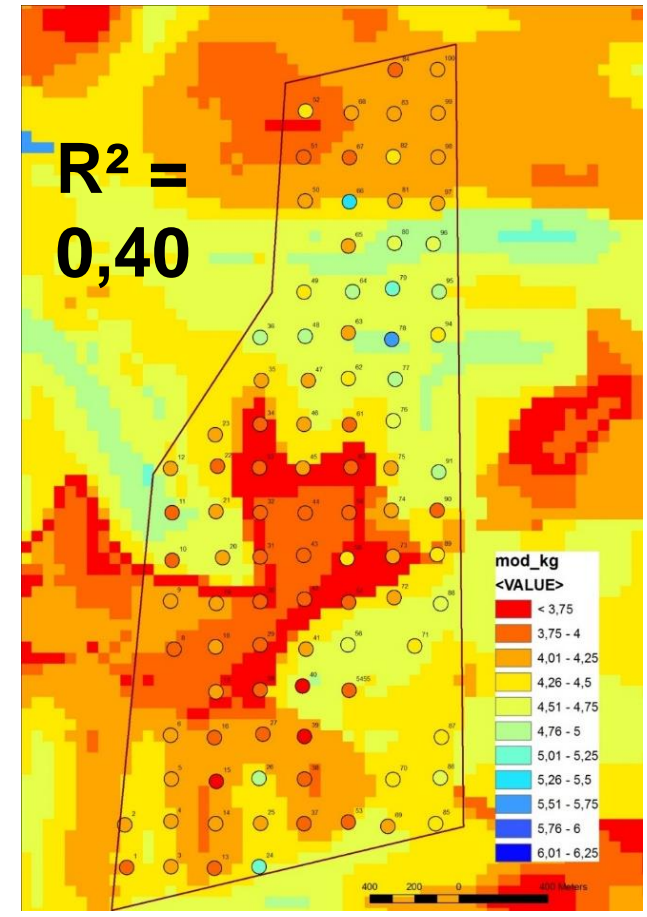
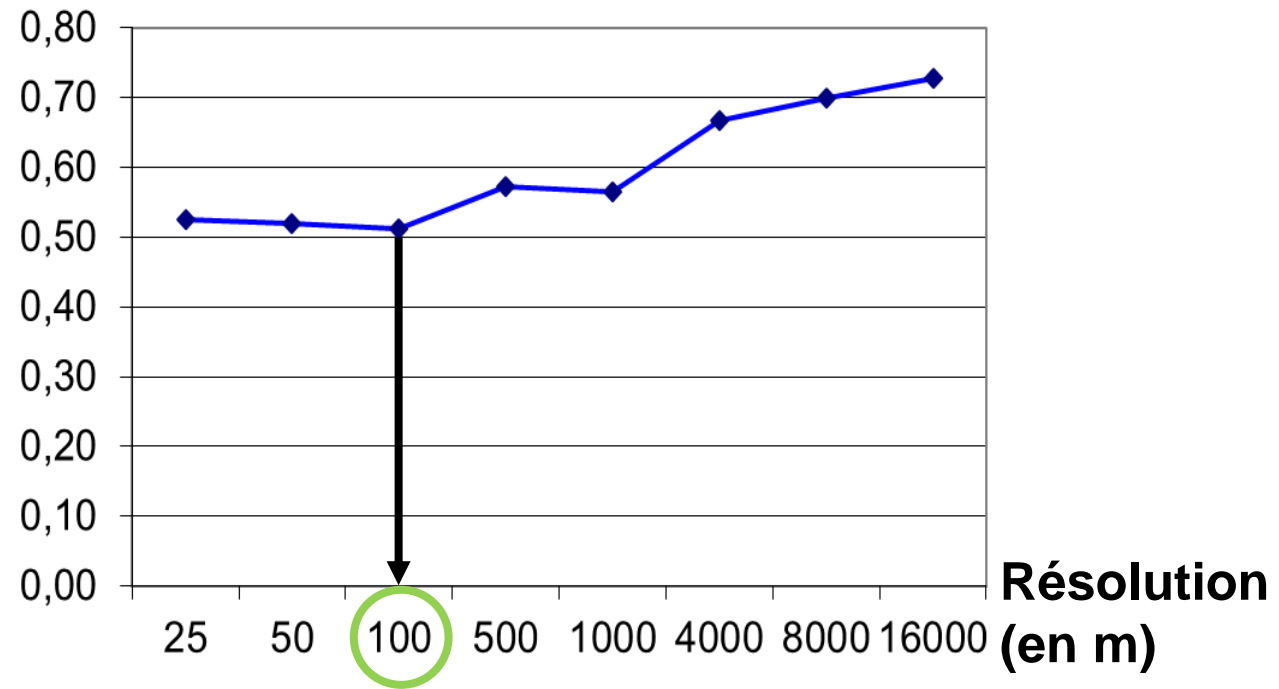
# 2) Résolution spatiale et pertinence locale

Exemple de l'Ile-de-France

Exemple de Rupt sur Moselle



MAE

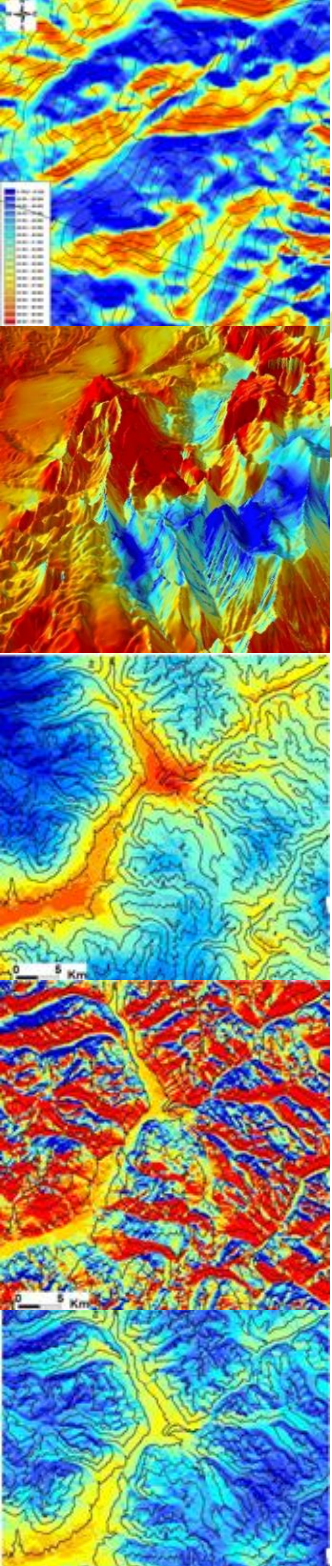


Source : AgroParisTech GMN

## 2) Principales perspectives d'amélioration

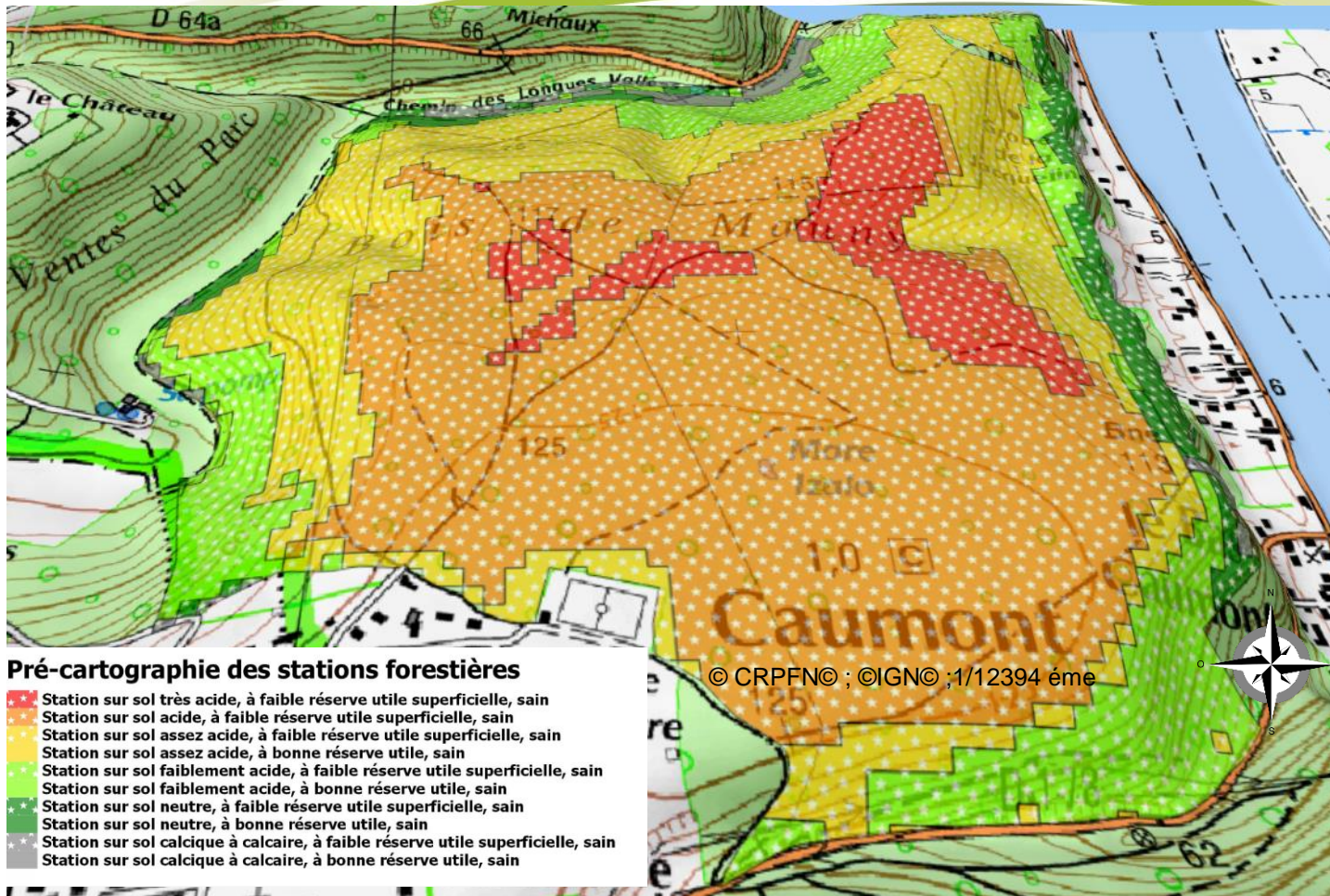
|                            | Sol  | Climat  |
|----------------------------|--|---|
| <b>Données ponctuelles</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Augmentation (unités faible effectifs) (ex:relevés IFN, 6-700 placettes en +/-an)</li><li>• Amélioration jeu données intrant (ex: mesure/bioindic.)</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Homogénéisation des séries</li><li>• Prise en compte des effets de la topographie</li></ul> |
| <b>Données spatiales</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Disponibilité des cartes géologiques vectorisées BRGM (amélioration prise en compte unités superficielles)</li><li>• MNT + fins (écoulements)</li><li>• Disponibilité des cartes de sol numériques</li><li>• Disponibilité de l'occupation ancienne des sols</li></ul> |   |
| <b>Méthodes</b>            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Méthode de spatialisation</li><li>• Choix de la résolution/ Amélioration de la pertinence locale</li><li>• Mise à jour automatisée/Utilisation des données existantes</li></ul>  |   |

## 2) Conclusions



- Cartes numériques permettent de revisiter l'approche stationnelle et de mieux prendre en compte le climat
- Manque de connaissance concernant l'impact des données/méthodes pour améliorer la qualité locale des prédictions
- Méthodes pour bien combiner données sol/climat/choix des essences sont à réfléchir
- Intégration du changement climat dans ces outils doit être améliorée

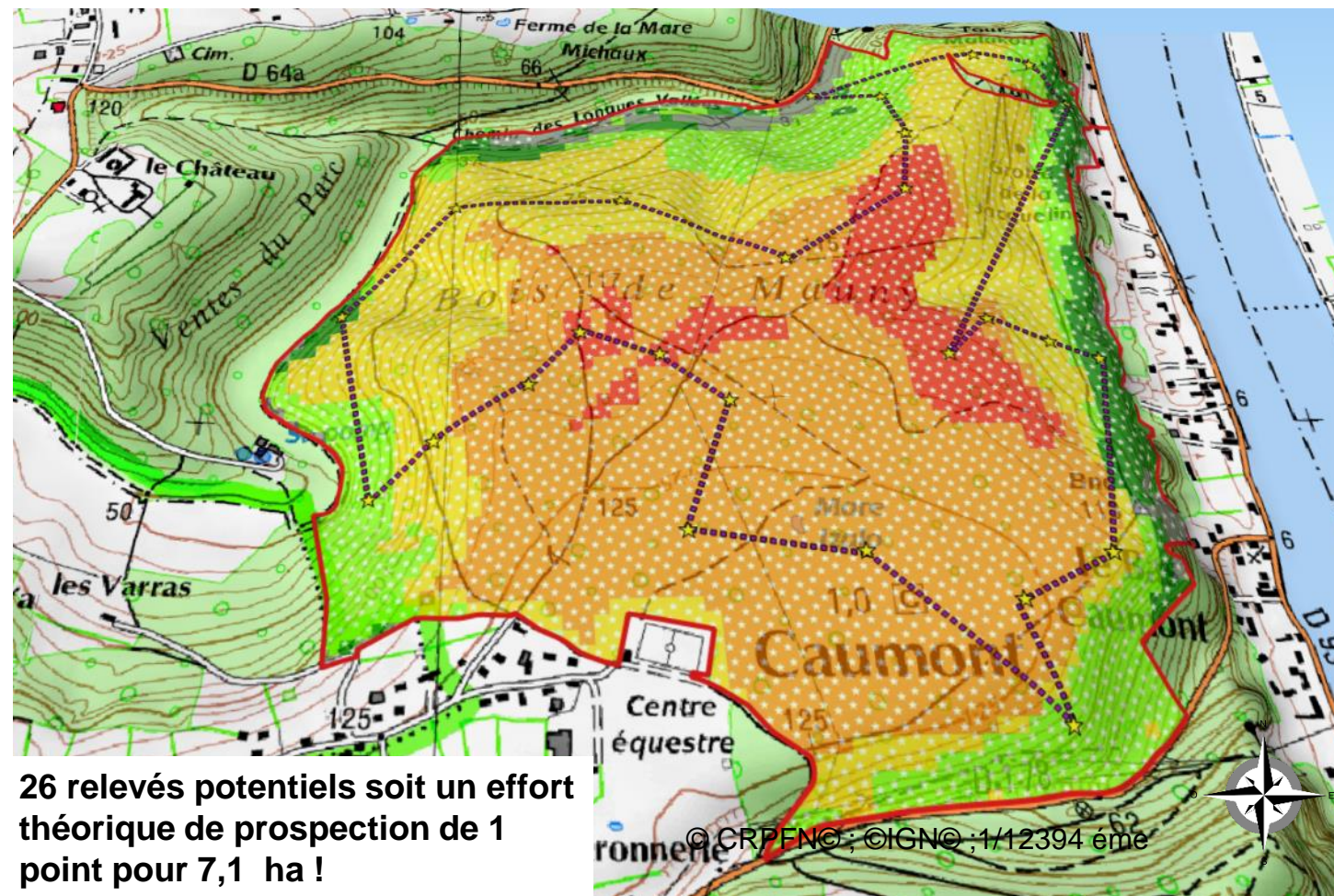
# 3) La pré-cartographie ne vaut pas carte définitive des stations forestières !



- **Cumulation des erreurs** des 3 modèles
- Mauvaise interprétation (erreur de reclassement de la géologie...)
- **Données d'entrée des modèles de qualité variable :**
  - ✓ Géologie parfois fausse (pas assez précise, mauvaises limites,...)
  - ✓ Pas de prise en compte des matériaux de surface (épaisseur des limons...)
  - ✓ MNT pas toujours précis

❗ Il est nécessaire de revenir sur le terrain pour valider la pré-cartographie des stations forestières !

### 3) La pré-cartographie ne vaut pas carte définitive des stations forestières !



- **Simplification du travail de cartographie des stations forestières :**

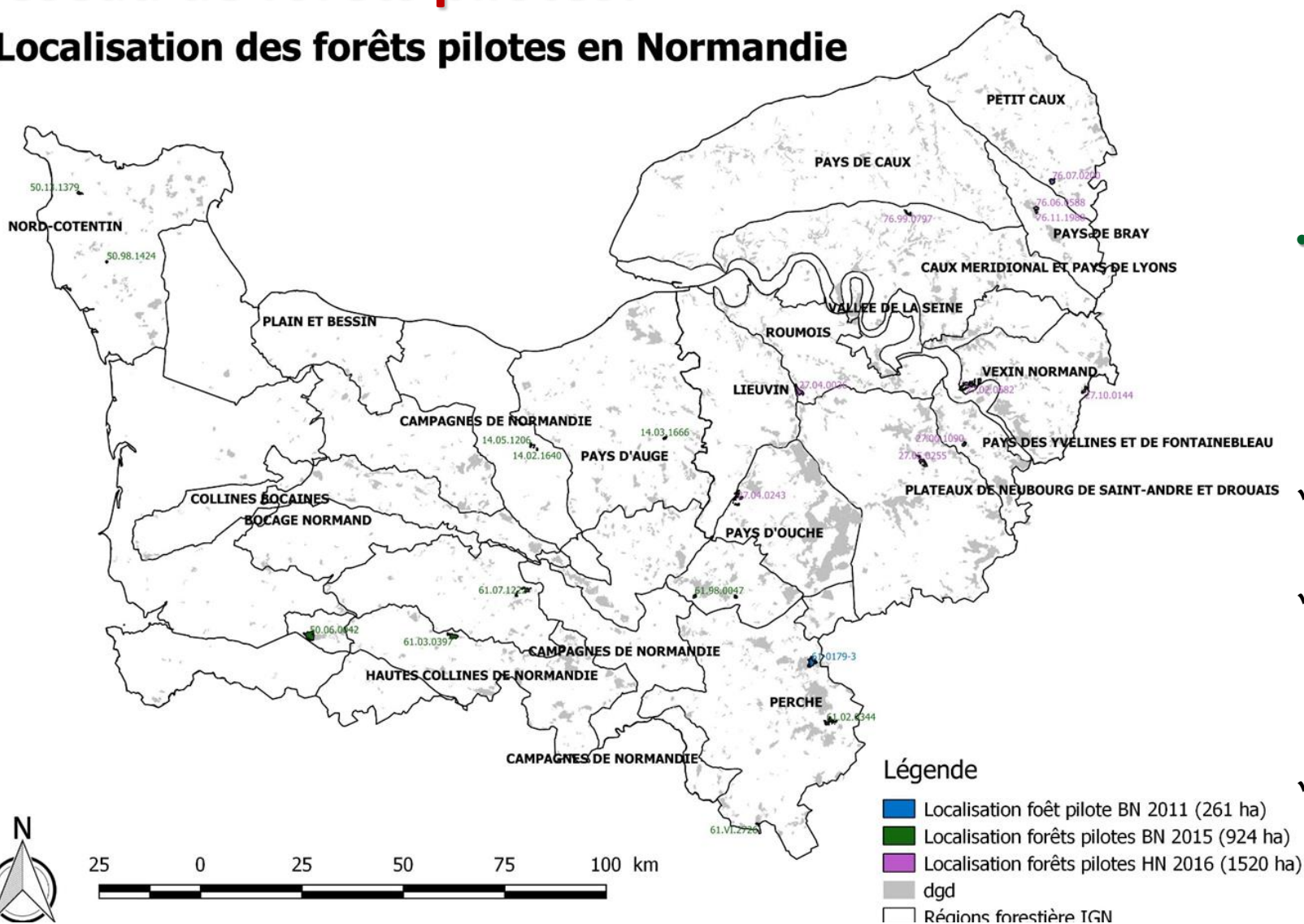
- ✓ Mise en place de **transects de relevés de validation** couvrant la diversité stationnelle du massif
- ✓ **Connaissance rapide** du contexte stationnel
- ✓ **Pré-découpage des variations potentielles** des stations

En moyenne sur un réseau de forêts pilotes (21) : 1 point de relevé pour 4 ha.

On divise donc par 4 le temps de travail par rapport à une méthode systématique !

# 3) Un test de la pré-cartographie des stations forestières sur un réseau de forêts pilotes!

## Localisation des forêts pilotes en Normandie



- La pré-cartographie des stations est-elle suffisante pour réaliser une cartographie des stations définitives ?

- ✓ Retrouve-t-on les gradients ?
- ✓ Retrouve-t-on les limites entre stations sans forcément de bonnes correspondances ?
- ✓ Retrouve on le grand contexte stationnel ?

- Une forêt pilote est une forêt où une cartographie définitive selon le guide local

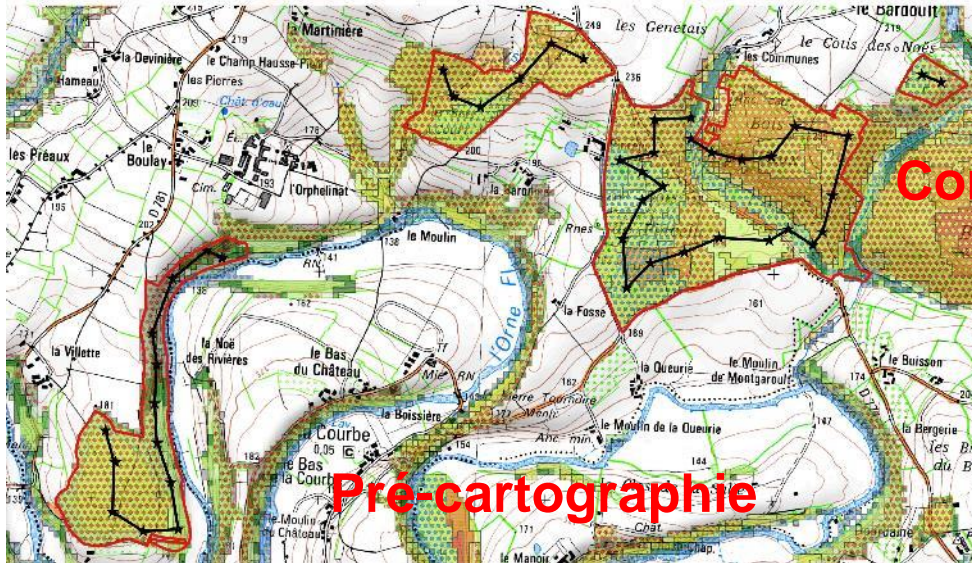
- Un réseau de forêts pilotes pour couvrir et illustrer la diversité des régions forestières :

- ✓ 21 en Normandie pour 2705 ha ; 26 en Hauts de France pour 1458 ha ; 10 en Ile de France Centre Val de Loire pour 515 ha

# 3) Fiabilité de la pré-cartographie des stations forestières ?

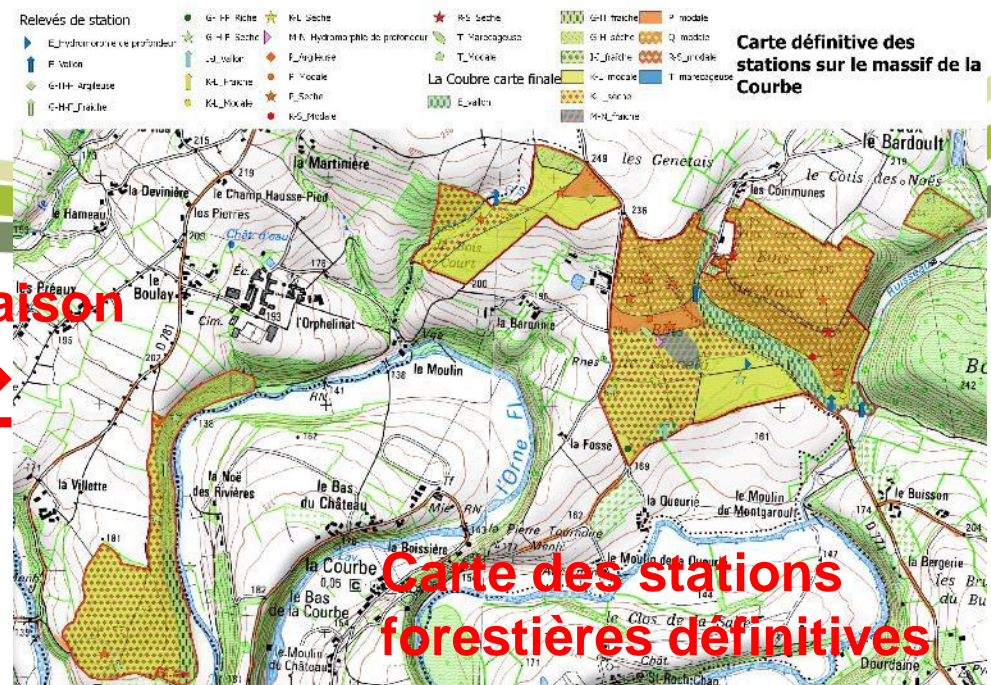
|                               |     |     |     |     |     |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| — Transects la Courbe         | 231 | 323 | 423 | 523 |     |
| ★ Transects points la Courbe  | 232 | 331 | 431 | 531 |     |
| Pré-cartographie des stations | 233 | 332 | 432 | 532 |     |
|                               | 213 | 311 | 333 | 433 | 533 |
|                               | 223 | 313 | 411 | 511 |     |
|                               |     | 321 | 413 | 513 |     |

Aide de la pré-cartographie des stations pour le prézonage sur le massif de la Courbe



Pré-cartographie

Comparaison



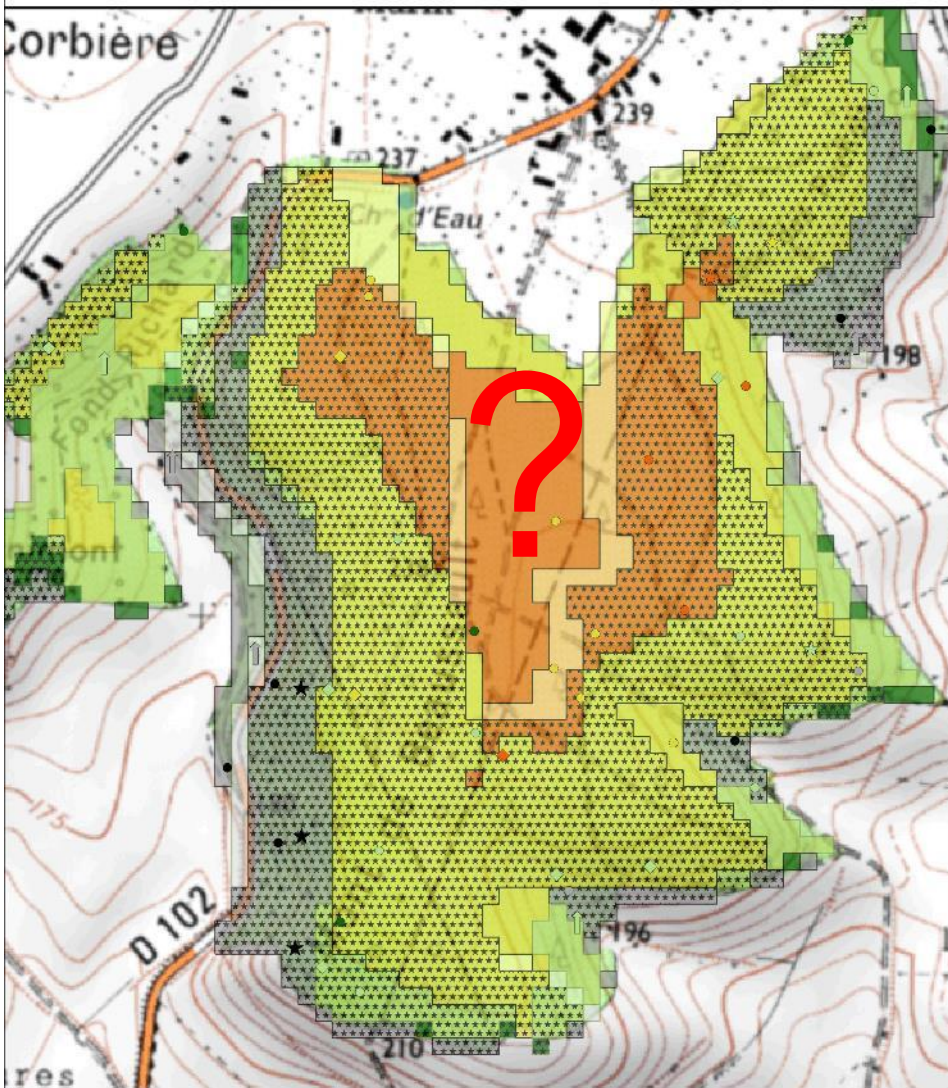
Carte définitive des stations sur le massif de la Courbe

Carte des stations forestières définitives

- **Bonne qualité du modèle sur le niveau trophique :**
  - ✓ Difficulté de la précision sur les secteurs avec potentiellement des sols carbonatés dans les 50 premiers cm
- **Réserve en eau (< 60 mm ; > 60 mm) :**
  - ✓ Tendance à la sous-estimation notamment en contexte de formations à silex
- **Engorgement (présence/absence):**
  - ✓ La présence/absence fonctionne assez bien. Le gradient d'hydromorphie (< 30 cm ; < 50 cm) semble peu fiable.
- **Unités cartographiques des stations forestières :**
  - ✓ Le taux de bonne correspondance a tendance à augmenter plus la géologie est variée.
  - ✓ Ce taux dépend beaucoup de la géologie en place et de son homogénéité.

### 3) Fiabilité de la pré-cartographie des stations forestières !

Pré-cartographie forestière sur le bois de Beaussault



Carte prédictive des stations forestières

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 213 | 313 | 513 |
| 221 | 323 | 523 |
| 222 | 333 | 533 |
| 223 | 413 | 613 |
| 233 | 423 | 623 |
|     | 433 | 633 |

0 150 300 m N

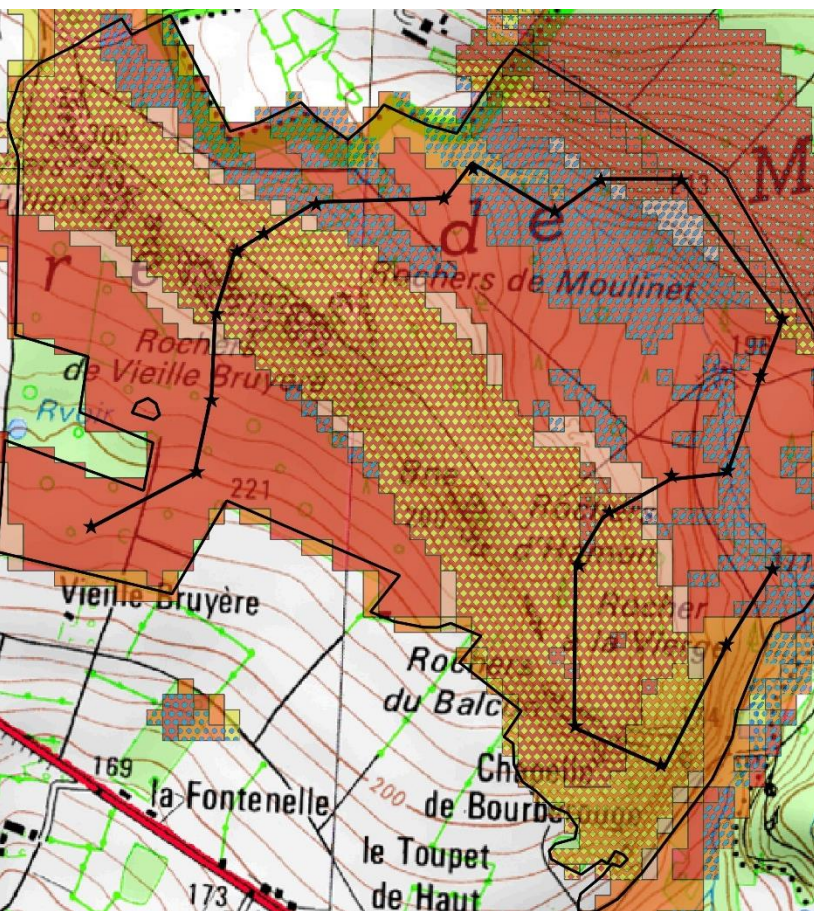
Date : Mai 2017  
 Source : ©CRPFN© ; ©IGN©  
 Réalisation : JBR ©CRPFN©

|   |    |      |
|---|----|------|
| Très forte correspondance entre la pré-cartographie de stations et la carte finale  | 2  | 10 % |
| La pré-cartographie et le fond IGN constituent un prézonage satisfaisant  | 12 | 57 % |
| La pré-cartographie et le fond IGN permettent de connaître le grand contexte stationnel et les grands gradients, mais cela n'est pas suffisant pour plus de précisions (plateau avec une géologie homogène) | 4  | 19 % |
| La précartographie n'est pas utilisable pour un prézonage ; une méthodologie de cartographie systématique des stations est nécessaire   | 3  | 14 % |

- Qualité de la pré-cartographie des stations forestières **très dépendant de la donnée géologique.**
- Qualité fonction de la précision recherchée (**36 unités cartographiques de sol**).
- Epaisseurs des limons, textures dominantes ; facteurs non intégrés pour l'instant dans la carte prédictive

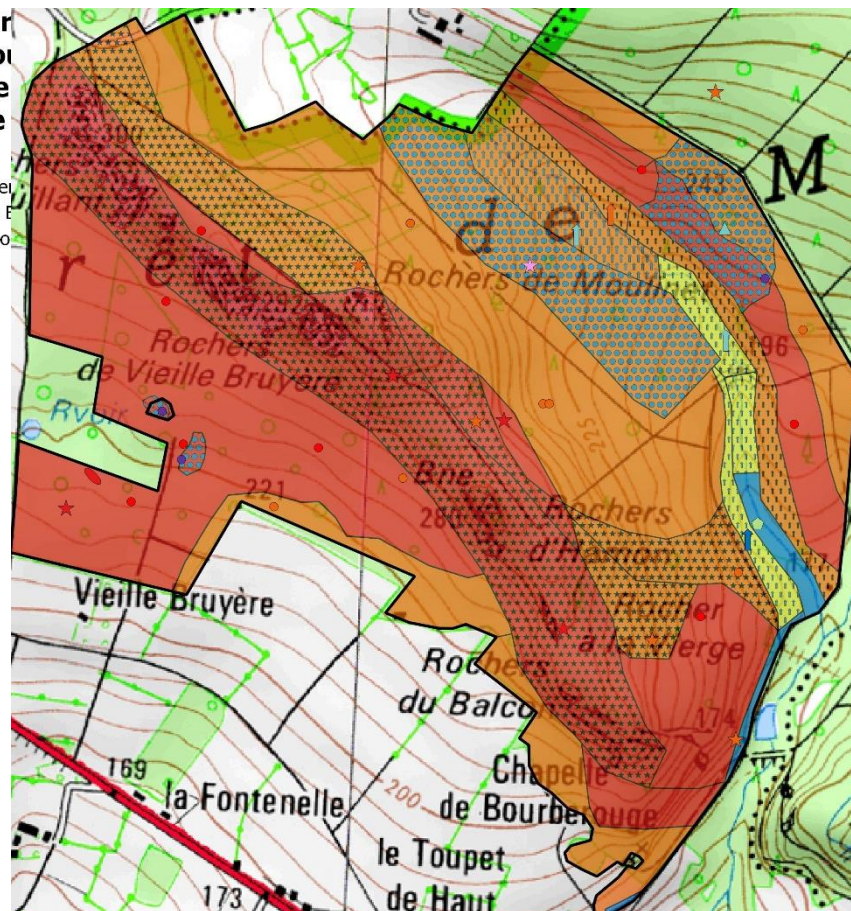


# 3) Fiabilité de la pré-cartographie des stations forestières ?



Aide de la cartographie prédictive pour le zonage sur le Bourberouge

- Transects Bourberouge
  - ★ Transects points E
  - Dgd\_la\_landepo
- Carte prédictive
- 111
  - 112
  - 113
  - 121
  - 122
  - 123
  - 131
  - 132
  - 133
  - 211
  - 212
  - 213
  - 222
  - 223
  - 231
  - 232
  - 233
  - 311
  - 312
  - 313
  - 323
  - 331
  - 332
  - 333

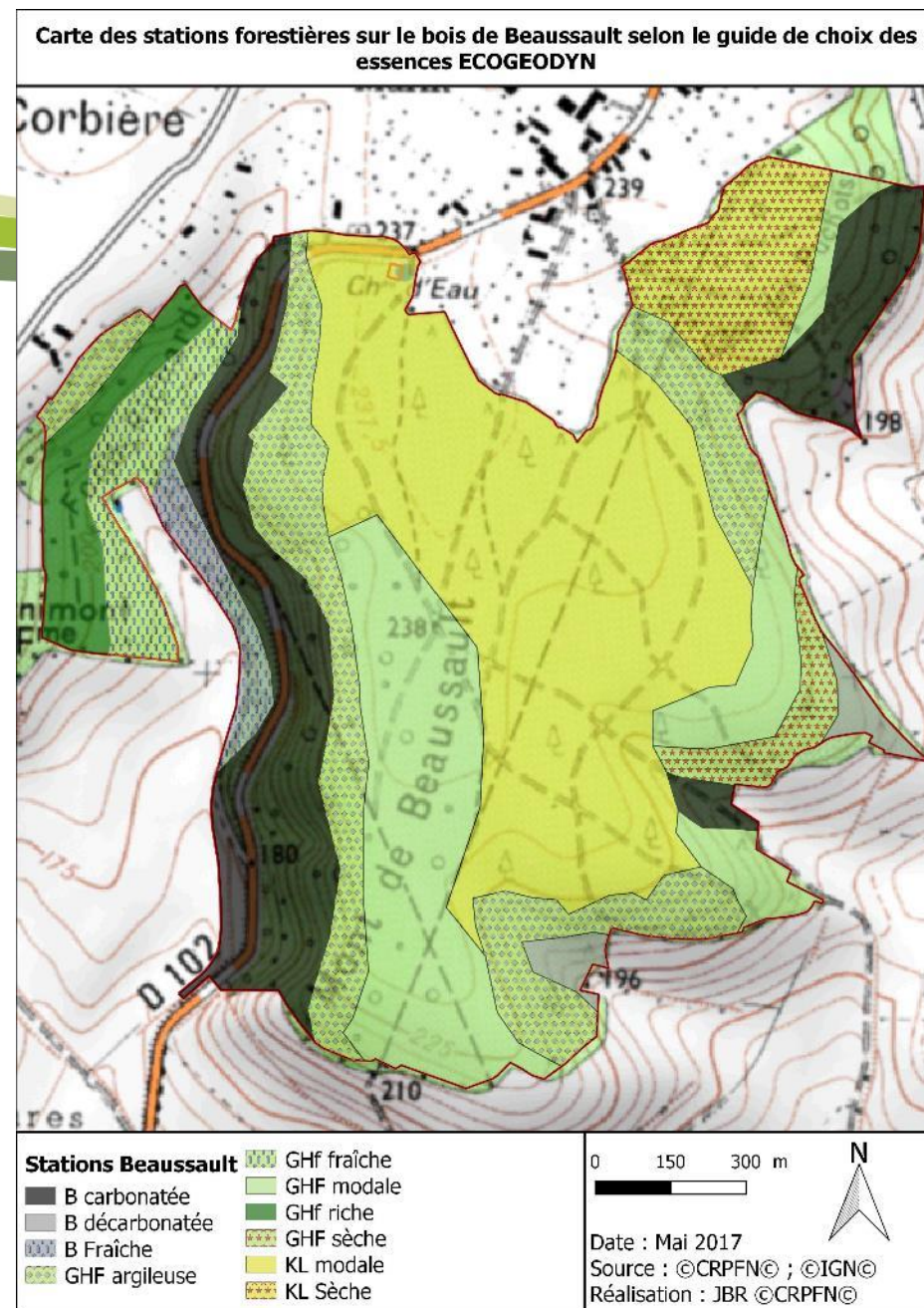
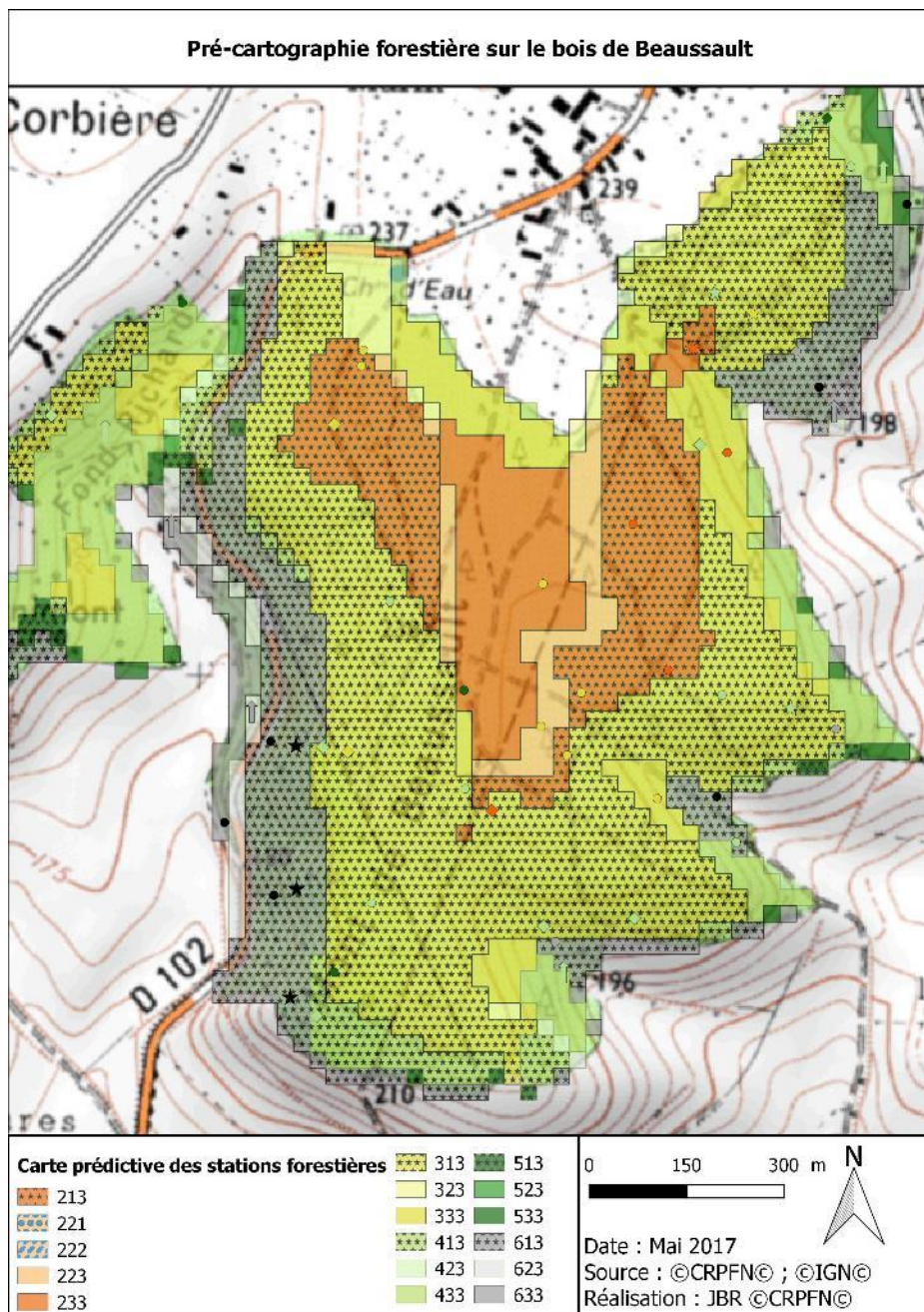


Carte des stations sur le massif de Bourberouge

- Dgd\_la\_landepourrie\_bourberouge
- Carte des stations finale
- I-J vallon
  - M-N modale
  - M-N tres acide
  - M-N vallon
  - P fraiche
  - P modale
  - P tres acide
  - Q modale
  - R-S modale
  - T modale
- Relevés de stations
- ↑ E\_Vallon
  - ▲ I-J\_Hydomorphie de surface
  - ↑ I-J\_Vallon
  - ★ M-N\_Faible reserve en eau superfielle
  - ★ O\_Faible reserve en eau superfielle
  - O\_Modale
  - ↑ P\_Fraiche
  - P\_Modale
  - ★ P\_Seche
  - R-S\_Modale
  - ★ R-S\_Seche
  - T\_Modale
  - U\_Marecageuse

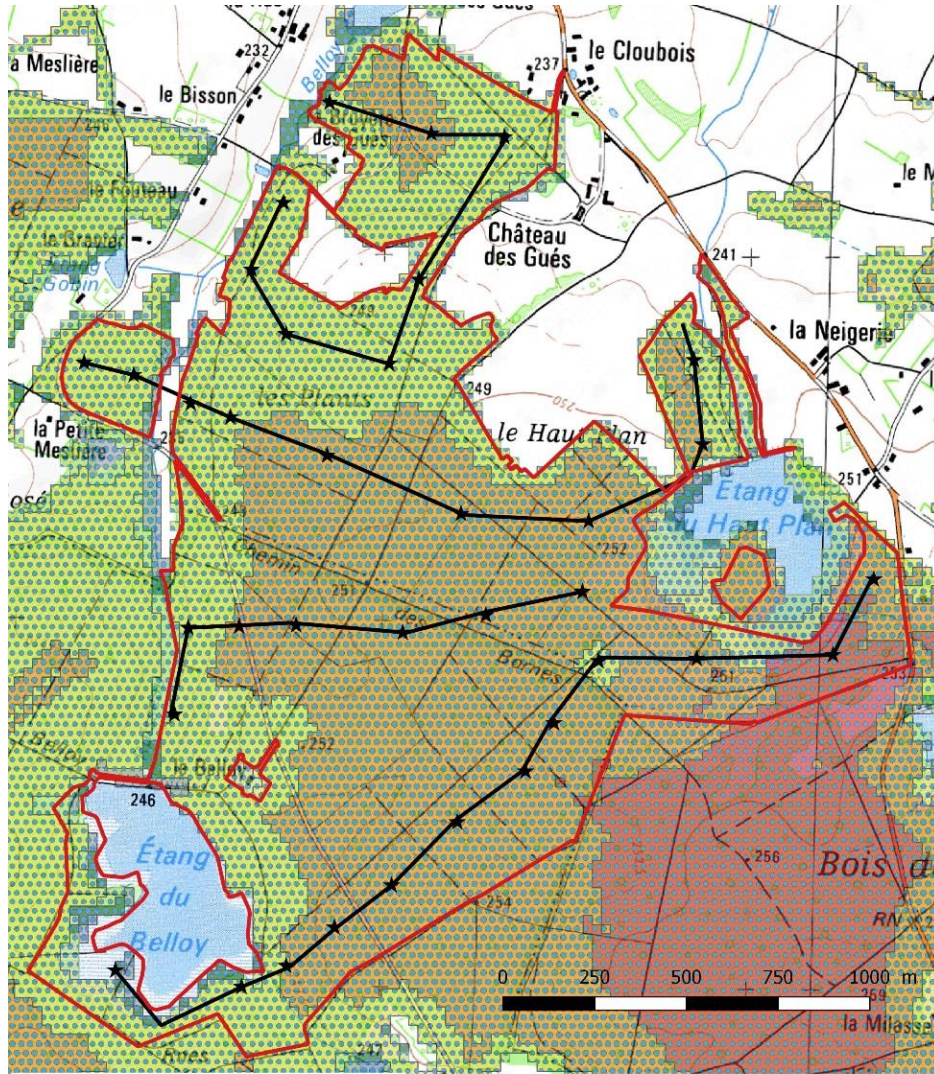
Très forte correspondance entre la pré-cartographie de stations et la carte finale !

# 3) Fiabilité de la pré-cartographie des stations forestières ?



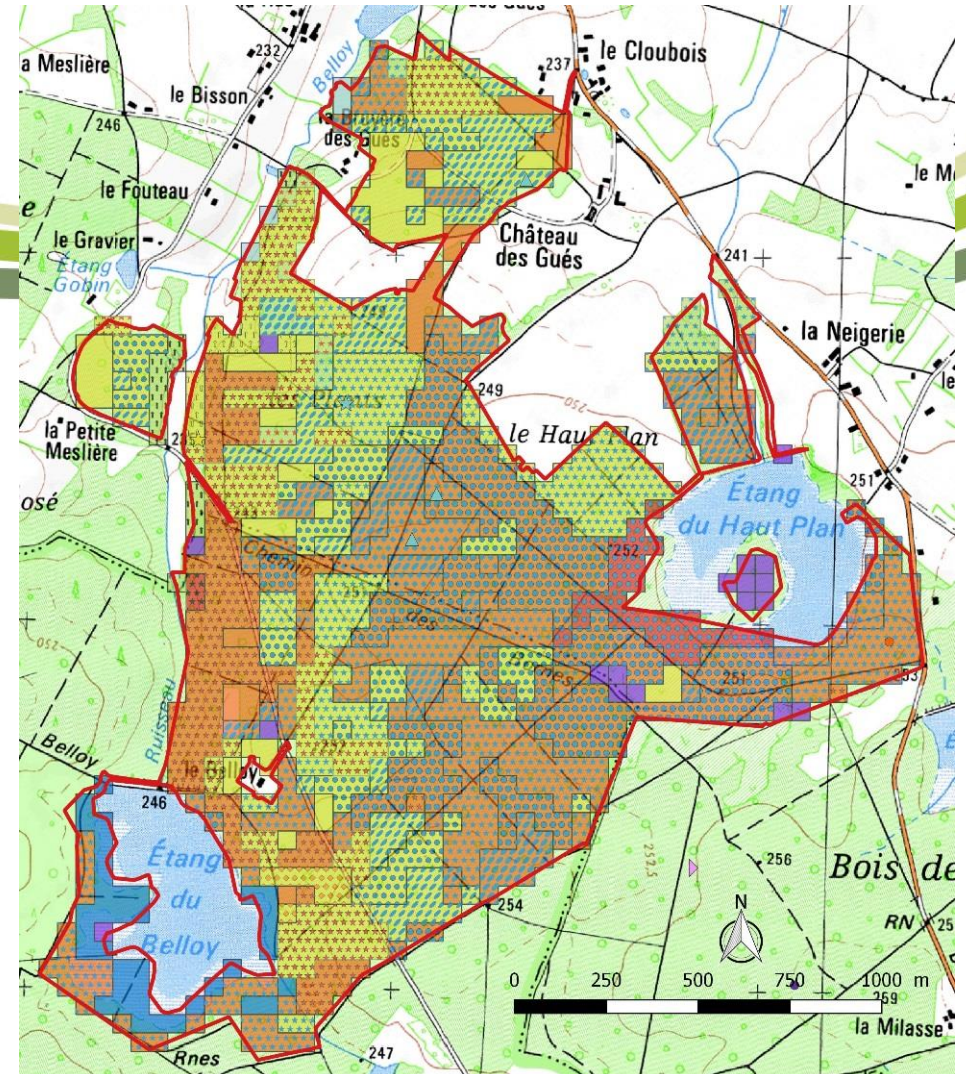
La pré-cartographie et le fond IGN constituent un prézonage satisfaisant !

# 3) Fiabilité de la pré-cartographie des stations forestières ?



- Transect Gués
- ★ Transect point Gués
- Pré-cartographie des stations
- 131
- 231
- 331
- 431
- 531
- 611
- 621
- 631

**Apport de la pré-cartographie des stations sur le massif des Gués**

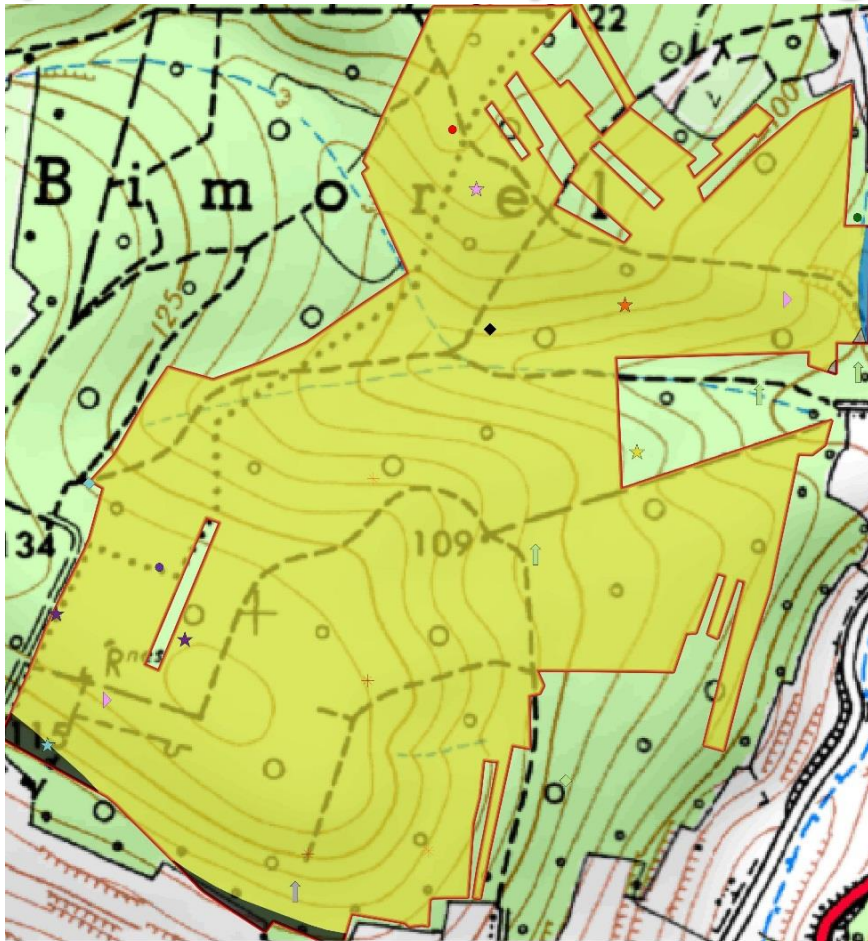


- Massif Gués**
- ID sèche
  - KL argileuse
  - MN sèche
  - O modale
  - P modale
  - P sèche
  - RS sèche
  - T marécageuse
  - U marécageuse
  - E hydromorphie de profondeur
  - E sèche
  - E vallon
  - GHF sèche
  - GHF vallon
  - ID hydromorphie de profondeur
  - ID hydromorphie de surface
  - KL modale
  - KL sèche
  - KL vallon
  - MN argileuse
  - MN hydromorphie de profondeur
  - MN hydromorphie de surface

**Carte des des stations sur le massif des Gués**

La pré-cartographie et le fond IGN constituent un prézonage qui n'est pas suffisant dans un contexte de plateau homogène. Quelle précision rechercher ?

### 3) Fiabilité de la pré-cartographie des stations forestières ?



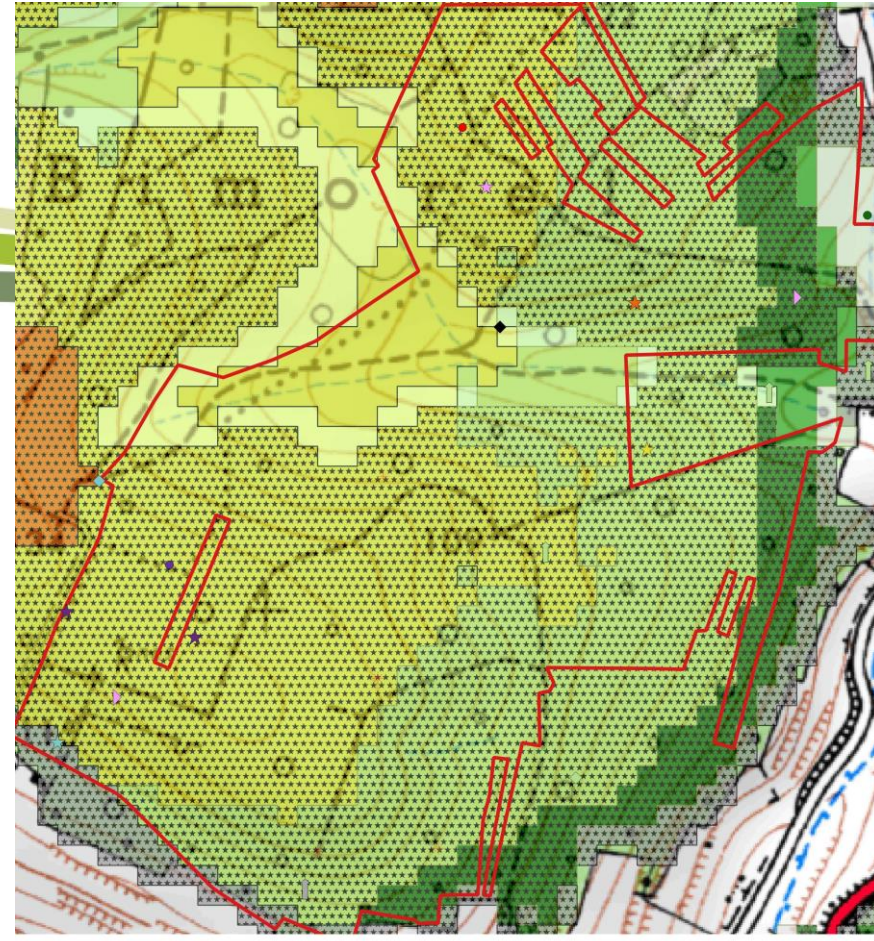
#### Géologie Bimorel

- Colluvions de fonds de vallons
- Colluvions diverses : limons, sables, argiles, fragments de silex et de craie
- Craie blanche à silex (biozone de foraminifères Coniacien-Santonien)
- Craie blanche à silex (Campanien-biozone de foraminifères)

#### ECOGEDYNN et cartes prédictives

- B\_Argiles carbonatées
- B\_Fraiche
- G-H-F\_Argileuse
- G-H-F\_Fraiche
- I-J\_Argileuse
- I-J\_Faible reserve en eau superficielle
- K-L\_Seche
- M-N\_Faible reserve en eau superficielle
- M-N\_Hydromorphie de profondeur
- O\_Faible reserve en eau superficielle
- O\_Modale
- P\_Sableuse
- P\_Seche
- R-S\_Modale
- R-S\_Sableuse

**Carte de la géologie Bimorel et relevés de stations ECOGEDYNN**



#### Relevés de stations

- B\_Argiles carbonatées
- B\_Fraiche
- G-H-F\_Argileuse
- G-H-F\_Fraiche
- I-J\_Argileuse
- I-J\_Faible reserve en eau superficielle
- K-L\_Seche
- M-N\_Faible reserve en eau superficielle
- M-N\_Hydromorphie de profondeur
- O\_Faible reserve en eau superficielle
- O\_Modale
- P\_Sableuse
- P\_Seche
- R-S\_Modale
- R-S\_Sableuse

#### Pré-cartographie des stations

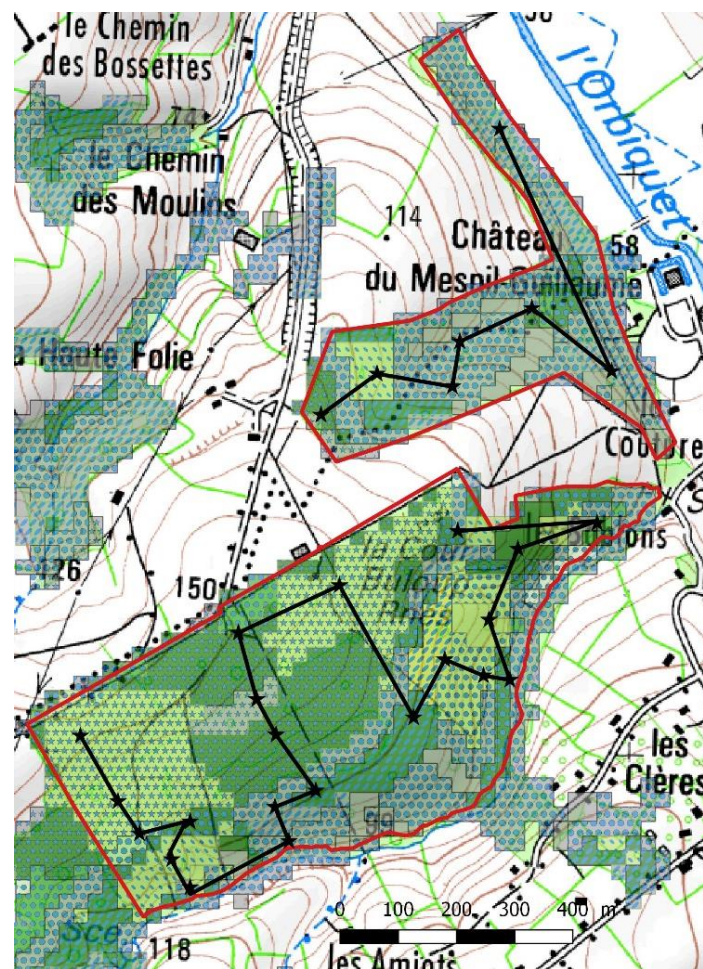
- 313
- 323
- 331
- 333
- 413
- 423
- 433
- 513
- 523
- 613
- 621
- 622
- 623
- 633

**Pré-cartographie des stations Bimorel et relevés de stations ECOGEDYNN**

La précartographie n'est pas suffisante pour un prézonage ; une méthodologie de cartographie systématique des stations est presque nécessaire !

Une forte diversité de stations pour une géologie qui apparaît homogène = « Colluvions diverses : limons, argiles, fragments de craies »

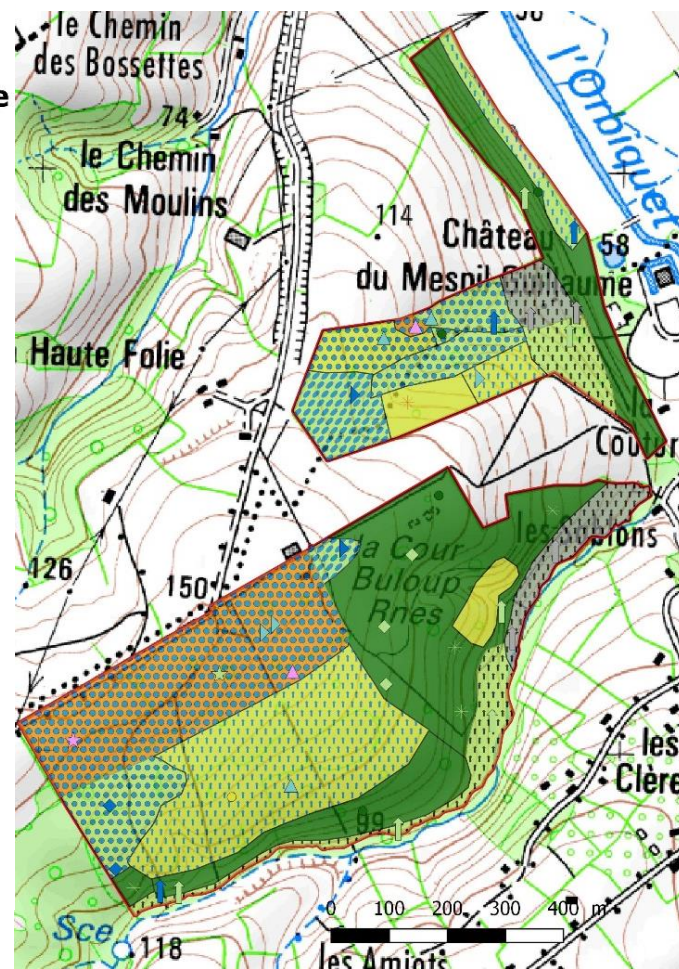
### 3) Fiabilité de la pré-cartographie des stations forestières ?



Aide de la pré-cartographie des stations sur le bois de Mesnil-Guillaume

- ★ Points transects Mesnil Guillaume
- transects Mesnil Guillaume
- ▭ dgd\_mesnil\_guillaume
- Pré-cartographie des stations

54,15 ha



Carte des stations définitive sur le bois de Mesnil-Guillaume

- ▭ dgd\_mesnil\_guillaume
- carte\_station\_Mesnil Guillaume
- ▭ B fraîche
- ▭ E fraîche
- ▭ E modale
- ▭ E vallon
- ▭ F fraîche
- ▭ F modale
- ▭ I-J fraîche
- ▭ I-J modale
- ▭ K-L modale
- ▭ M-N modale

Relevés stations

- ↑ B\_Fraiche
- ◆ E\_Argileuse
- ▶ E\_Hydromorphie de profondeur
- ↑ E\_Vallon
- ◆ G-H-F\_Argileuse
- ↑ G-H-F\_Fraiche
- G-H-F\_Riche
- ◆ G-H-F\_Sableuse
- ▶ I-J\_Hydromorphie de profondeur
- ▲ I-J\_Hydromorphie de surface
- K-L\_Modale
- ★ M-N\_Faible reserve en eau superficielle
- ▲ M-N\_Hydromorphie de surface
- ◆ P\_Sableuse

La précartographie n'est pas suffisante pour un prézonage ; une méthodologie de cartographie systématique des stations est presque nécessaire !

Effet patchwork sur les propriétés avec un mille feuilles géologiques avec ici une propriété de 54 !

# 3) Mettre en place une carte des stations forestières : méthodologie proposée

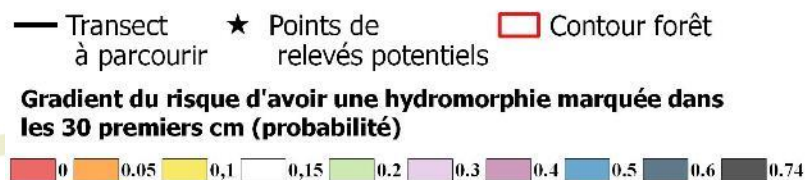


- Couvrir la diversité des unités cartographiques des stations forestières
- Inventorier toutes les situations topographiques possibles (loi des chaînes et des buttes et exposition en s'aidant du fond SCAN25®)
- La carte des peuplements permet d'affiner les transects (si possible inventaire sur l'ensemble des peuplements)
- Essayer de couvrir l'ensemble de la propriété si possible

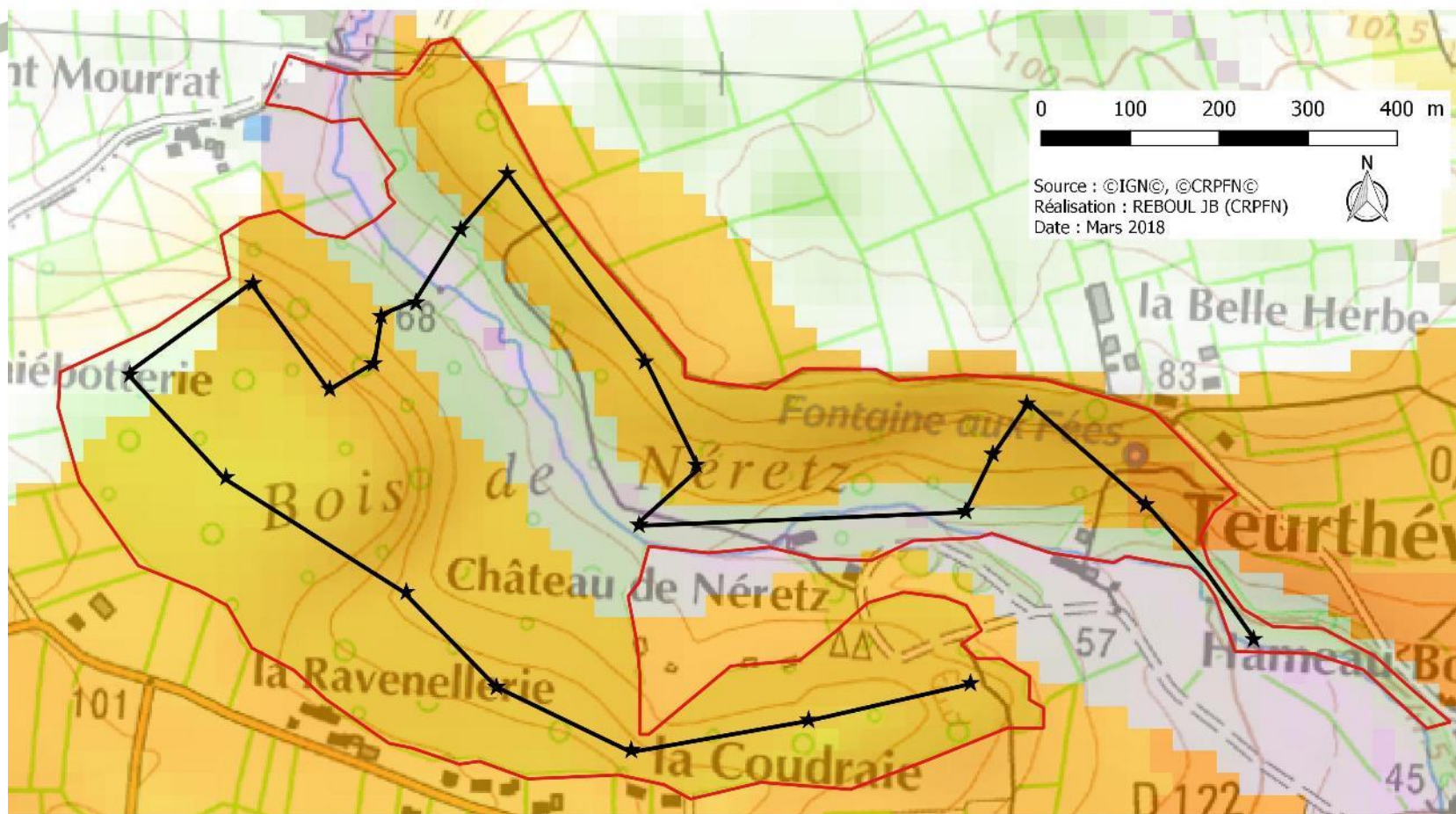
**Méthodologie par zonages préalables avec transects de validation !**

**La pression d'échantillonnage varie entre 1 à 11 ha par point (moyenne de 4 ha/point) en fonction : de la diversité de la pré-cartographie, la diversité des peuplements, la précision recherchée....**

# 3) Mettre en place une carte des stations forestières : méthodologie proposée

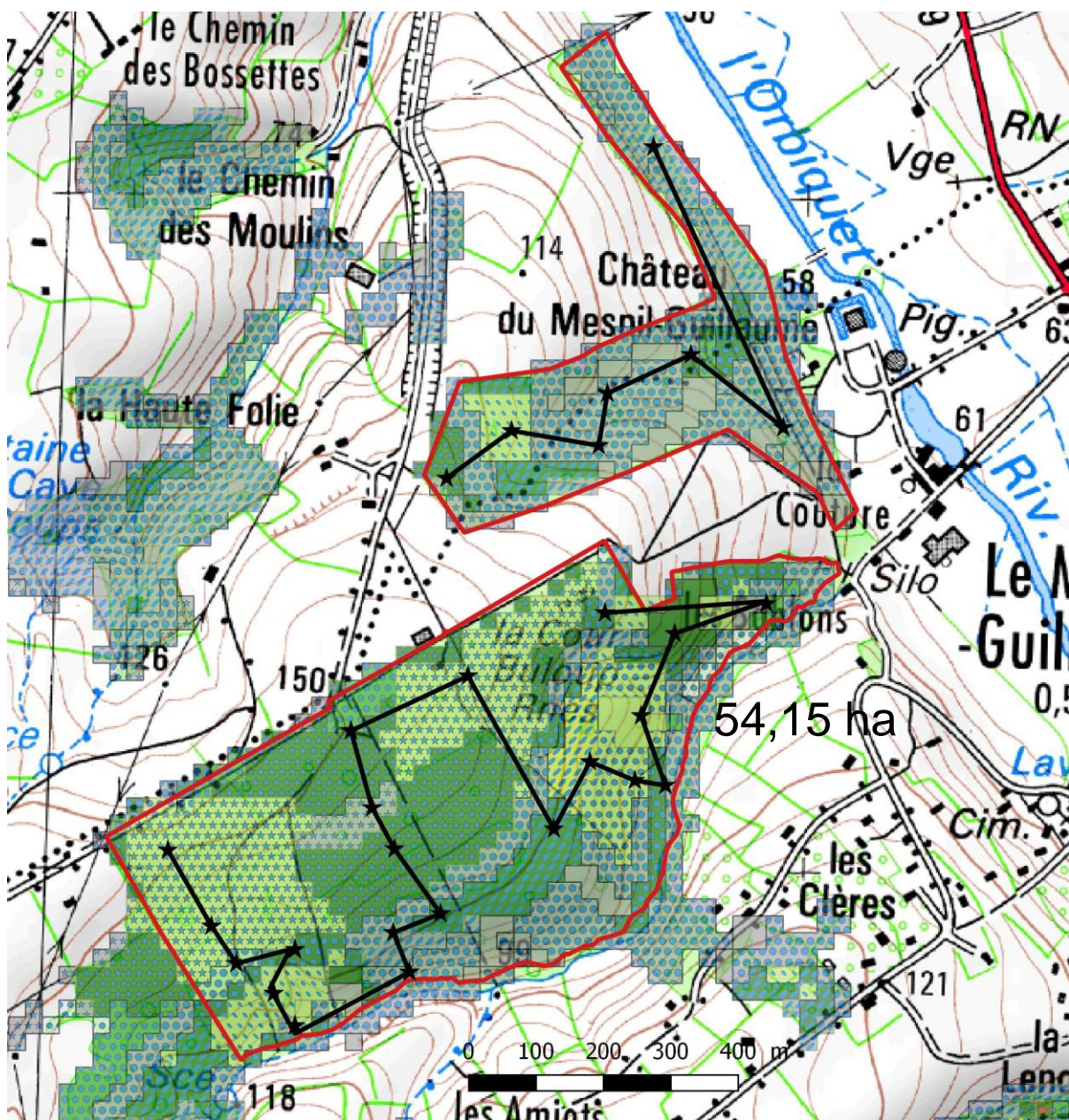


**Pré-cartographie des stations sur un massif forestier de 53.46 ha**  
**Mise en place d'un transect de relevés à parcourir**



La pression d'échantillonnage est à adapter en vérifiant si les transects couvrent bien le gradient de réserve en eau ou du risque d'une hydromorphie marquée (manque possible de la pré-cartographie)

### 3) Mettre en place une carte des stations forestières : méthodologie proposée

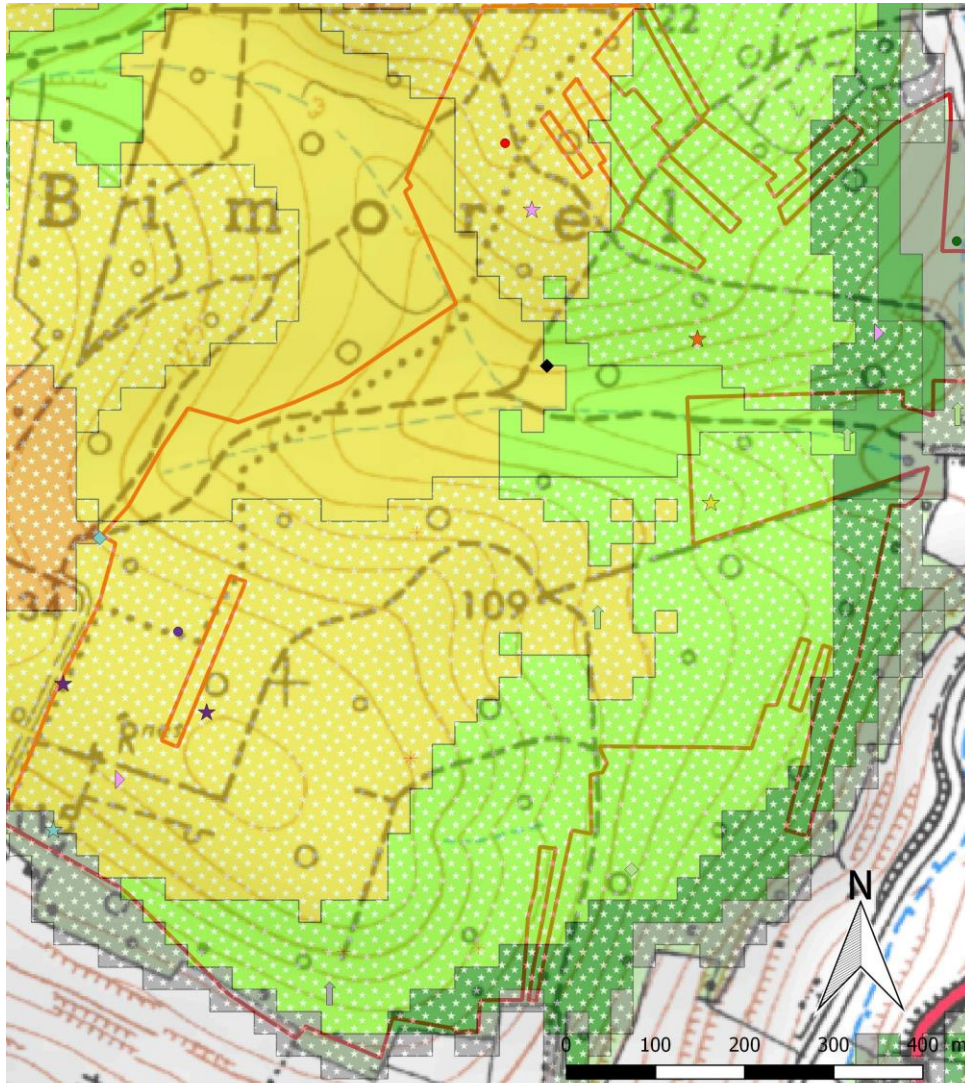


Effet de pixellisation

- **Pré-cartographie** établie avec une **résolution au pas de 25 m**
- Un pixel de couleur différente au sein d'une UCS ou d'une zone de transition ne nécessite pas un nouveau relevé
- **Un amas de quelques pixels nécessite un relevé**
- **Si propriété « confetti », rapprocher les transects** (exemple ci contre avec un point pour 1,5 ha) ou faire le **choix d'une carte des stations moins précise.**



# 3) Mettre en place une carte des stations forestières : méthodologie proposée



| Relevés de stations                       |   |
|---|---|
| ◆ B_Argiles carbonatées                   | ◆ M-N_Hydromorphie de profondeur        |
| ↑ B_Fraiche                               | ★ O_Faible reserve en eau superficielle |
| ◆ G-H-F_Argileuse                         | ● O_Modale                              |
| ↑ G-H-F_Fraiche                           | ★ P_Sableuse                            |
| ◆ I-J_Argileuse                           | ★ P_Seche                               |
| ★ I-J_Faible reserve en eau superficielle | ● R-S_Modale                            |
| ★ K-L_Seche                               | ★ R-S_Sableuse                          |
| ★ M-N_Faible reserve en eau superficielle |   |

| Pré-cartographie |       |
|------------------|-------|
| ◆ 213            | ■ 313 |
|                  | ■ 323 |
|                  | ■ 413 |
|                  | ■ 423 |
|                  | ■ 513 |
|                  | ■ 523 |
|                  | ■ 613 |
|                  | ■ 623 |

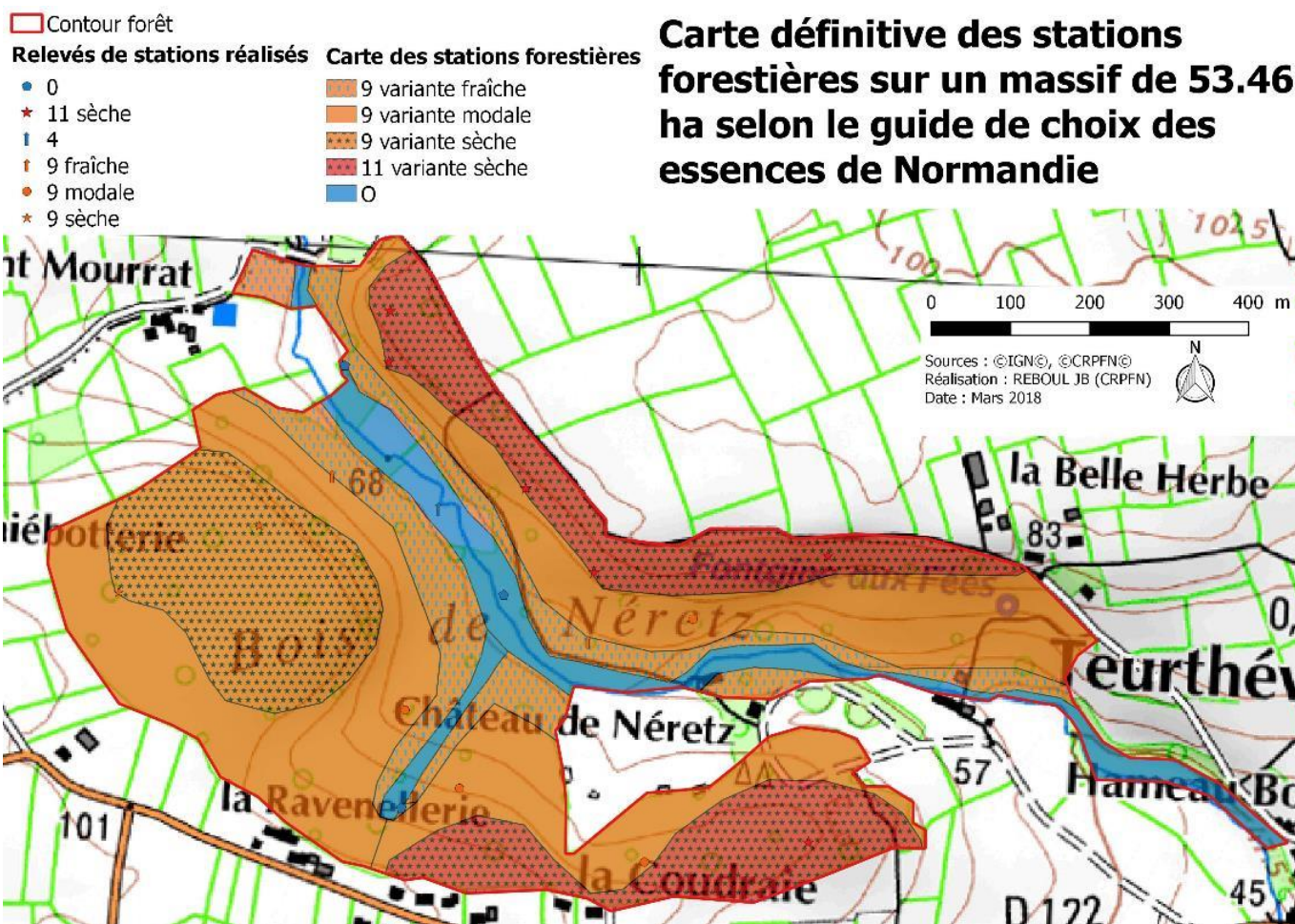
**Pré-cartographie  
des stations  
Bimorel et relevés  
de stations  
ECOGEDYN**

## UCS prédites homogène sur une grande surface (5 ha et plus) :

- Faire au moins **deux points de calage** pour vérifier la variabilité.
- Points de calage pouvant s'appuyer sur :
  - ✓ *Un fond SCAN25®*
  - ✓ *Les gradients de réserve en eau ou du risque d'hydromorphie*
  - ✓ *La carte des peuplements*
- *Possibilité de faire le choix d'une carte des stations moins précise (variabilité non cartographiable).*

**Effet grand bloc stationnel**

# 3) Mettre en place une carte des stations forestières : méthodologie proposée



- Echantillonnage à adapter sur le terrain :
- ✓ Station non homogène ou trop petite
- ✓ Redondance des relevés au sein d'une station apparente
- ✓ Transition entre deux peuplements radicalement différents
- ✓ Comprendre une zone soudaine de chablis ou de dépérissement...
- ✓ Bordure de chemin ou cloisonnement fréquenté
- ✓ Affiner la cartographie si la pré-cartographie est imprécise

**Localiser les relevés (GPS, application GPS sur smartphone...)**

**Fiche de relevés et guide de choix des essences pour caractériser les stations forestières**

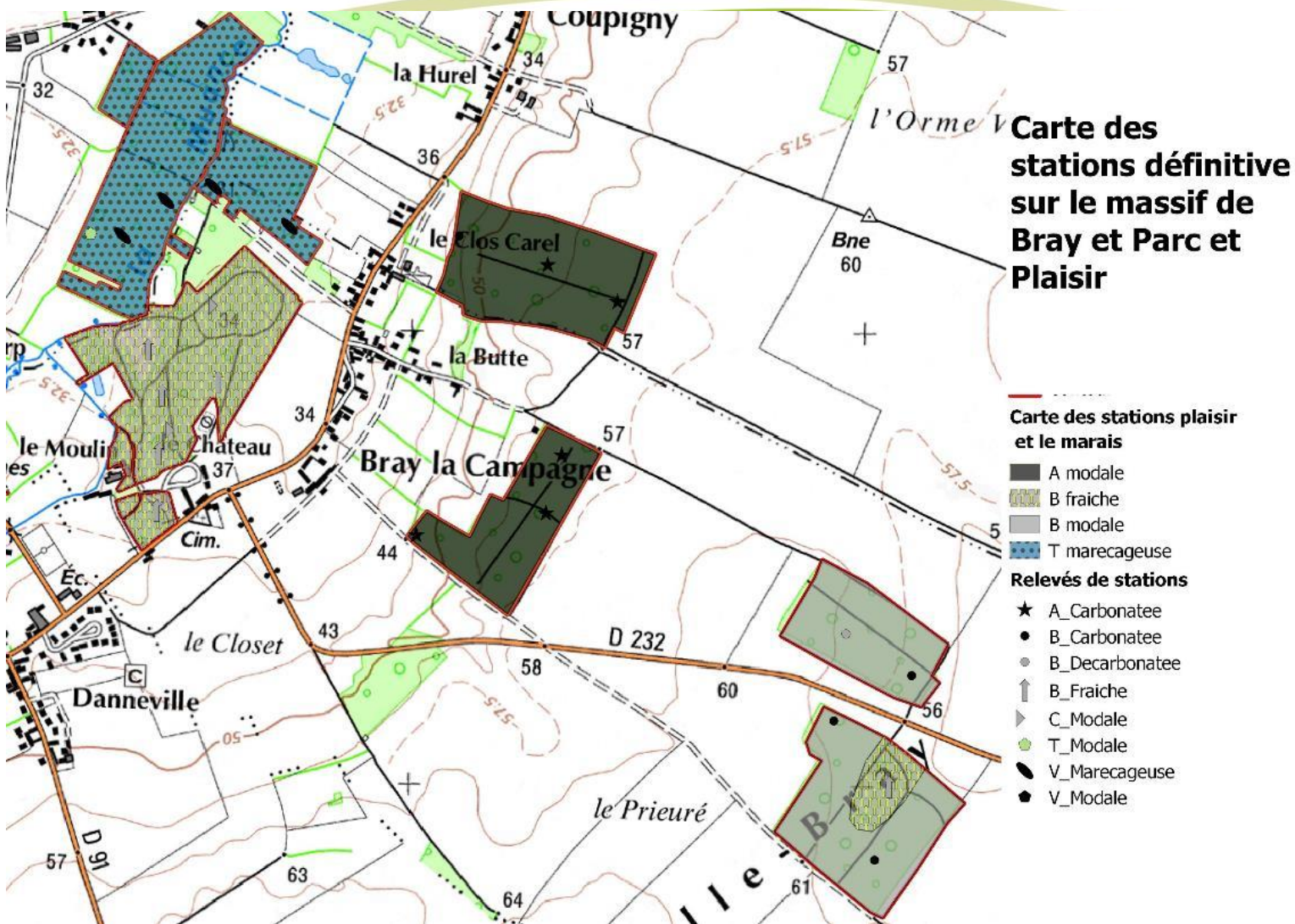
# 3) Mettre en place une carte des stations forestières : méthodologie proposée

| US (12)  | Variantes (48)                         | UCS (36)           |
|--|--|--------------------|
| 0  | Variante acide marécageuse             | 121, 221           |
|  | Variante acide modale                  |                    |
|  | Variante peu acide à riche marécageuse | 321, 421, 521, 621 |
|  | Variante peu acide à riche modale      |                    |
| 1  | Variante carbonatée                    | 613                |
|  | Variante décarbonatée en surface       |                    |
| 2  | Variante argileuse                     | 623                |
|  | Variante fraîche                       |                    |
|  | Variante carbonatée                    |                    |
|  | Variante décarbonatée                  |                    |
| 3  | Variante argileuse                     | 611, 612, 621, 622 |
|  | Variante modale                        |                    |
| 4  | Variante fond de vallon                | 421, 422, 521, 522 |
|  | Variante à hydromorphie de surface     |                    |
|  | Variante à hydromorphie de profondeur  |                    |
|  | Variante argileuse                     | 411, 412, 511, 512 |
| Variante à faible réserve en eau superficielle |  |                    |
| 5  | Variante fraîche                       | 523, 423           |
|  | Variante argileuse                     |                    |
|  | Variante modale                        | 423                |
|  | Variante riche                         | 523                |
|  | Variante sableuse                      | 413, 513           |
|  | Variante sèche                         |                    |

| US (12)  | Variantes (48)                                 | UCS (36) |
|--|--|----------|
| 6  | Variante fond de vallon                        | 321, 322 |
|  | Variante à hydromorphie de surface             |          |
|  | Variante à hydromorphie de profondeur          |          |
|  | Variante argileuse                             | 312, 311 |
| Variante à faible réserve en eau superficielle |  |          |
| 7  | Variante fraîche                               | 323      |
|  | Variante argileuse                             |          |
|  | Variante modale                                | 313      |
|  | Variante sableuse                              |          |
| 8  | Variante sèche                                 | 221, 222 |
|  | Variante fond de vallon                        |          |
|  | Variante à hydromorphie de surface             |          |
|  | Variante à hydromorphie de profondeur          |          |
| 9  | Variante argileuse                             | 211, 212 |
|  | Variante à faible réserve en eau superficielle |          |
|  | Variante fraîche                               |          |
|  | Variante argileuse                             | 223      |
|  | Variante modale                                |          |
| 10   | Variante sableuse                              | 213      |
|  | Variante sèche                                 |          |
|  | Variante à faible réserve en eau superficielle |          |
| 11   | Variante modale                                | 111, 112 |
|  | Variante à faible réserve en eau superficielle | 121, 122 |
| 11   | Variante sèche                                 | 113      |
|  | Variante sableuse                              |          |
|  | Variante modale                                | 123      |

**Les guides de choix des essences : outils complémentaires indispensables !**  
**Correspondance entre les Unités Cartographiques de Stations (UCS) et les unités des Guide !**

# 3) Mettre en place une carte des stations forestières : méthodologie proposée



## • Traçage de la carte des stations, s'aider des :

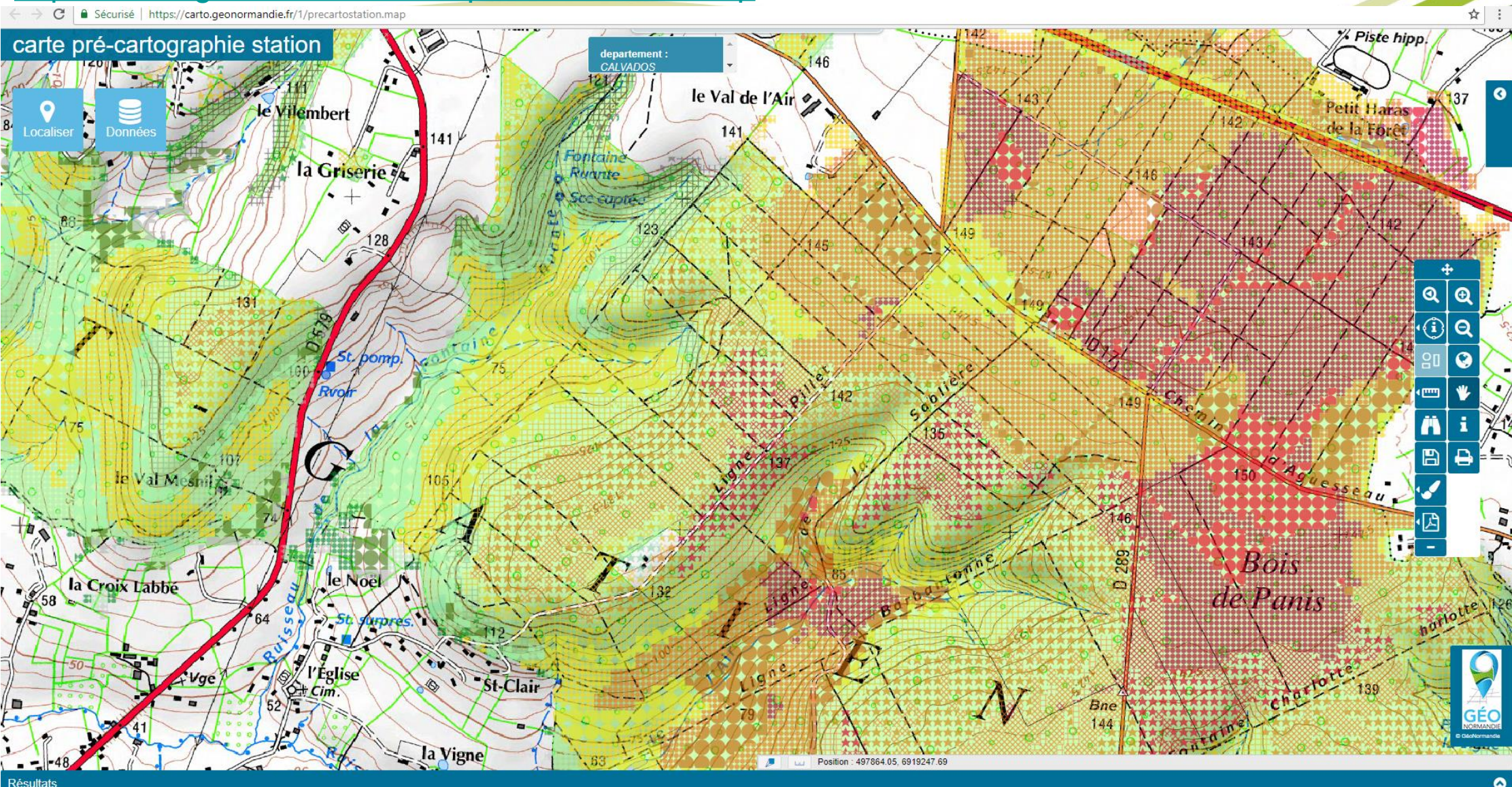
- ✓ Relevés réalisés projetés sous SIG
- ✓ Contour de la pré-cartographie
- ✓ Courbes de niveaux, cours d'eau (SCAN25®)
- ✓ Les gradients de réserve en eau ou d'hydromorphie
- ✓ Limites des peuplements
- ✓ La géologie

## • Les petites unités peuvent être supprimées...

# 3) Disponibilité pré-cartographie des stations forestières de Normandie

<https://normandie.cnpf.fr/n/cartographie-des-stations-forestieres/n:3305>

<https://carto.geonormandie.fr/1/precartostation.map>



Un fonctionnement similaire à celui du Géoportail©  
Affichage sous SIG via les flux WMS (visualisable mais non interrogeable)

# 3) Intégration de cartographies des stations dans les PSG

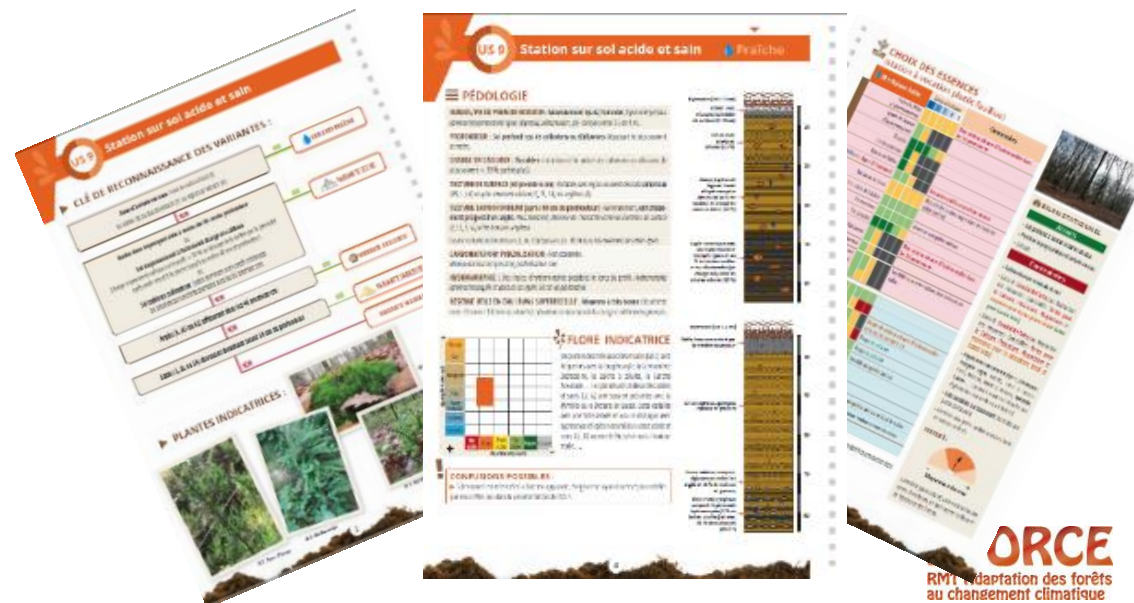
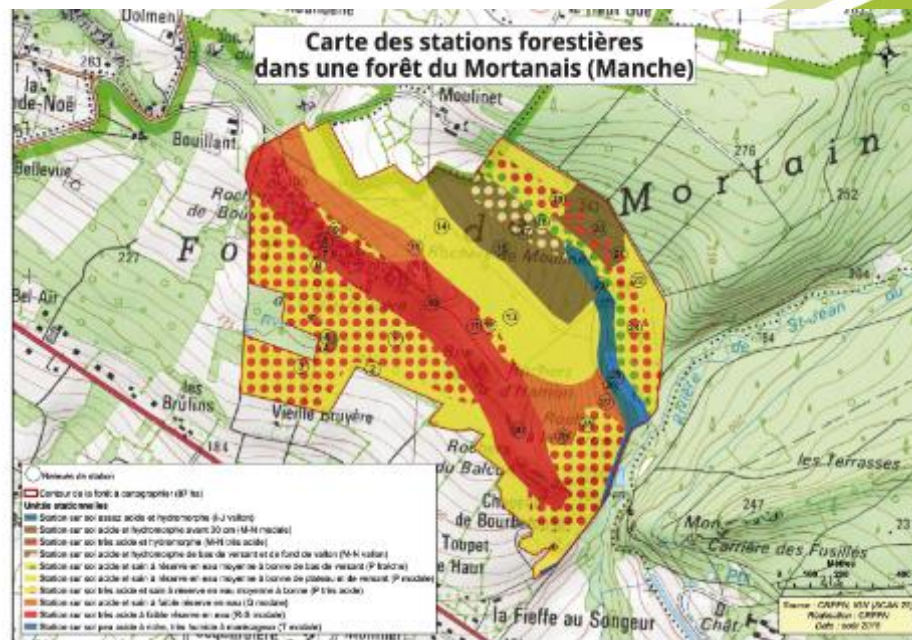
## Validation par le CRPFN :

- Minutes terrains ;
- Carte définitive...

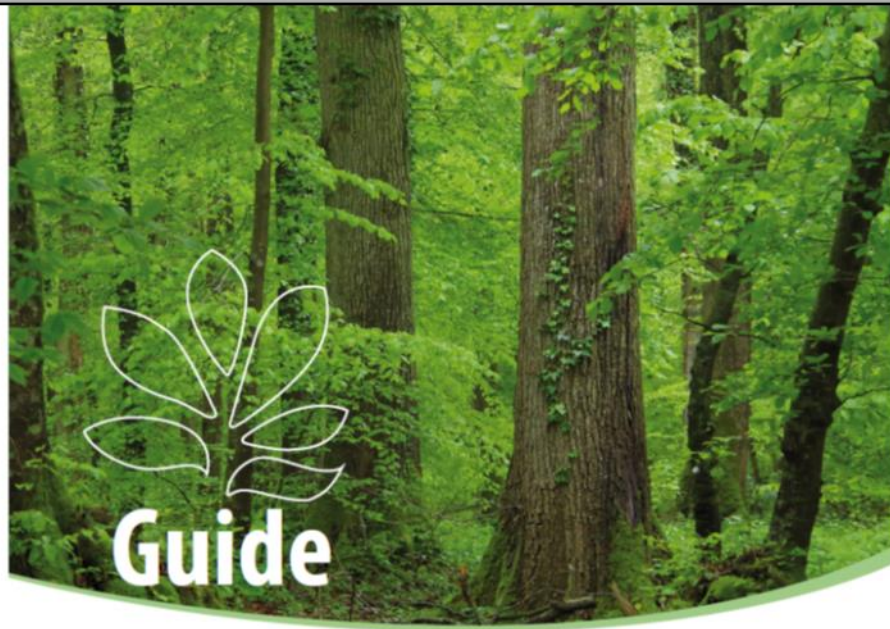
## Aide forfaitaire :

- Propriété < 150 ha : **1 000 €** ;
- Propriété ≥ 150 ha : **1 500 €**.

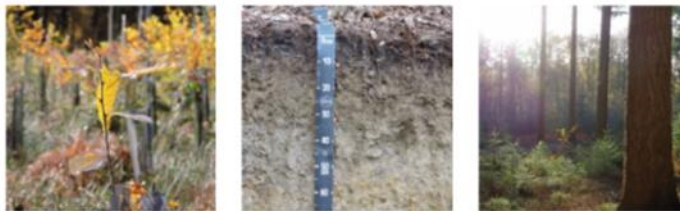
Une enveloppe de 100 000 €/an avec l'aide au PSG volontaire et collectif jusqu'à fin 2020.



# 3) Déclinaison en cartes thématiques dont l'adaptation des essences



## de choix des essences de Normandie



### CHOIX DES ESSENCES

|                      | US 9 : Variante sèche                           | Zones climatiques      |   |                   |   |  | Précisions sur l'adaptation des essences en fonction des variations de la station |
|----------------------|---|------------------------|---|-------------------|---|--|---|
|                      |   | Actuelles en Normandie |   | Futures possibles |   |  |   |
|                      |   | 1                      | 2 | 3                 | 4 | 5  |   |
| Résineux             | Cèdre de l'Atlas (Expérimentation)              |                        |   |                   |   |  | Démarrage de la plantation assez lent   |
|                      | Cyprés de Lawson (Expérimentation)              |                        |   |                   |   |  |   |
|                      | Douglas   |                        |   |                   |   |  | a : Limite de station en zones 1, 2 et hors station en zone 3                     |
|                      | Épicéa commun                                   |                        |   |                   |   |  | a : Hors station  |
|                      | Épicéa de Sitka                                 |                        |   |                   |   |  |   |
|                      | Mélèze d'Europe ou Mélèze hybride (! Sanitaire) |                        |   |                   |   |  | a : Hors station  |
|                      | Pin laricio de Corse                            |                        |   |                   |   |  |   |
|                      | Pin laricio de Calabre                          |                        |   |                   |   |  |   |
|                      | Pin maritime                                    |                        |   |                   |   |  |   |
|                      | Pin sylvestre                                   |                        |   |                   |   |  | ?   |
| Feuillus             | Sapin pectiné                                   |                        |   |                   |   |  | a : Hors station  |
|                      | Séquoia toujours vert (Expérimentation)         |                        |   |                   |   |  | a : Hors station ; sensibilité aux gelées tardives                                |
|                      | Alisier torminal                                |                        |   |                   |   |  |   |
|                      | Bouleau verrucosus                              |                        |   |                   |   |  | Bouleau Pubescent hors station  |
|                      | Châtaignier                                     |                        |   |                   |   |  | a : Hors station  |
|                      | Chêne pédonculé                                 |                        |   |                   |   |  |   |
|                      | Chêne pubescent (Expérimentation)               |                        |   |                   |   |  | a : Limite de station   |
|                      | Chêne sessile                                   |                        |   |                   |   |  | a : Limite de station   |
|                      | Chêne rouge d'Amérique                          |                        |   |                   |   |  | a : Limite de station   |
|                      | Cormier (Expérimentation)                       |                        |   |                   |   |  |   |
| Hêtre                |   |                        |   |                   |   |  |   |
| Robinier faux acacia |   |                        |   |                   |   | Démarrage de la plantation difficile avec la concurrence de la Fougère |   |

Variation a : Sol à très faible réserve en eau\*

Les essences non citées ici ne sont pas à introduire ! Elles ne supportent pas la faible réserve en eau comme le Sapin de Vancouver et/ou la faible réserve minérale comme le Tremble, le Charme, le Frêne...

\* Une très faible réserve en eau correspond à une réserve utile en eau maximale inférieure à 100 mm. Elle correspond à la réserve en eau du sol jusqu'à la profondeur d'enracinement (souvent supérieure au mètre). Elle ne peut être estimée que sur une fosse profonde ou sur des chablis ! Sur les formations à silex, les sols sont souvent épais et la réserve en eau dépasse souvent 100 mm. De même, sur les altérites de schistes, granites ou grès, la profondeur d'altération et donc d'enracinement, ainsi que la réserve en eau peuvent être plus importants que ce que la cartière pédologique indique.



Blocs de siltites diminuant la réserve en eau avec un sol tout de même relativement profond.

### BILAN STATIONNEL

#### Atouts

- Sol sain drainé
- Sols caillouteux peu sensibles au tassement (ressuage rapide)

#### Contraintes

- Faible réserve en eau superficielle (réussite des plantations, production limitée et sensibilité aux sécheresses climatiques)
- Problème de stabilité sur les sols très caillouteux ou superficiels
- Faible réserve minérale du sol
- Sensibilité forte à l'exportation des rémanents
- Végétation concurrente : Ajoncs, Bouleaux, Callune, Fougère aigle, Genêts, Molinie, Myrtille, Ronces...

#### FERTILITÉ :



Faible à moyenne

La fertilité (productivité) varie en fonction des zones climatiques, de la charge en cailloux et de l'épaisseur des sols et de la capacité des essences à prospecter les horizons profonds. La fertilité est faible sur sol superficiel (ranker ou lithosol) (moins de 50 cm d'épaisseur) ou peyrosol (plus de 40 % de cailloux sur l'ensemble du profil).