

ODATAMS

Objects Detection and Tracking Algorithm in MesoNH Simulations

Elizabeth Fu

Department of Applied Mathematics, Institut National des Sciences
Appliquées (INSA) de Toulouse
Equipe MECANO, Laboratoire d'Aérodynamique



Introduction

- **Contexte et motivations :**

- Données de plus en plus volumineuses des simulations numériques

- analyser les données en même temps que la simulation

- stocker seulement les informations utiles

- quelles infos extraire des simulations ?

- identifier des objets (nuages, éclairs, cellules convectives...)

- ... limites/faiblesses des algorithmes*

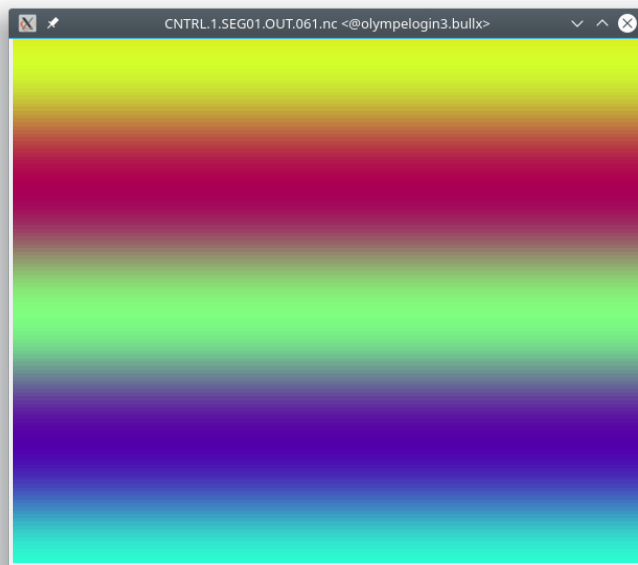
- potentiel des **traceurs lagrangiens***

Introduction

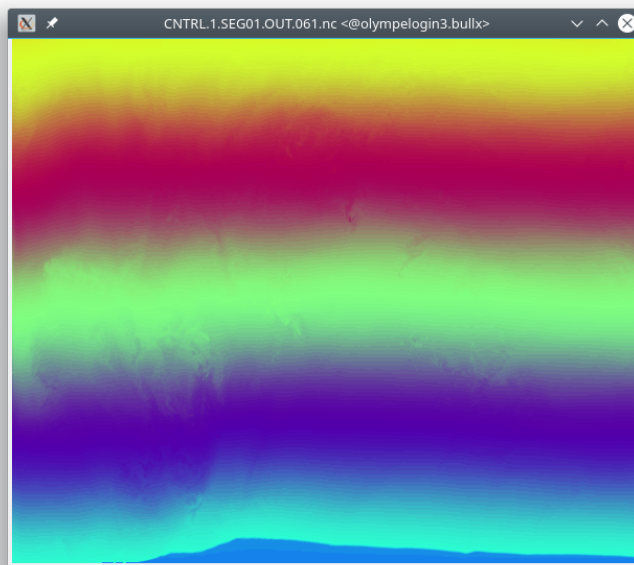
- **Traceurs Lagrangiens :**

LGXT, LGYT, LGZT : distance en mètres entre une particule et le repère du maillage (selon l'axe x,y,z)

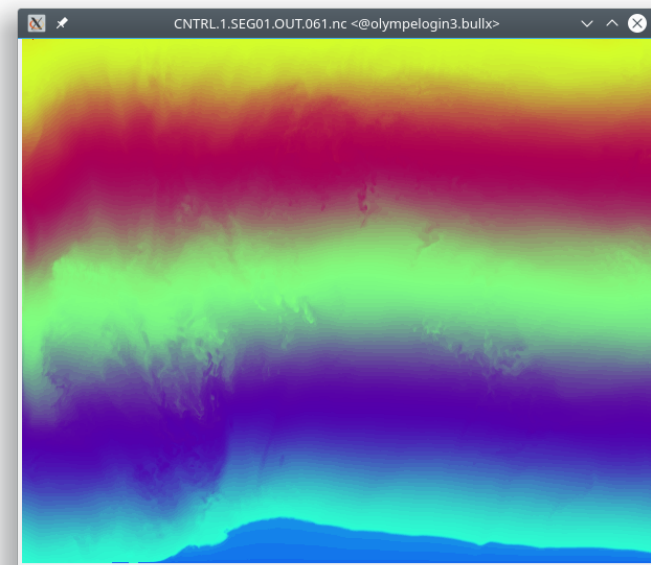
→ *donne la Position 3D d'origine (au début de l'h) d'une particule sélectionnée*



05:00 UTC



05:30 UTC



05:55 UTC

LGYT

Introduction

- **Objectifs du stage :**

- Développer un algorithme d'identification et de suivi spatio-temporel d'objets au sein de simulations atmosphériques qui utilise l'approche novatrice du suivi de trajectoires de particules.
- Applicable à plusieurs types d'objets.
- Résolutions plus ou moins fines.
- Intégrable à Mésos-NH en traitement online.

Sommaire

- **Méthodologie et cas d'étude**
- **Résultats**
- **Aspects techniques**
- **Conclusion**

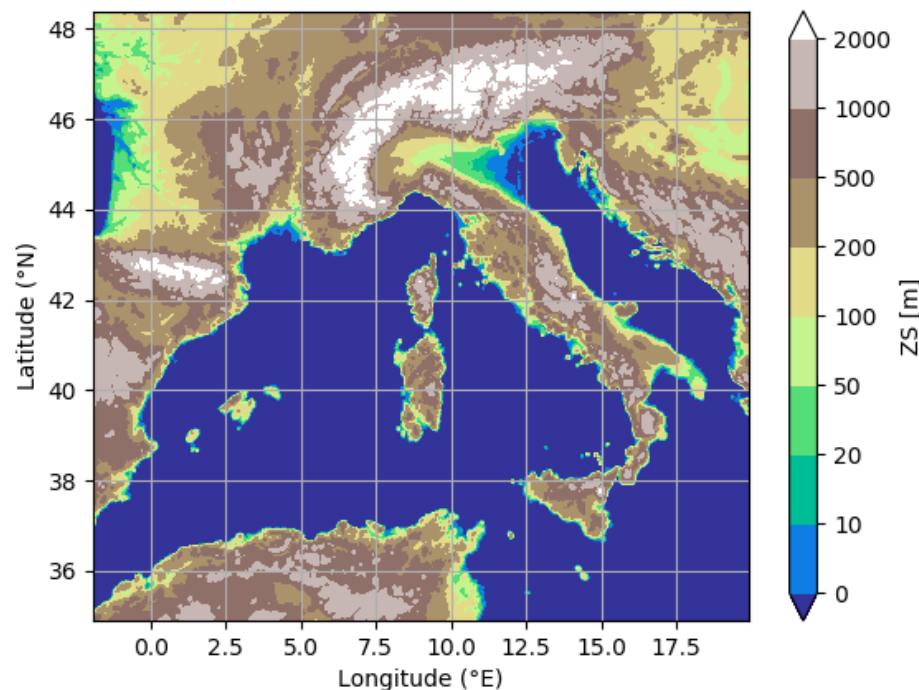
Méthodologie et cas d'étude

→ Méthode :

1. Détection instantanée d'objets avec *champs (instantané) WT (vitesse verticale du vent)*
2. Identification du même objet à deux instants différents avec *traceurs lagrangiens de Méso-NH*

Méthodologie et cas d'étude

- **Simulation Mésio-NH de la tempête Adrian (Corse, 29 octobre 2018)**
 - Temps réel modélisé : 24h
 - Domaine géographique : centré sur la Corse, 1500 km x 1800 km x 24 km
 - Temps de calcul : env. 1000h CPU, pas de temps : 30s
 - Maillage : 502 x 602 x 72 points, résolution horizontale : 3km

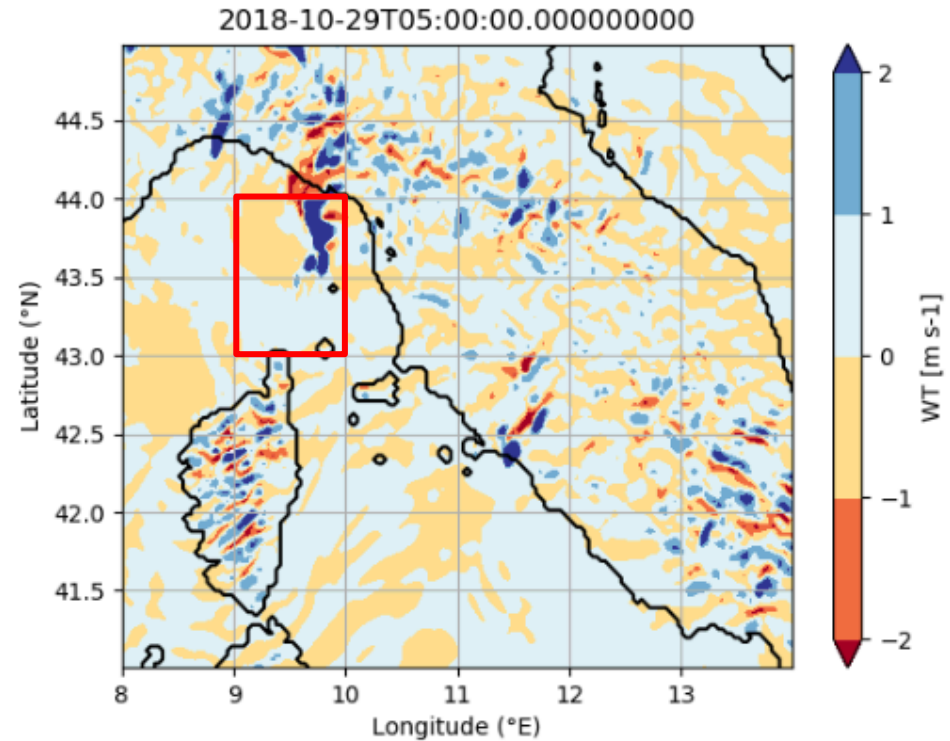


Méthodologie et cas d'étude

- **Domaine choisi :**

Nord Corse – Italie

(env. 100km x 100km x 24km)



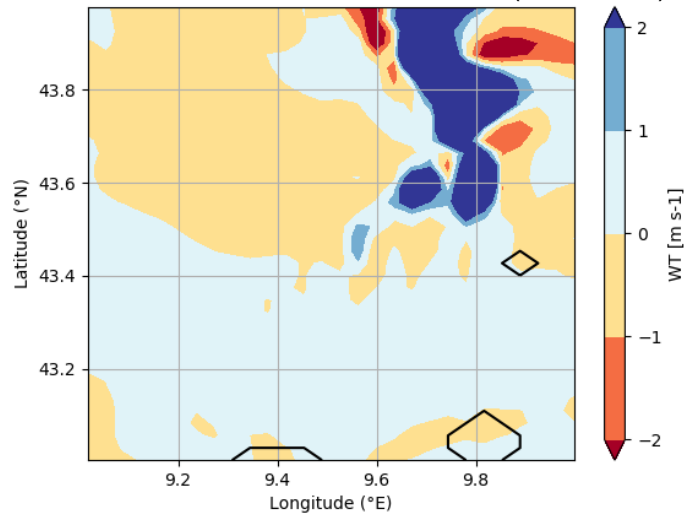
Méthodologie et cas d'étude

- Horaires d'observation :**

5h – 6h UTC : une grosse cellule se déplace vers le Nord-Est durant toute l'heure
Quelques petites cellules sont également déplacées vers le Nord-Est

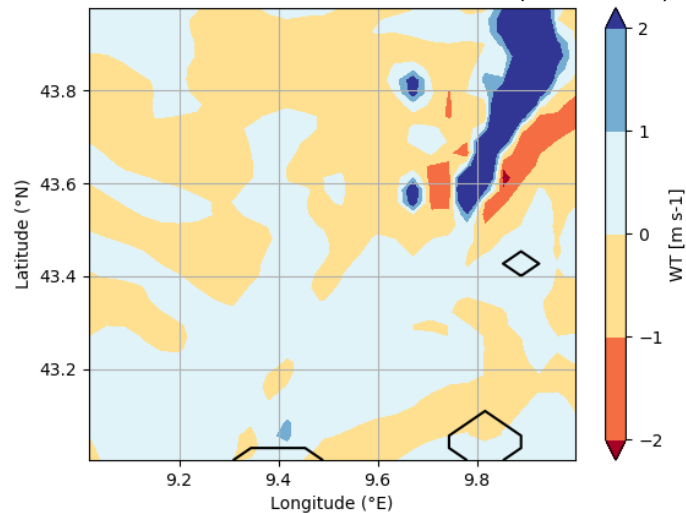
05:00 UTC

2018-10-29T05:00:00.000000000 (alt: 2000m)



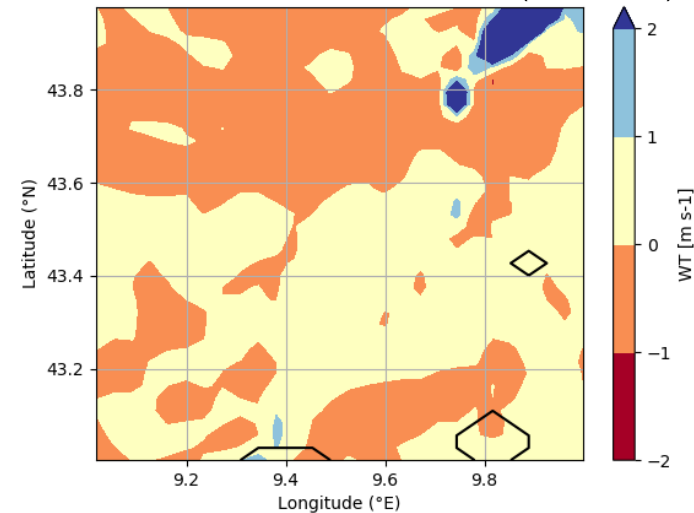
05:30 UTC

2018-10-29T05:30:00.000000000 (alt: 2000m)



06:00 UTC

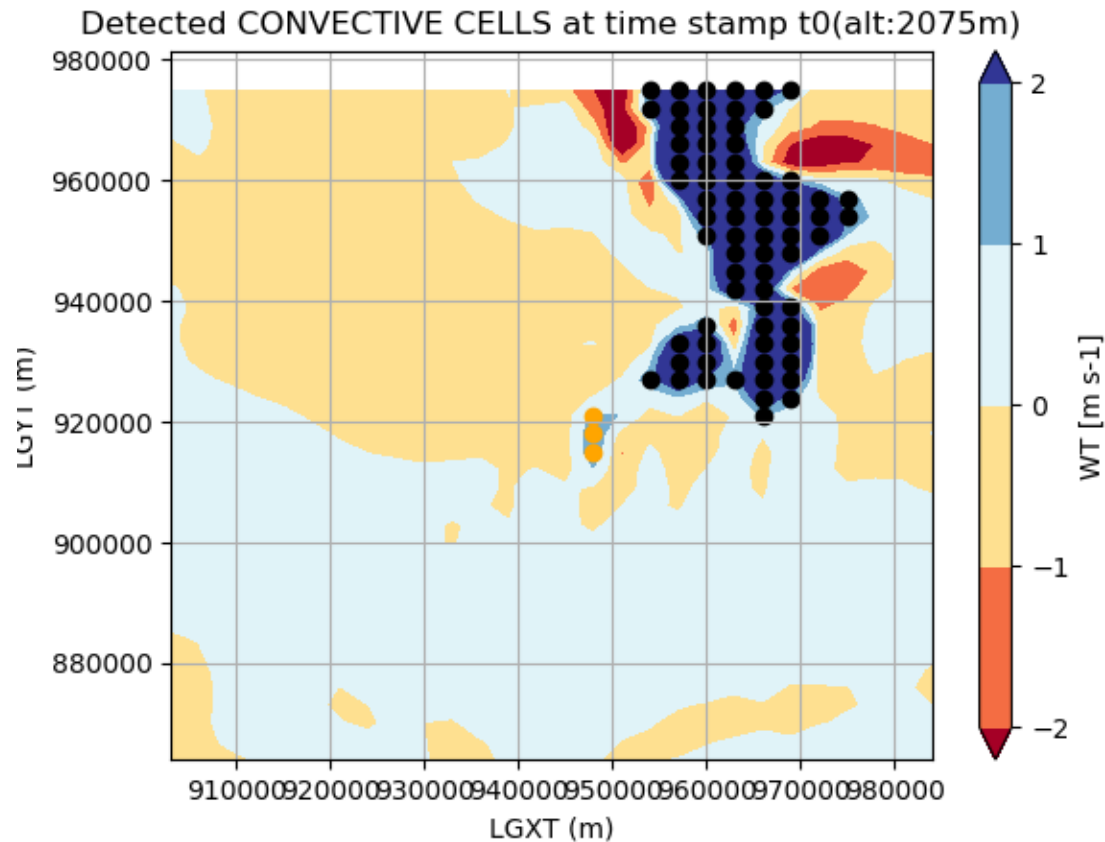
2018-10-29T06:00:00.000000000 (alt: 2000m)



Résultats

Etape 1 : Détection d'objets

→ Méthode de seuillage : $WT > 1\text{m/s}$



- point du maillage appartenant à l'objet coloré

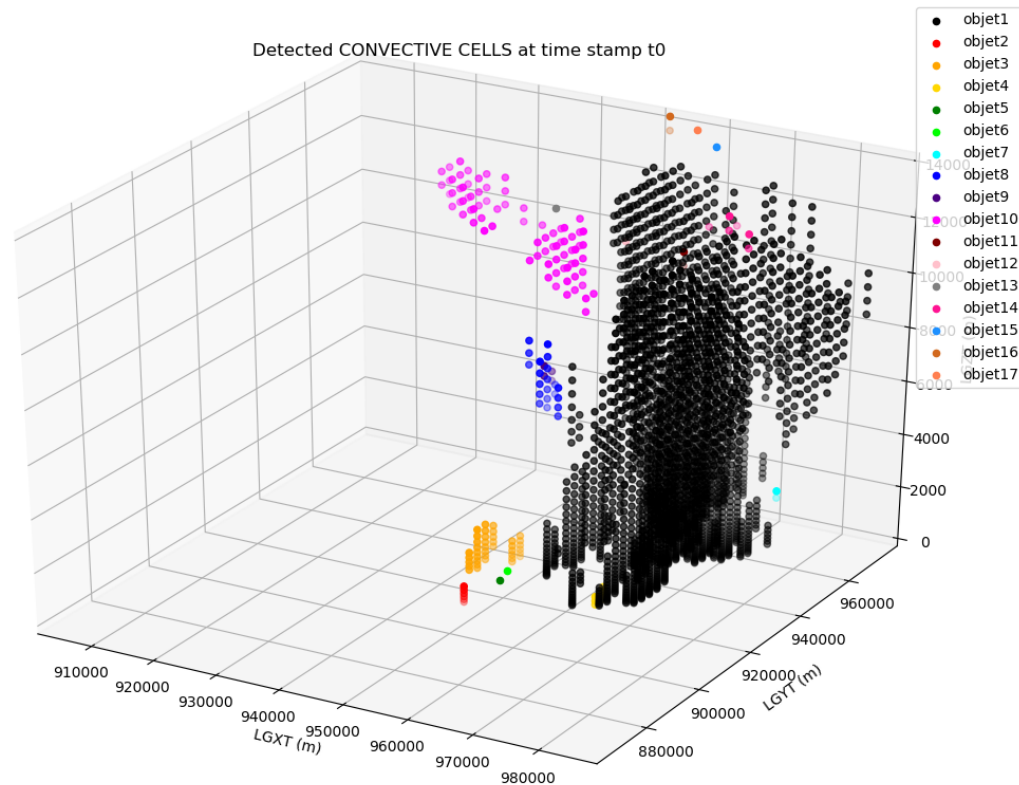
→ 2 cellules détectées sont visibles à cette altitude

Cellules détectées à 05:00 UTC (section horizontale à 2075m)

Résultats

Etape 1 : Détection d'objets

Cellules détectées à 05:00 UTC



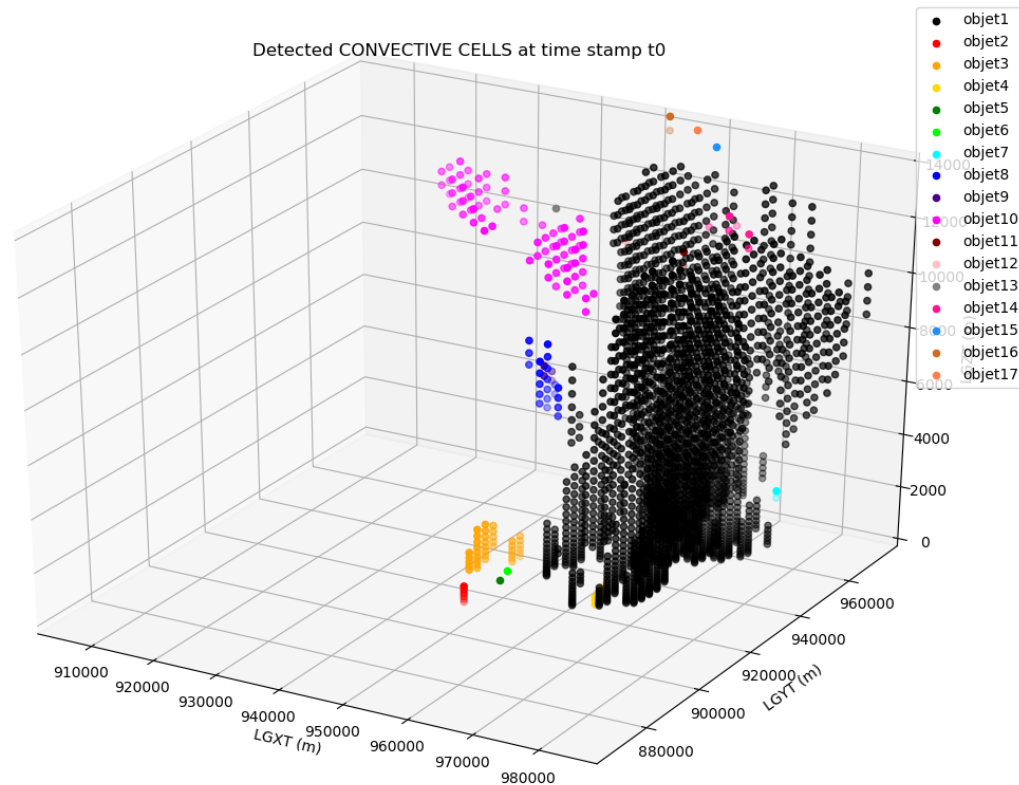
17 cellules détectées

- nombre de particules
- dimensions
- position géographique

Résultats

Etape 1 : Détection d'objets

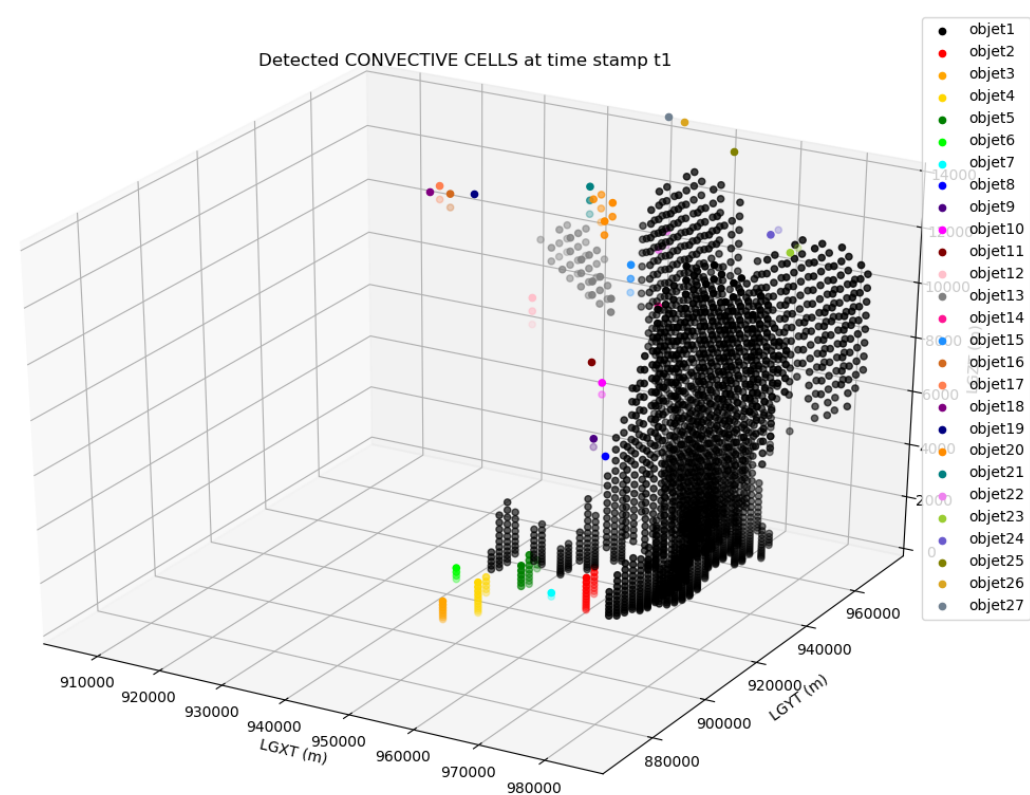
Cellules détectées à 05:00 UTC



17 cellules détectées

- nombre de particules
- dimensions
- position géographique

Cellules détectées à 05:05 UTC



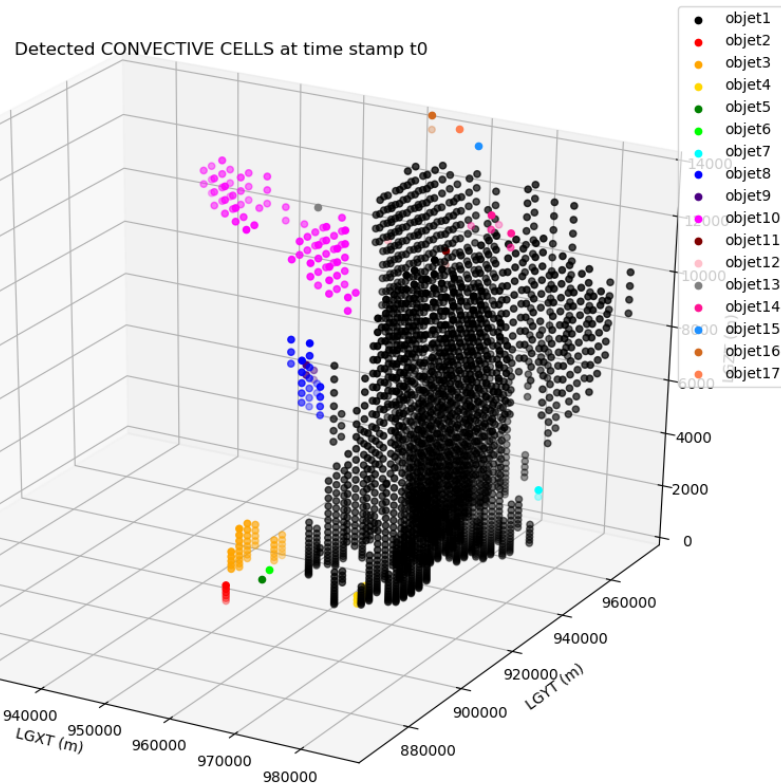
27 cellules détectées

- nombre de particules
- dimensions
- position géographique

Résultats

Etape 1 : Détection d'objets

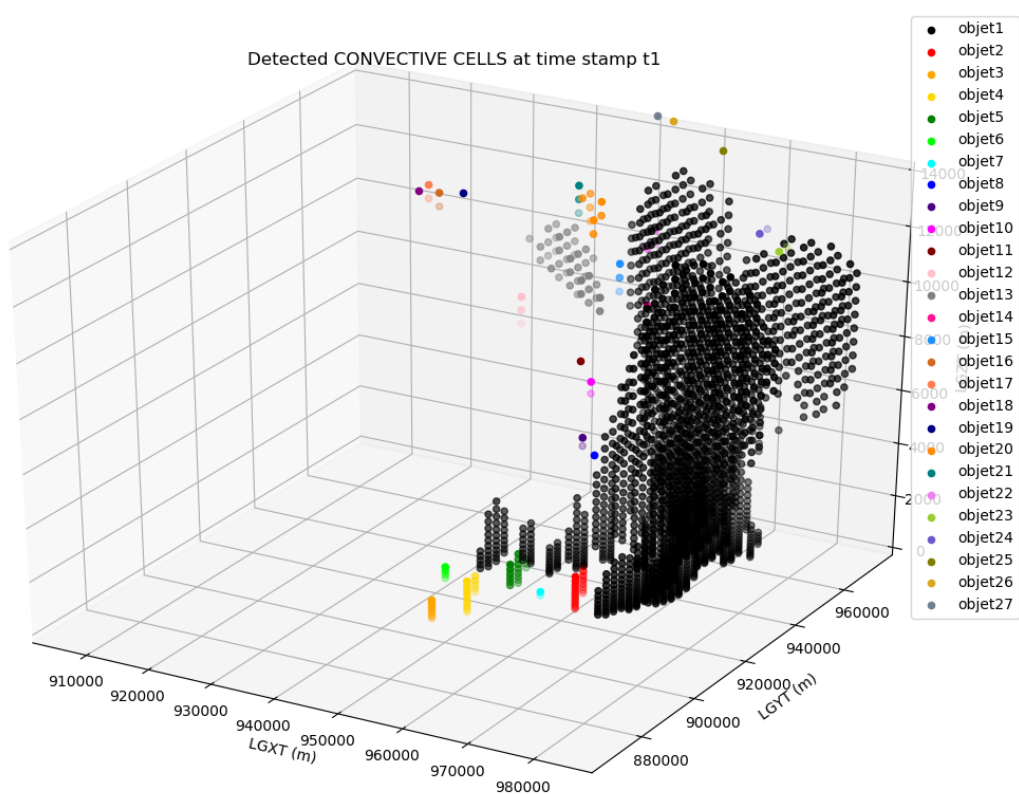
Cellules détectées à 05:00 UTC



17 cellules détectées

- nombre de particules
- dimensions
- position géographique

Cellules détectées à 05:05 UTC



27 cellules détectées

- nombre de particules
- dimensions
- position géographique

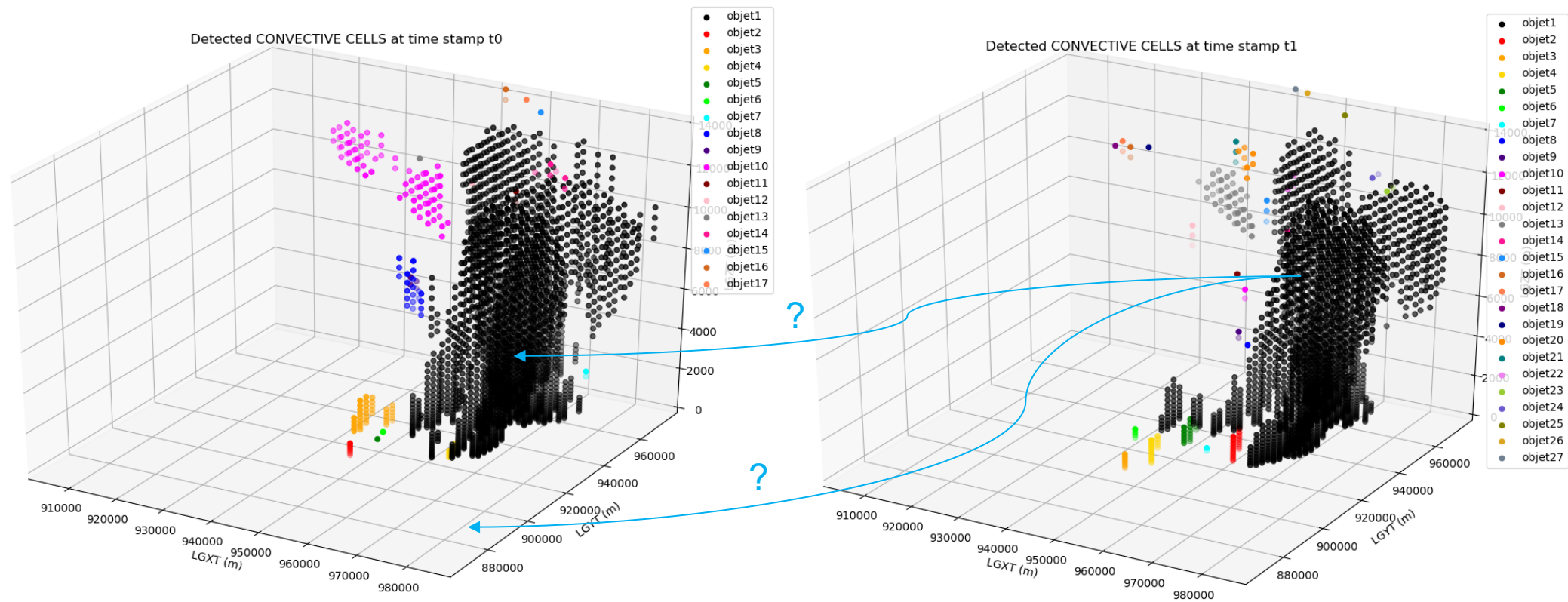
?



Résultats

Etape 2 : Identification du même objet à 2 instants

→ Suivi trajectoires des particules de chaque objet



la position à 05:00 d'une particule détectée à 05:05
est donnée par les traceurs LGXT, LGYT, LGZT

Résultats

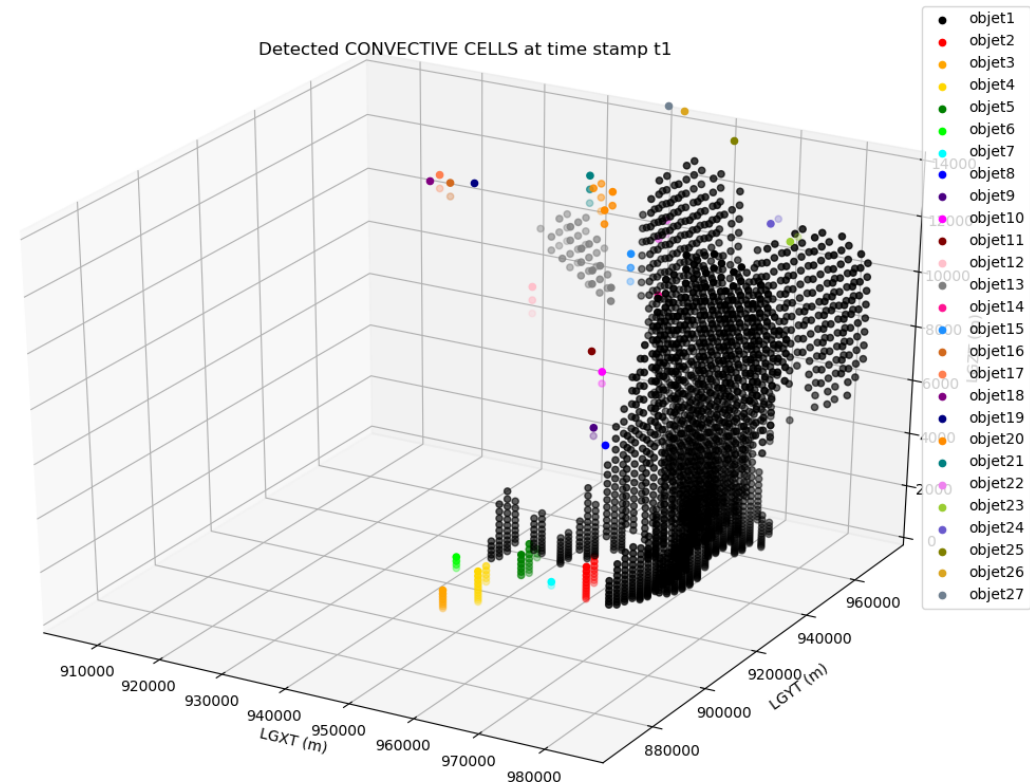
Etape 2 : Identification du même objet à 2 instants

→ Suivi trajectoires des particules de chaque objet

Pour chaque objet détecté à 05:05, on connaît :

- nombre total de particules
- nombre total de particules originaires d'objets détectés à 05:00 ET les numéros d'objets correspondants

→ identifie 3 comportements de trajectoires possibles

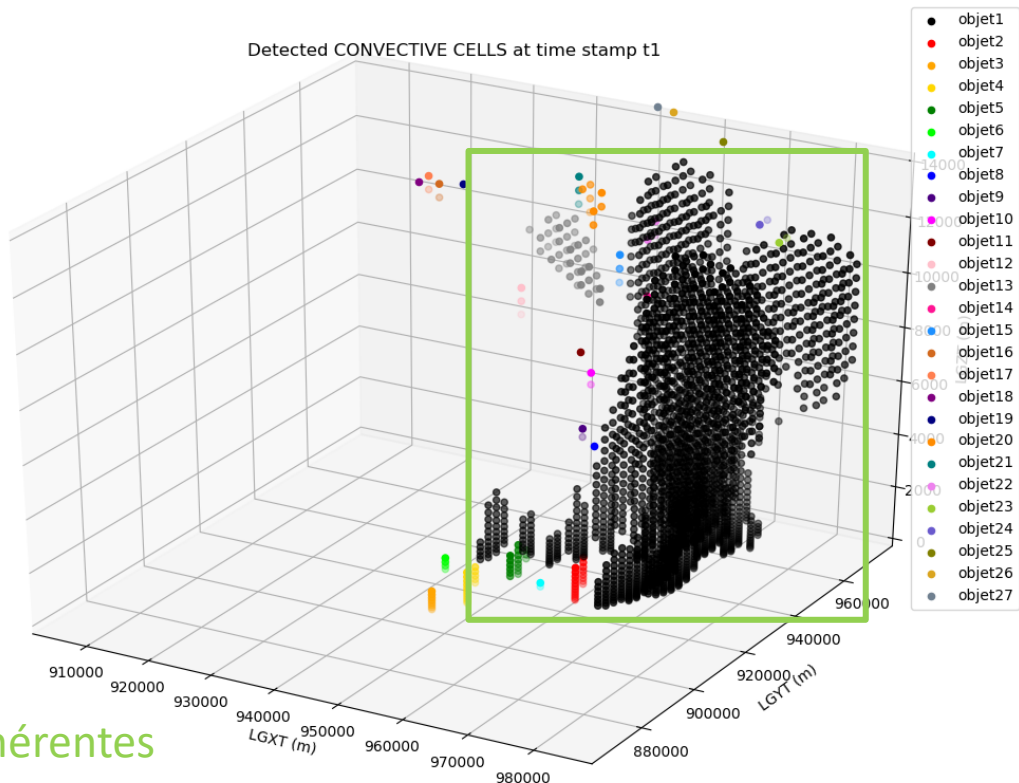
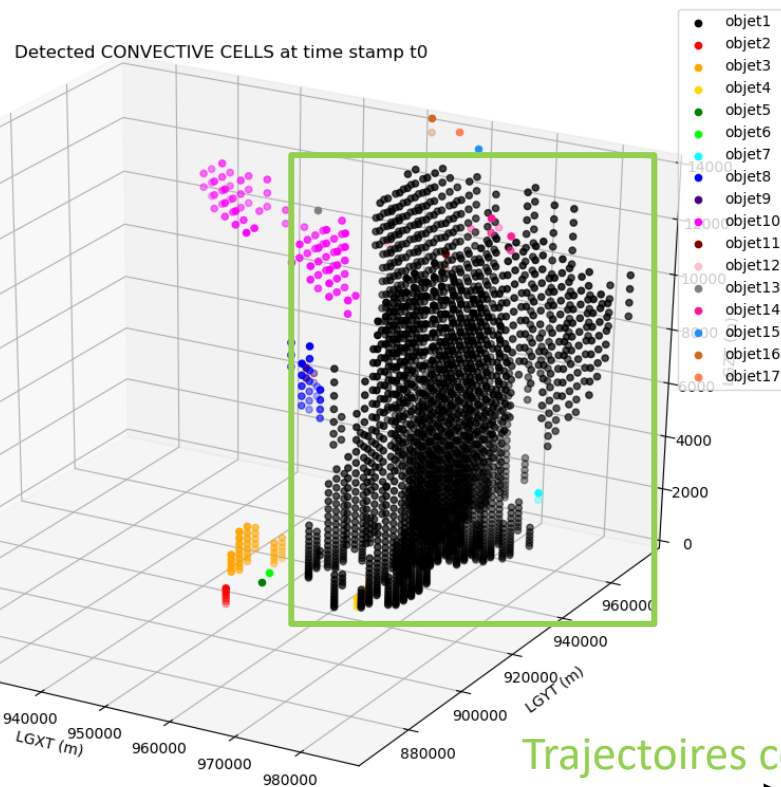


Cellules détectées à 05:05 UTC

Résultats

Etape 2 : Identification du même objet à 2 instants

→ Analyse des trajectoires



Trajectoires cohérentes



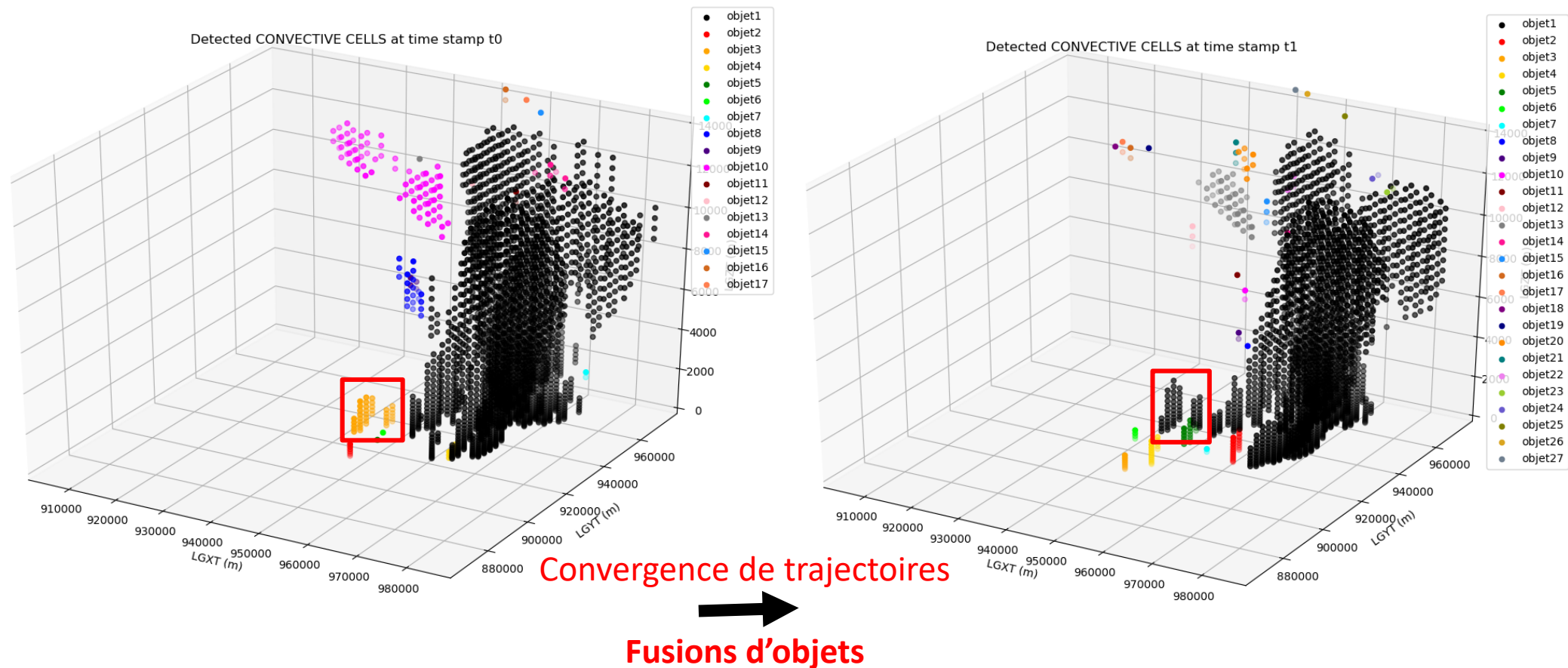
Conservation d'objet

la majorité des particules de l'objet #1 (à 05:05) proviennent de l'objet #1 (à 05:00)
(48% du nb total de particules de l'ancien objet → 52.7% du nb total de particules du nouvel objet)

Résultats

Etape 2 : Identification du même objet à 2 instants

→ Analyse des trajectoires

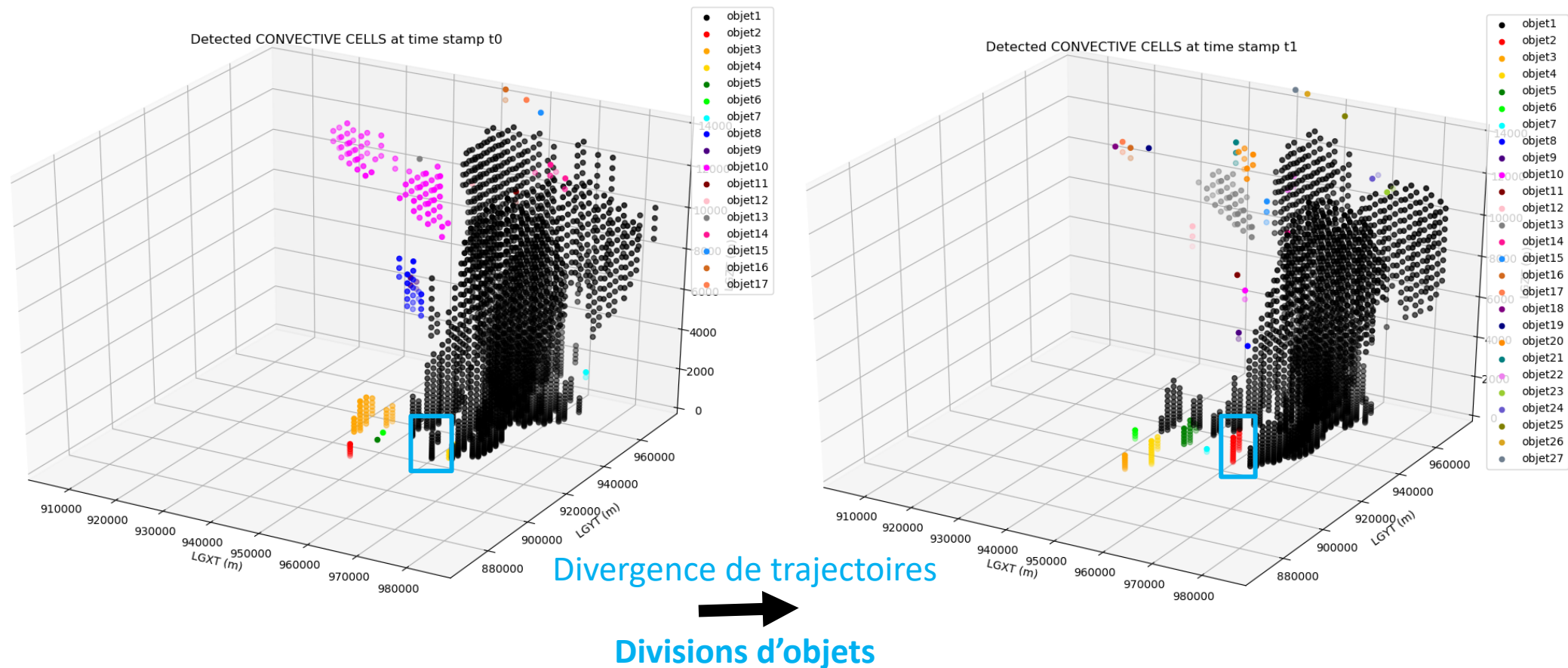


une partie de l'objet #3 (à 05:00) devient une partie de l'objet #1 (à 05:05)
(77% de l'ancien objet → 1,14% du nouvel objet)

Résultats

Etape 2 : Identification du même objet à 2 instants

→ Analyse des trajectoires



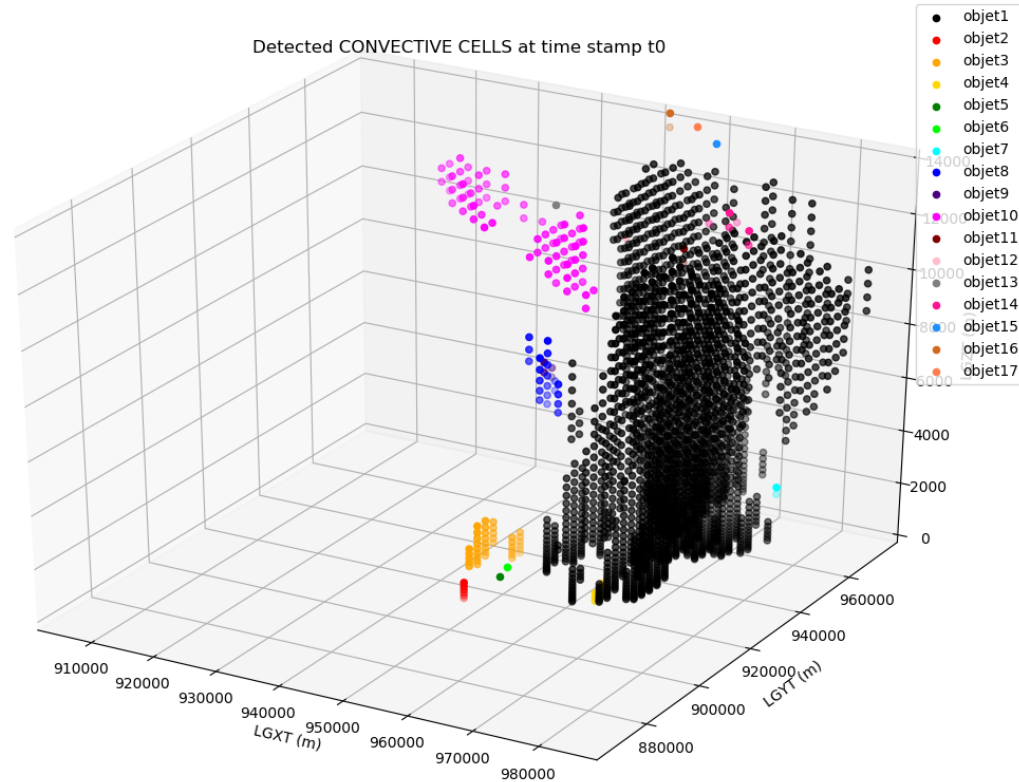
une partie de l'objet #1 (à 05:00) se sépare et devient une partie de l'objet #2 (à 05:05)
(0,20% de l'ancien objet → 71% du nouvel objet)

Résultats

Etape 2 : Identification du même objet à 2 instants

Cellules détectées à 05:00 UTC

Detected CONVECTIVE CELLS at time stamp t0

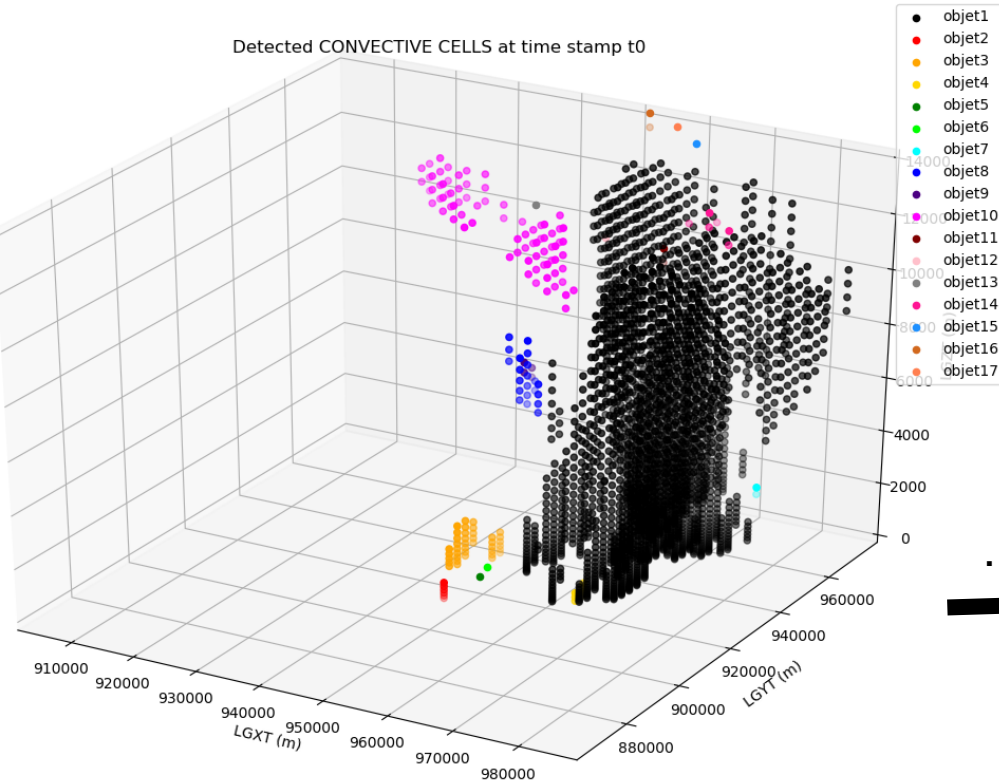


Résultats

Etape 2 : Identification du même objet à 2 instants

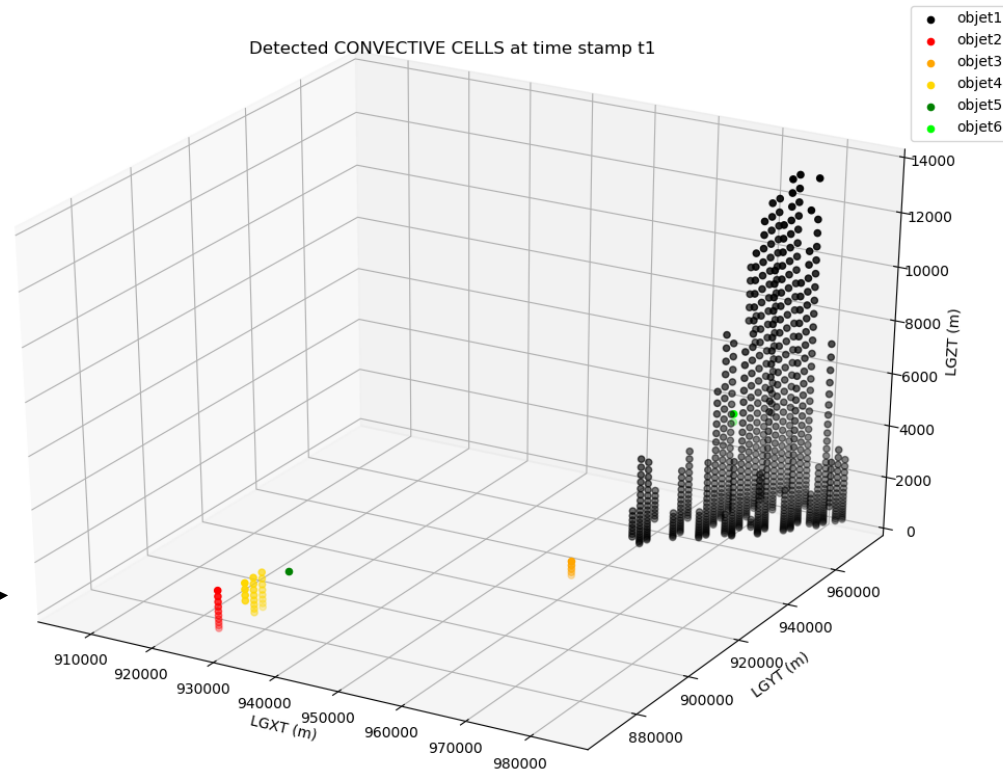
Cellules détectées à 05:00 UTC

Detected CONVECTIVE CELLS at time stamp t0



Cellules détectées à 05:55 UTC

Detected CONVECTIVE CELLS at time stamp t1

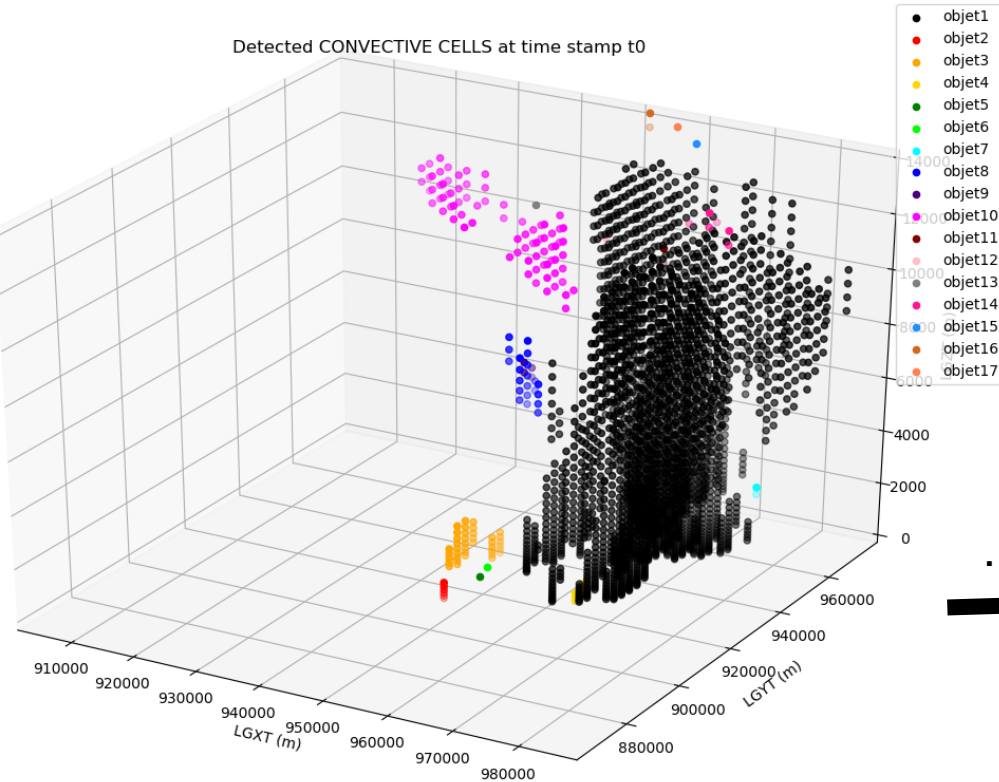


Résultats

Etape 2 : Identification du même objet à 2 instants

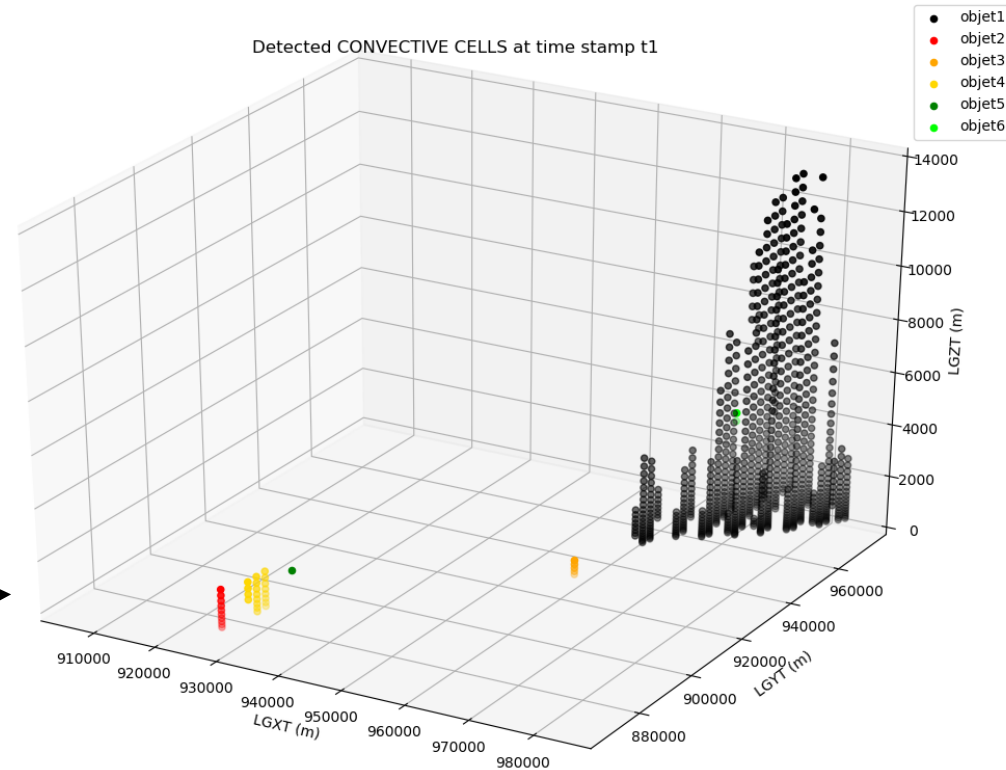
Cellules détectées à 05:00 UTC

Detected CONVECTIVE CELLS at time stamp t0



Cellules détectées à 05:55 UTC

Detected CONVECTIVE CELLS at time stamp t1



	05:05	05:15	05:25	05:35	05:45	05:55
% de l'objet à 05:00	52.7	23.4	12.3	1.3	0.7	1
% du nouvel objet	48	14.8	5.72	0.56	0.24	0.27

Pourcentage de particules conservées entre objet #1 à 05:00 et objet #1 détecté à 05:xx

Aspects techniques

- **Language :**

Python 3.6.8

- **Manipulation :**

Sorties Mésio-NH (fichiers netCDF, champs de données xarray)

Matrices (numpy array) et listes python

- **Packages utilisés :**

Plot 2D : matplotlib.pyplot

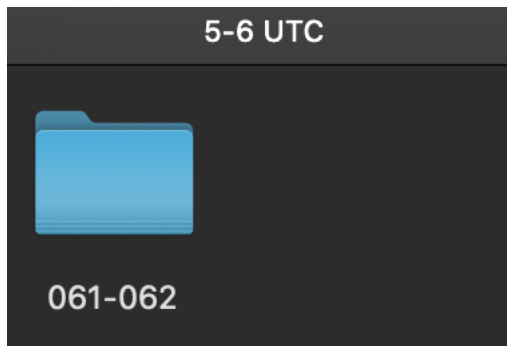
Plot 3D : mpl_toolkits.mplot3d

Détection et labélisation de structures : scipy.ndimage (multidimensional image processing)

→ fonctions label et find_objects

Aspects techniques

- Sortie d'algorithme :

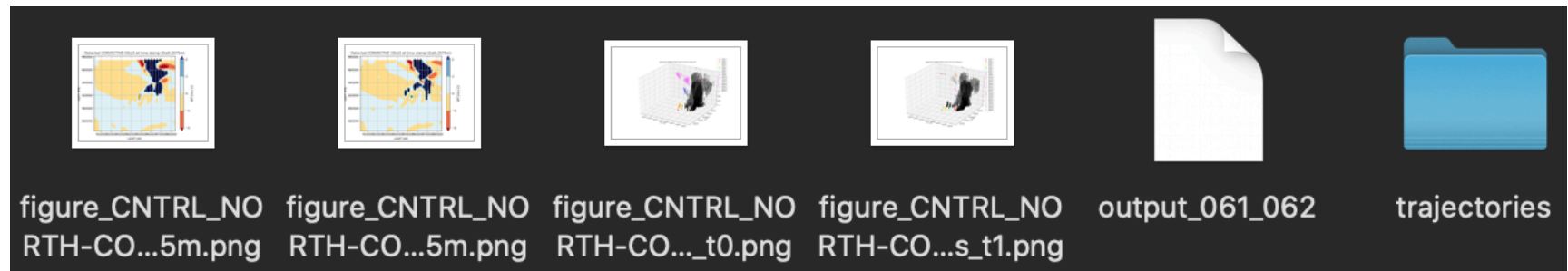


Temps d'exécution :

30s sans plots

1mn-2mns : script total

05:00 – 05:05



figure_CNTRL_NO
RTH-CO...5m.png

figure_CNTRL_NO
RTH-CO...5m.png

figure_CNTRL_NO
RTH-CO...t0.png

figure_CNTRL_NO
RTH-CO...s_t1.png

output_061_062

trajectories

Cellules
détectées à
05:00

Cellules
détectées à
05:05

Cellules
détectées à
05:00

Cellules
détectées à
05:05

Informations
sur les
cellules
détectées à
05:00 et 05:05

Trajectoires des
particules entre
05:00-05:05
de chaque
cellule détectée
à 05:05

(section horizontale à 2075m)

3D

#####

OPEN FILE AND LOAD DATA

#####

CONVECTIVE CELLS DETECTION AT T0 : ['2018-10-29T05:00:00.000000000'] , AND T+DELTAT : ['2018-10-29T05:05:00.000000000'] ←

...OK

INITIAL GEOGRAPHICAL DOMAIN FOR PARTICULE SELECTION

Selected domain : NORTH-CORSICA_ITALIA ←

...OK

INITIALISATION OF VARIABLES

2018-10-29T05:00:00.000000000

reading WT , LGXT, LGYT, LGZT

2018-10-29T05:05:00.000000000 ←

reading WT , LGXT, LGYT, LGZT

...OK


```
#####
1. DETECT OBJECTS FOR EACH TIME STAMP
#####
time stamp : 0
detect and label objects...
number of objects found : 17
...OK
find locations of objects...
```

← nombre de cellules détectées à 05:00

```
time stamp : 1
detect and label objects...
number of objects found : 27
...OK
find locations of objects...
```

← nombre de cellules détectées à 05:05

```
...OK
-----
>>> RESULTS <<<
-----
```

```
time stamp : 0
object # 1
  NUMBER OF PARTICLES : 2869
    ( 3.52318498870223 % of zoom domain)
    ( 0.01318553765741758 % of full domain)

  SHAPE :
    width1 : 36001 (m)
    width2 : 60001 (m)
    height : 12944.09294661889 (m)

  LOCALISATION :
    LGXT : 948000 - 984000 (m)
    longitude : 9.562702587275046 - 9.998343300004112 (°E)
    LGYT : 915000 - 975000 (m)
    latitude : 43.45332419148688 - 43.97810460754922 (°N)
    LGZT : 138.20710000000003 - 13081.30004661889 (m)
```

] nombre de particules

] dimensions

] position

Descriptif
des cellules détectées
à 05:00

...

```
object # 17
  NUMBER OF PARTICLES : 1 /\ composed of only 1 particle !
    ( 0.0012280184693977798 % of zoom domain)
    ( 4.595865338939554e-06 % of full domain)

  SHAPE :
    width1 : 1 (m)
    width2 : 1 (m)
    height : 1.0 (m)

  LOCALISATION :
    LGXT : 957000 - 957000 (m)
    longitude : 9.671612765457311 - 9.671612765457311 (°E)
    LGYT : 975000 - 975000 (m)
    latitude : 43.97810460754922 - 43.97810460754922 (°N)
    LGZT : 14081.30004661889 - 14081.30004661889 (m)
```

← Indique si un objet est composé
que d'une seule particule

```
time stamp : 1
object # 1
  NUMBER OF PARTICLES : 2609
    ( 3.2039001866588075 % of zoom domain)
    ( 0.011990612669293296 % of full domain)

  SHAPE :
    width1 : 36001 (m)
    width2 : 63001 (m)
    height : 12974.83904661889 (m)

  LOCALISATION :
    LGXT : 948000 - 984000 (m)
    longitude : 9.562702587275046 - 9.998343300004112 (°E)
    LGYT : 912000 - 975000 (m)
    latitude : 43.42696454975801 - 43.97810460754922 (°N)
    LGZT : 107.46100000000001 - 13081.30004661889 (m)
```

...

```
object # 27
  NUMBER OF PARTICLES : 1 /\ composed of only 1 particle !
    ( 0.0012280184693977798 % of zoom domain)
    ( 4.595865338939554e-06 % of full domain)

  SHAPE :
    width1 : 1 (m)
    width2 : 1 (m)
    height : 1.0 (m)

  LOCALISATION :
    LGXT : 954000 - 954000 (m)
    longitude : 9.635309372729889 - 9.635309372729889 (°E)
    LGYT : 969000 - 969000 (m)
    latitude : 43.92583339932205 - 43.92583339932205 (°N)
    LGZT : 15081.30004661889 - 15081.30004661889 (m)
```

```
- - -
number of objects detected at t0 that are composed of only 1 particle : [5, 6, 12, 13, 15, 17] , TOTAL : 6
number of objects detected at t+deltat that are composed of only 1 particle : [8, 11, 14, 18, 19, 25, 26, 27] , TOTAL : 8
```

```
=====
FIND TRAJECTORIES DURING [T0 ; T+DELTAT] OF PARTICLES OF OBJECTS DETECTED AT T+DELTAT
=====
```

```
get real positions of all particles from objects detected at t+deltat
get positions at t 0
get positions at t 1
...OK
```

```
#####
2. OBJET IDENTIFICATION BETWEEN THE 2 SELECTED TIME STAMPS
#####
```

```
=====
GET ORIGINAL POSITION (AT T0) OF PARTICLES OF OBJECTS DETECTED AT T+DELTAT
=====
```

```
...OK
```

Descriptif des cellules détectées à 05:05

Numéro des objets composés
que d'une seule particule

lecture des trajectoires entre
05:00-05:05 des particules
détectées à 05:05

>>> RESULTS <<<

number of objets detected at t+deltat that have particles originating from objets detected at t0 : [1, 2, 4, 5, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 23]

object # 1 detected at t+deltat
number of particles within object : 2609
number of particles originating from objects detected at t0 : 1411 (54.08202376389421 %)
1376 particle(s) originate from object # 1 detected at t0, (52.74051360674588 % of # 1)
30 particle(s) originate from object # 3 detected at t0, (1.1498658489842852 % of # 1)
5 particle(s) originate from object # 4 detected at t0, (0.19164430816404754 % of # 1)

object # 2 detected at t+deltat
number of particles within object : 20
number of particles originating from objects detected at t0 : 2 (10.0 %)
2 particle(s) originate from object # 1 detected at t0, (10.0 % of # 2)

**Descriptif de l'origine des particules
appartenant aux objets détectés à
05:05**

object # 4 detected at t+deltat
number of particles within object : 16
number of particles originating from objects detected at t0 : 4 (25.0 %)
4 particle(s) originate from object # 2 detected at t0, (25.0 % of # 4)

object # 5 detected at t+deltat
number of particles within object : 17
number of particles originating from objects detected at t0 : 2 (11.764705882352942 %)
1 particle(s) originate from object # 5 detected at t0, (5.882352941176471 % of # 5)
1 particle(s) originate from object # 6 detected at t0, (5.882352941176471 % of # 5)

object # 13 detected at t+deltat
number of particles within object : 41
number of particles originating from objects detected at t0 : 13 (31.70731707317073 %)
13 particle(s) originate from object # 10 detected at t0, (31.70731707317073 % of # 13)

object # 14 detected at t+deltat
number of particles within object : 1
number of particles originating from objects detected at t0 : 1 (100.0 %)
1 particle(s) originate from object # 1 detected at t0, (100.0 % of # 14)

object # 19 detected at t+deltat
number of particles within object : 1
number of particles originating from objects detected at t0 : 1 (100.0 %)
1 particle(s) originate from object # 10 detected at t0, (100.0 % of # 19)

object # 20 detected at t+deltat
number of particles within object : 8
number of particles originating from objects detected at t0 : 6 (75.0 %)
6 particle(s) originate from object # 1 detected at t0, (75.0 % of # 20)

object # 21 detected at t+deltat
number of particles within object : 3
number of particles originating from objects detected at t0 : 1 (33.333333333333336 %)
1 particle(s) originate from object # 1 detected at t0, (33.333333333333336 % of # 21)

object # 22 detected at t+deltat
number of particles within object : 3
number of particles originating from objects detected at t0 : 1 (33.333333333333336 %)
1 particle(s) originate from object # 12 detected at t0, (33.333333333333336 % of # 22)

object # 23 detected at t+deltat
number of particles within object : 2
number of particles originating from objects detected at t0 : 1 (50.0 %)
1 particle(s) originate from object # 14 detected at t0, (50.0 % of # 23)

Conclusion

- **Bilan :**

Détection instantanée de cellules convectives avec seuil sur WT (*sortie Méso-NH*)

Liens entre cellules détectées à t_0 et $t_0 + \Delta t$ avec *traceurs lagrangiens* :

- conservation d'objet
- fusion d'objets
- division d'objet

- **Perspectives :**

Marquage/Affichage des particules de l'objet à t_0 selon trajectoires

Choix de seuil pour considérer 2 structures comme étant le même objet

Identification et suivi de cellules de courte durée de vie

Application à d'autres types d'objets, sur d'autres domaines

Application à des résolutions plus fines

Remerciements

- Ce projet de recherche a été mené au sein de l'équipe MECANO au sein du Laboratoire d'Aérodynamique
- Il a été effectué par Elizabeth Fu, *étudiante-ingénieure à l'INSA Toulouse en Mathématiques Appliquées*, dans le cadre d'un stage de M1 et sous la tutelle de Florian Pantillon, *chercheur au Laboratoire d'Aérodynamique*