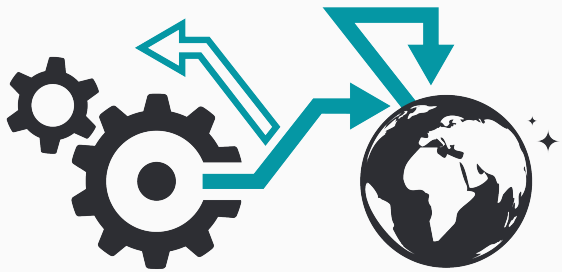
Estimation de paramètres par Statistic Model-Checking pour un modèle de croissance de forêt

Gilles & Guillaume
LS2N – Équipe VELO

16 juin 2022



Plan de l'exposé

- Les données de Paracou

Plan de l'exposé

- Les données de Paracou
- Le modèle de dynamique forestière de Kuznetsov & Aponina

Plan de l'exposé

- Les données de Paracou
- Le modèle de dynamique forestière de Kuznetsov & Aponina
- Implémentation du Statistic Model-Checking

Les données de Paracou

Paracou ? Qu'est-ce que c'est ? C'est où ?

1/ Qu'est-ce que c'est ?

Paracou ? Qu'est-ce que c'est ? C'est où ?

1/ Qu'est-ce que c'est ? $\rightsquigarrow$ Un site de recherche géré par le CIRAD (Géraldine Derroire).

Paracou ? Qu'est-ce que c'est ? C'est où ?

1/ Qu'est-ce que c'est ? $\rightsquigarrow$ Un site de recherche géré par le CIRAD (Géraldine Derroire).

2/ C'est où ?

Paracou ? Qu'est-ce que c'est ? C'est où ?

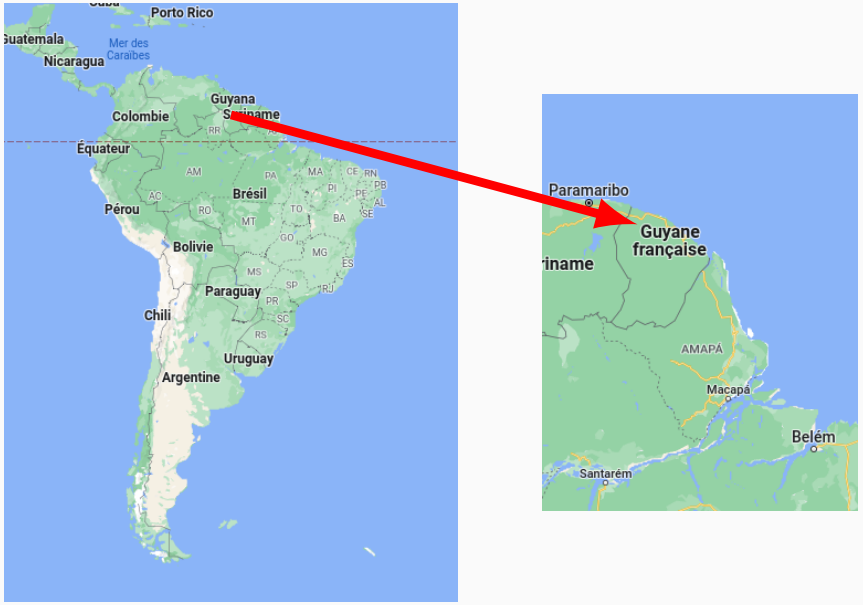
1/ Qu'est-ce que c'est ? $\rightsquigarrow$ Un site de recherche géré par le CIRAD (Géraldine Derroire).

2/ C'est où ? $\rightsquigarrow$ Quelque part en Guyane...

Paracou ? Qu'est-ce que c'est ? C'est où ?

1/ Qu'est-ce que c'est ? $\rightsquigarrow$ Un site de recherche géré par le CIRAD (Géraldine Derroire).

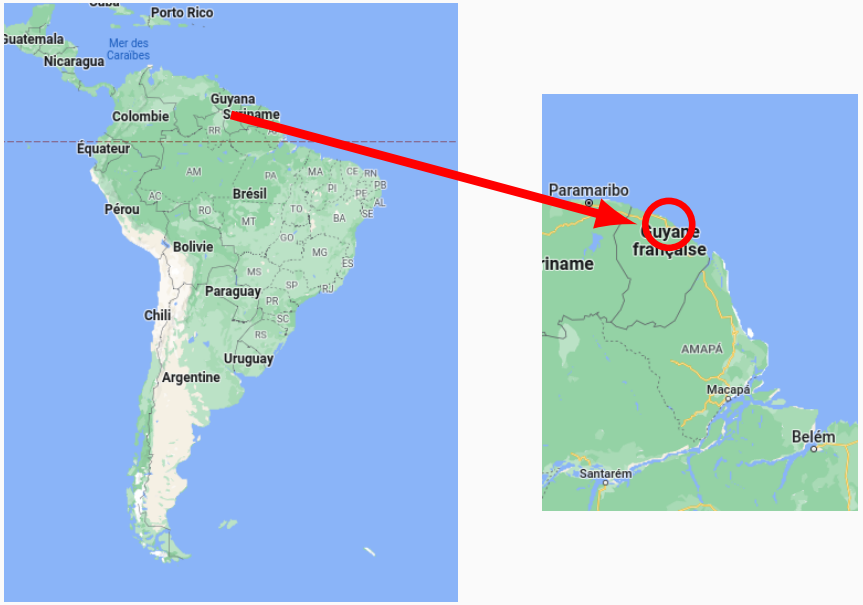
2/ C'est où ? $\rightsquigarrow$ Quelque part en Guyane...



Paracou ? Qu'est-ce que c'est ? C'est où ?

1/ Qu'est-ce que c'est ? $\rightsquigarrow$ Un site de recherche géré par le CIRAD (Géraldine Derroire).

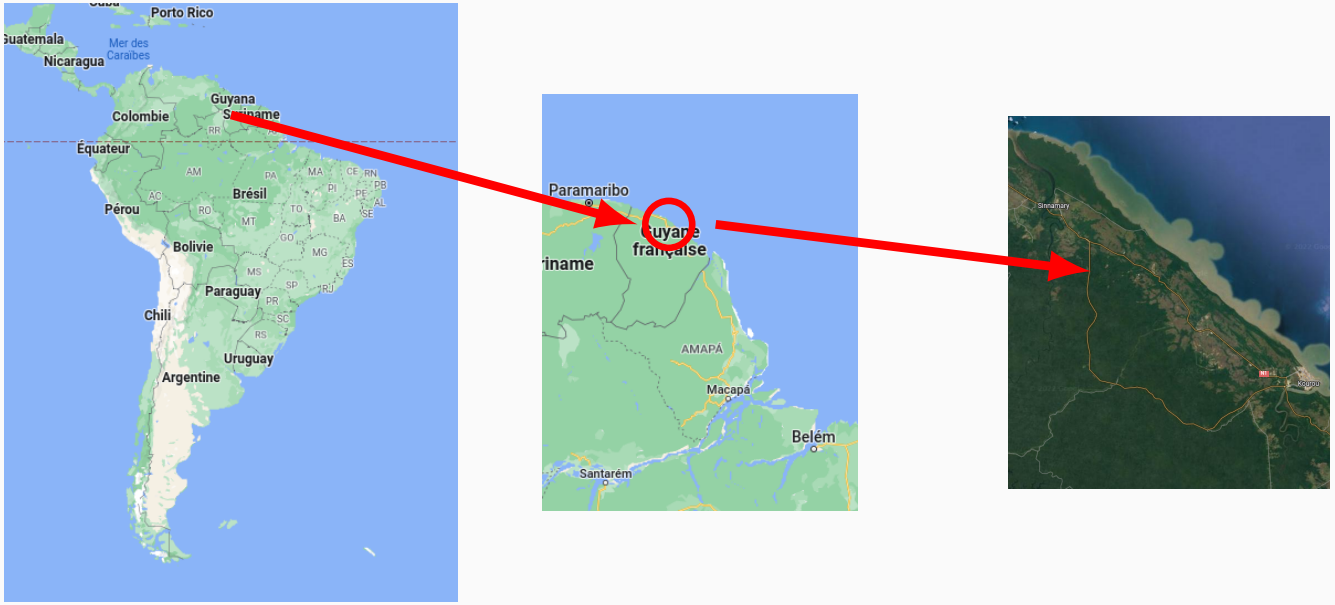
2/ C'est où ? $\rightsquigarrow$ Quelque part en Guyane...



Paracou ? Qu'est-ce que c'est ? C'est où ?

1/ Qu'est-ce que c'est ? $\rightsquigarrow$ Un site de recherche géré par le CIRAD (Géraldine Derroire).

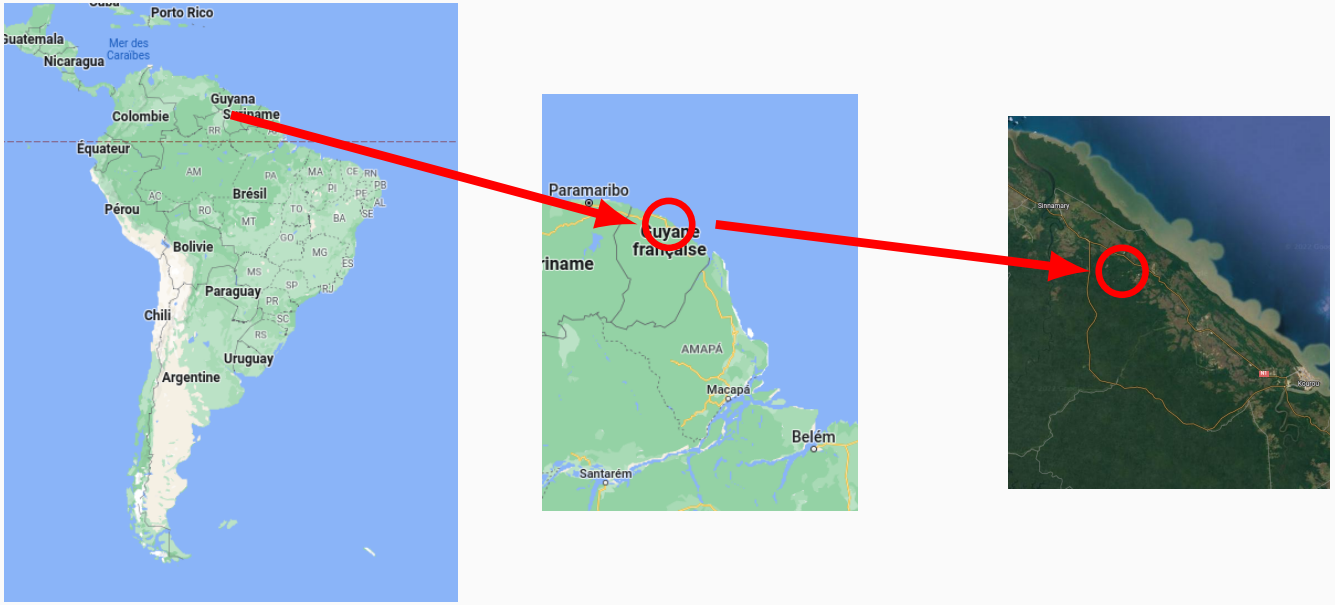
2/ C'est où ? $\rightsquigarrow$ Quelque part en Guyane...



Paracou ? Qu'est-ce que c'est ? C'est où ?

1/ Qu'est-ce que c'est ? $\rightsquigarrow$ Un site de recherche géré par le CIRAD (Géraldine Derroire).

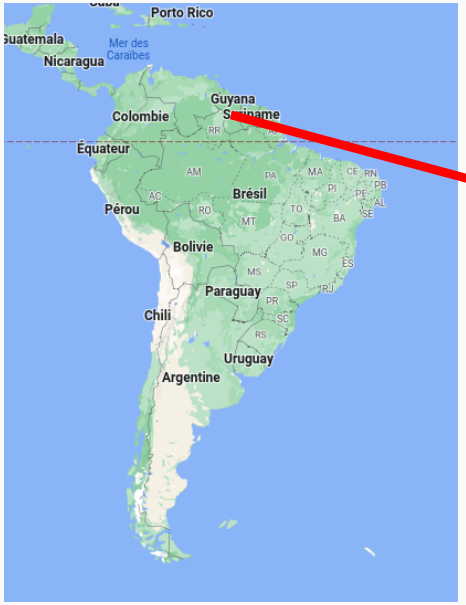
2/ C'est où ? $\rightsquigarrow$ Quelque part en Guyane...

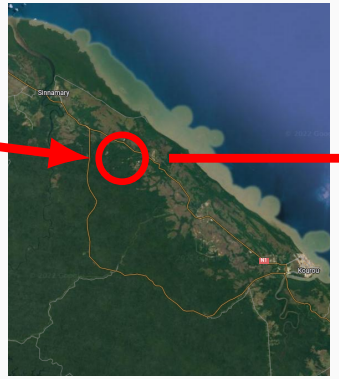


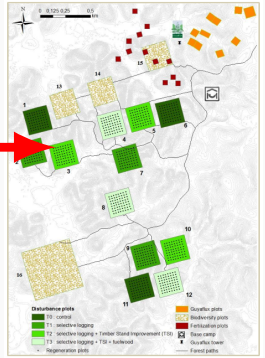
Paracou ? Qu'est-ce que c'est ? C'est où ?

1/ Qu'est-ce que c'est ? $\rightsquigarrow$ Un site de recherche géré par le CIRAD (Géraldine Derroire).

2/ C'est où ? $\rightsquigarrow$ Quelque part en Guyane...







Présentation des données

- Depuis environ 40 ans, des données sont relevées sur une quinzaine de parcelles du site de Paracou.

Présentation des données

- Depuis environ 40 ans, des données sont relevées sur une quinzaine de parcelles du site de Paracou.
- Surface des parcelles : environ 6 hectares.

Présentation des données

- Depuis environ 40 ans, des données sont relevées sur une quinzaine de parcelles du site de Paracou.
- Surface des parcelles : environ 6 hectares.
- Certaines parcelles sont exploitées, d'autres ne le sont pas.

Présentation des données

- Depuis environ 40 ans, des données sont relevées sur une quinzaine de parcelles du site de Paracou.
- Surface des parcelles : environ 6 hectares.
- Certaines parcelles sont exploitées, d'autres ne le sont pas.
- Chaque arbre est répertorié (vivant/mort, essence, taille...)

Présentation des données

- Depuis environ 40 ans, des données sont relevées sur une quinzaine de parcelles du site de Paracou.
- Surface des parcelles : environ 6 hectares.
- Certaines parcelles sont exploitées, d'autres ne le sont pas.
- Chaque arbre est répertorié (vivant/mort, essence, taille...)

Présentation des données

- Depuis environ 40 ans, des données sont relevées sur une quinzaine de parcelles du site de Paracou.
- Surface des parcelles : environ 6 hectares.
- Certaines parcelles sont exploitées, d'autres ne le sont pas.
- Chaque arbre est répertorié (vivant/mort, essence, taille...)

Présentation des données

- Depuis environ 40 ans, des données sont relevées sur une quinzaine de parcelles du site de Paracou.
- Surface des parcelles : environ 6 hectares.
- Certaines parcelles sont exploitées, d'autres ne le sont pas.
- Chaque arbre est répertorié (vivant/mort, essence, taille...)

Forest	Plot	PlotArea	SubPlot	TreeFieldNum	idTree	Xfield	Yfield	Xutm	Yutm	Lat	Lon	Family	Genus	Species	BotaSource	BotaCertainty	idVern	VernName	CommercialSp	CensusYear	CensusDate
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	1991	1991-12-01
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	1992	1992-11-01
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	1993	1993-12-01
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	1994	1994-12-01
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	1995	1995-12-28
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	1997	1998-01-26
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	1999	2000-06-08
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2001	2002-03-13
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2003	2004-01-16
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2005	2005-10-25
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2007	2007-10-26
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2008	2008-08-06
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2009	2009-11-04
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2011	2011-08-30
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2012	2012-08-27
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2013	2013-09-01
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2014	2014-07-01
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2015	2015-12-01
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2016	2016-09-14
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2017	2017-08-04
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2018	2018-09-08
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2019	2019-07-19
Paracou	15	6.25	1	1	145312	3.5	131	286300.96875	583630.6875	5.27710008621216	-52.9281997680664	Myristicaceae	Iryanthera	hostmannii	Bota	4	226	tossopassa marecage	1	2020	2020-08-31
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	1991	1991-12-01
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	1992	1992-11-01
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	1993	1993-12-01
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	1994	1994-12-01
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	1995	1995-12-28
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	1997	1998-01-26
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	1999	2000-06-08
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2001	2002-03-13
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2003	2004-01-16
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2005	2005-10-25
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2007	2007-10-26
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2008	2008-08-06
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2009	2009-11-04
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2011	2011-08-30
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2012	2012-08-27
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2013	2013-09-01
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2014	2014-07-01
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2015	2015-12-01
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2016	2016-09-14
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2017	2017-08-04
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2018	2018-09-08
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2019	2019-07-19
Paracou	15	6.25	1	2	145313	4	131	286301.4375	583630.8125	5.27710008621216	-52.9281997680664	Caryocaraceae	Caryocar	glabrum	Bota	4	209	chawari	1	2020	2020-08-31
Paracou	15	6.25	1	3	145314	6	130	286303.65625	583630.4375	5.27710008621216	-52.9281997680664	Malvaceae	Sterculia	pruriens	Bota	4	310	mabo cochon	1	1991	1991-12-01
Paracou	15	6.25	1	3	145314	6	130	286303.65625	583630.4375	5.27710008621216	-52.9281997680664	Malvaceae	Sterculia	pruriens	Bota	4	310	mabo cochon	1	1992	1992-11-01
Paracou	15	6.25	1	3	145314	6	130	286303.65625	583630.4375	5.27710008621216	-52.9281997680664	Malvaceae	Sterculia	pruriens	Bota	4	310	mabo cochon	1	1993	1993-12-01
Paracou	15	6.25	1	3	145314	6	130	286303.65625	583630.4375	5.27710008621216	-52.9281997680664	Malvaceae	Sterculia	pruriens	Bota	4	310	mabo cochon	1	1994	1994-12-01
Paracou	15	6.25	1	3	145314	6	130	286303.65625	583630.4375	5.27710008621216	-52.9281997680664	Malvaceae	Sterculia	pruriens	Bota	4	310	mabo cochon	1	1995	1995-12-28
Paracou	15	6.25	1	3	145314	6	130	286303.65625	583630.4375	5.27710008621216	-52.9281997680664	Malvaceae	Sterculia	pruriens	Bota	4	310	mabo cochon	1	1997	1998-01-26

Les données

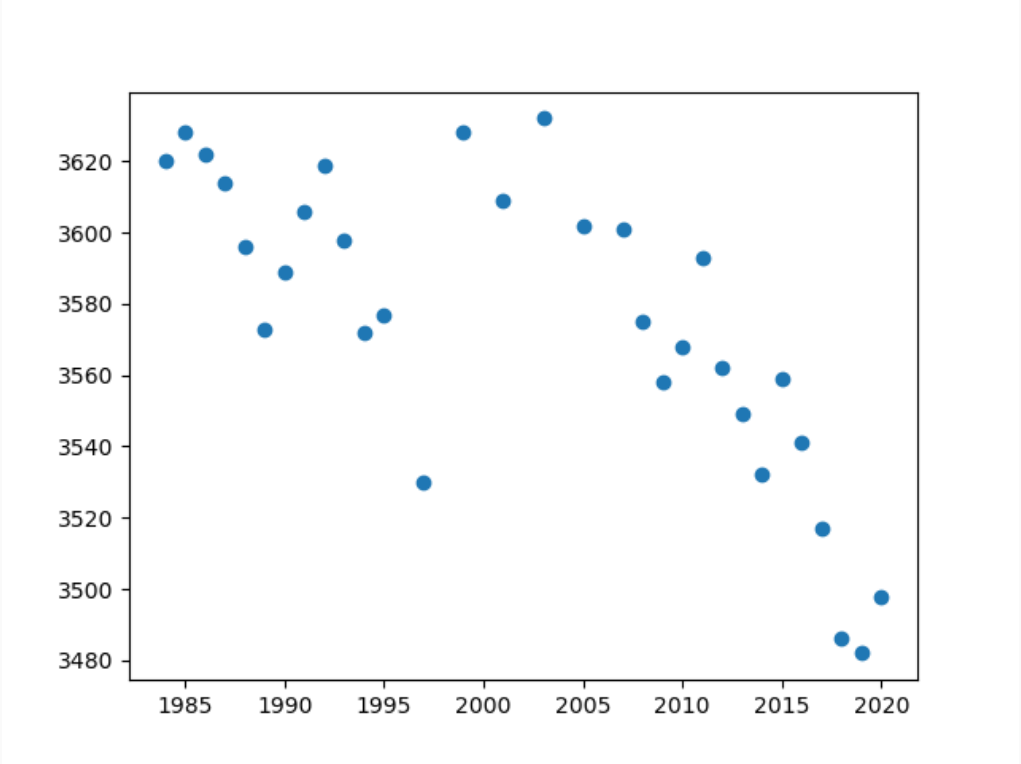
Visualisation des données

- Exemple : nombre d'arbres sur la parcelle 6 en fonction du temps, depuis 1983.

Visualisation des données

- Exemple : nombre d'arbres sur la parcelle 6 en fonction du temps, depuis 1983.

Parcelle 6 : (# arbres)(t)



- Questions

- Questions

$\rightsquigarrow$ *Peut-on modéliser la croissance de la forêt ?*

- Questions

$\rightsquigarrow$ *Peut-on modéliser la croissance de la forêt ?*

$\rightsquigarrow$ *Si oui, comment ?*

- Questions

$\rightsquigarrow$ *Peut-on modéliser la croissance de la forêt ?*

$\rightsquigarrow$ *Si oui, comment ?*

$\rightsquigarrow$ *Si on y arrive, quelles informations en tirer ?*

Le modèle de dynamique forestière de Kuznetsov & Aponina

Présentation du modèle

Le modèle d'Antonovsky et Korzukhin (1990) est donné par :

$$\begin{cases} \dot{u} = \rho v - \gamma(v)u - fu, \\ \dot{v} = fu - hv. \end{cases}$$

Présentation du modèle

Le modèle d'Antonovsky et Korzukhin (1990) est donné par :

$$\begin{cases} \dot{u} = \rho v - \gamma(v)u - fu, \\ \dot{v} = fu - hv. \end{cases}$$

$$\begin{aligned} u &\rightsquigarrow \text{arbres jeunes,} \\ v &\rightsquigarrow \text{arbres âgés,} \\ \rho v &\rightsquigarrow \text{natalité,} \\ fu &\rightsquigarrow \text{vieillissement,} \\ hv &\rightsquigarrow \text{mortalité,} \\ \gamma(v)u &\rightsquigarrow \text{compétition,} \\ \gamma(v) &= a(v-b)^2 + c. \end{aligned}$$

Présentation du modèle

Le modèle d'Antonovsky et Korzukhin (1990) est donné par :

$$\begin{cases} \dot{u} = \rho v - \gamma(v)u - fu, \\ \dot{v} = fu - hv. \end{cases}$$

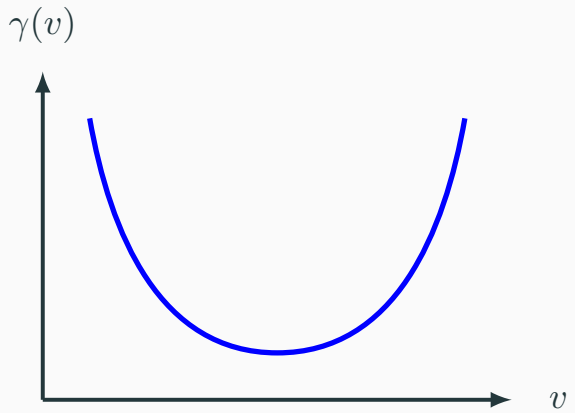


Figure 1 – Allure de $\gamma(v)$.

Trois régimes de paramètres

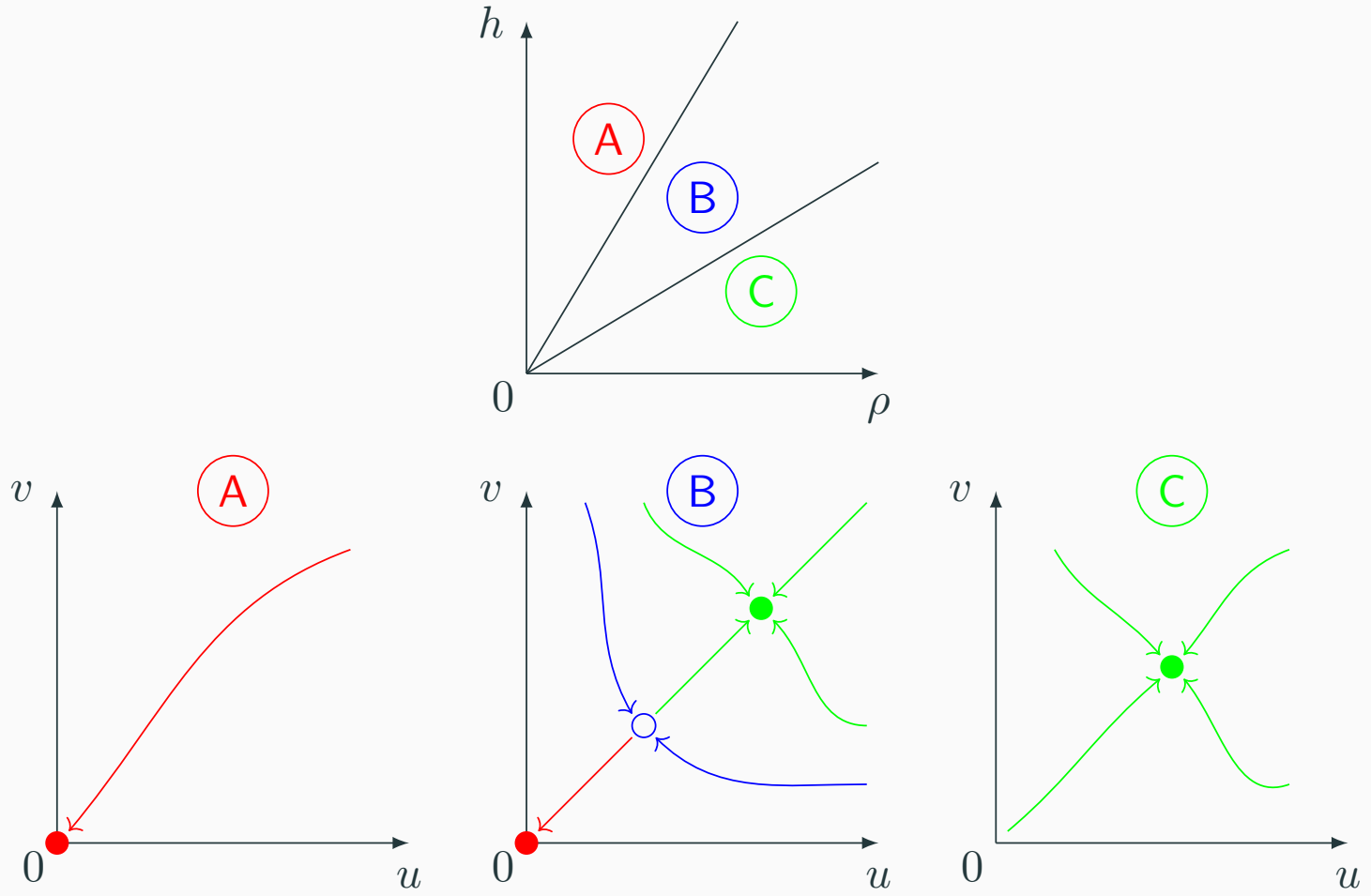


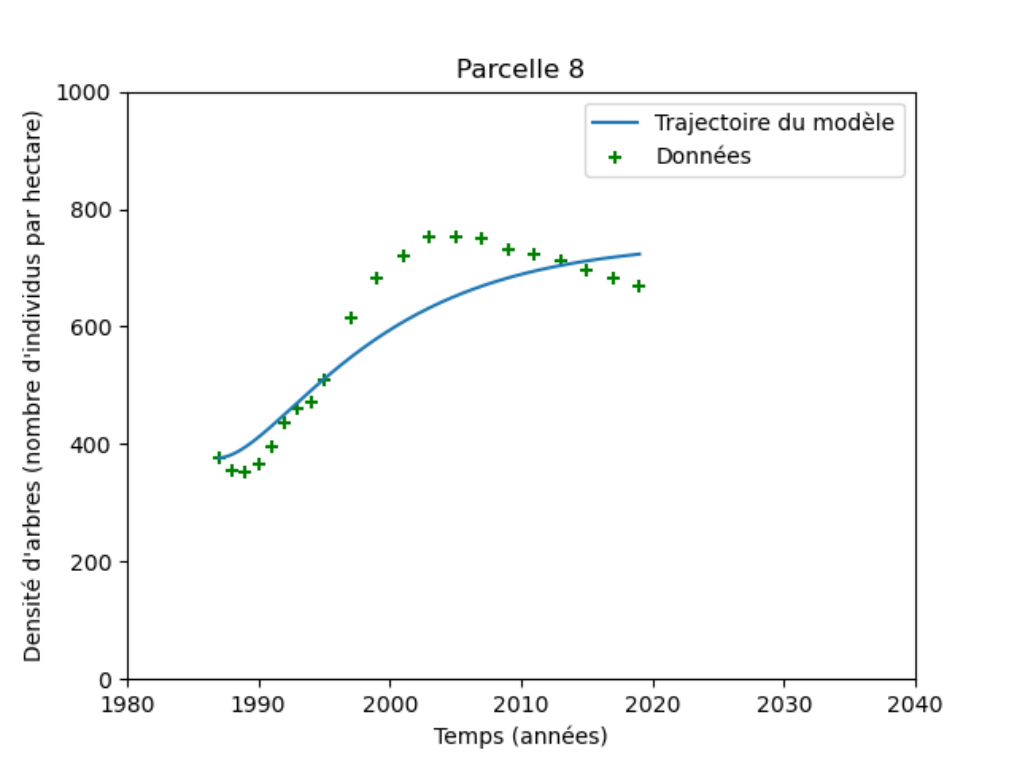
Figure 2 – Trois dynamiques possibles pour le modèle d'Antonovsky et Korzukhin.

Modification du terme de vieillissement

- Les premières simulations du modèle montrent que sa dynamique reproduit mal l'évolution de certaines parcelles.

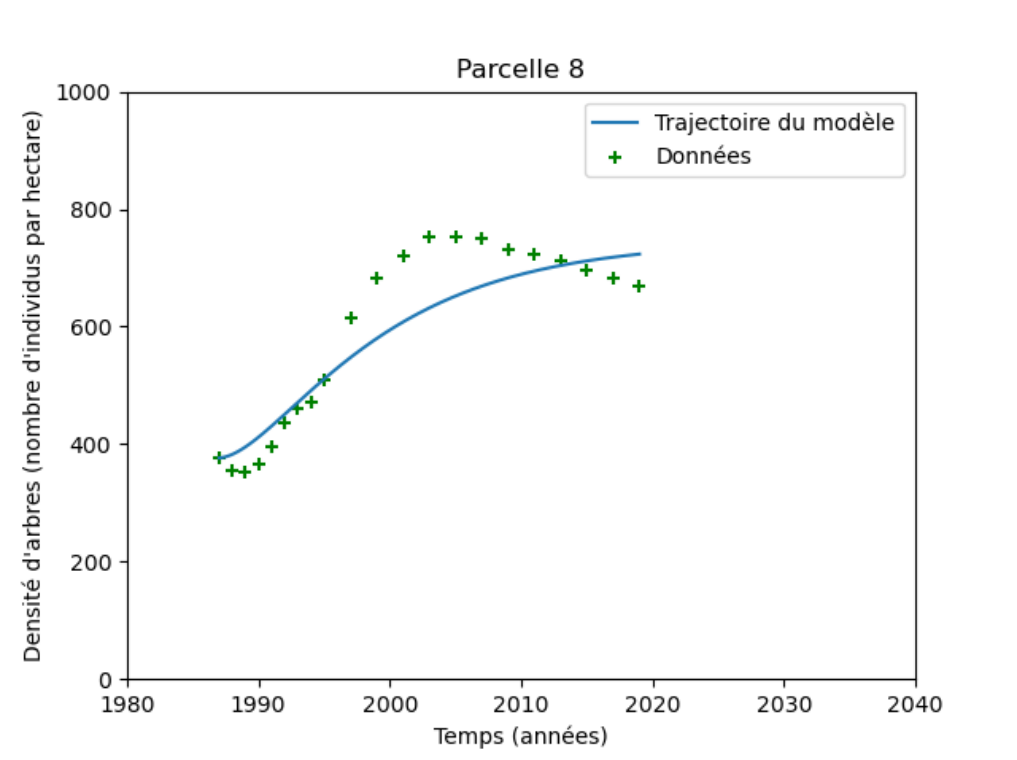
Modification du terme de vieillissement

- Les premières simulations du modèle montrent que sa dynamique reproduit mal l'évolution de certaines parcelles.



Modification du terme de vieillissement

- Les premières simulations du modèle montrent que sa dynamique reproduit mal l'évolution de certaines parcelles.



- Intuition : le terme de vieillissement $\pm fu$ n'est pas satisfaisant.

Modèle avec vieillissement non linéaire

- On pressent que le vieillissement dépend de la densité d'arbres.

Modèle avec vieillissement non linéaire

- On pressent que le vieillissement dépend de la densité d'arbres.
- On remplace donc $\pm fu$ par

$$fu \times v \times (T_{max} - (u + v)).$$

Modèle avec vieillissement non linéaire

- On pressent que le vieillissement dépend de la densité d'arbres.
- On remplace donc $\pm fu$ par

$$fu \times v \times (T_{max} - (u + v)).$$

- $\times v \rightsquigarrow$ le vieillissement diminue si v diminue.

Modèle avec vieillissement non linéaire

- On pressent que le vieillissement dépend de la densité d'arbres.
- On remplace donc $\pm fu$ par

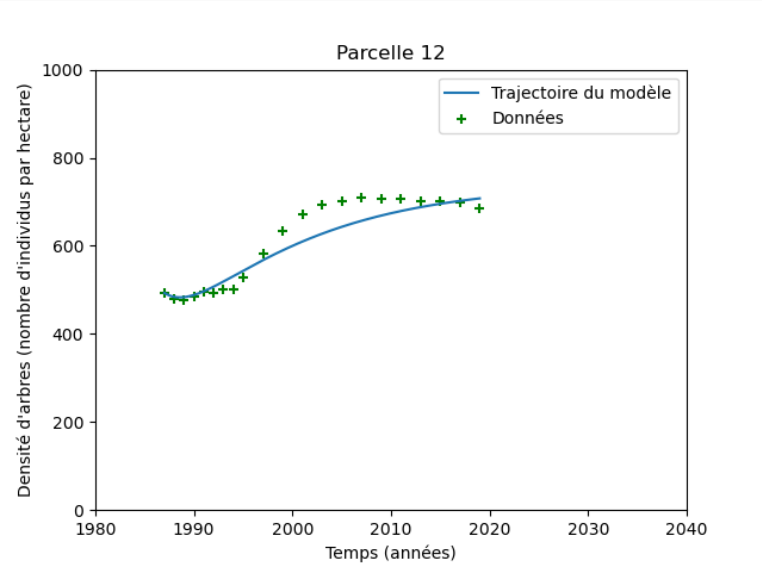
$$fu \times v \times (T_{max} - (u + v)).$$

- $\times v \rightsquigarrow$ le vieillissement diminue si v diminue.
- $\times (T_{max} - (u + v)) \rightsquigarrow$ le vieillissement est pondéré par la capacité maximale.

Est-ce que ça marche ?

- Résultats sur la parcelle 12.

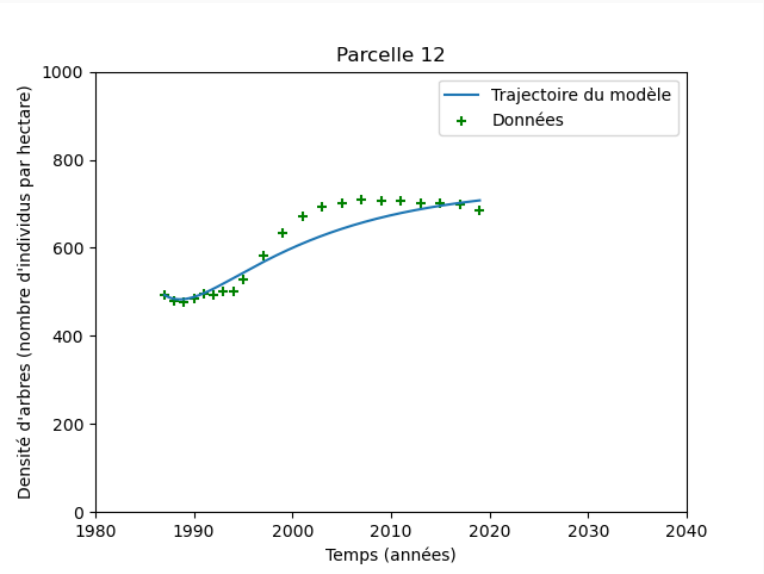
Vieillissement linéaire



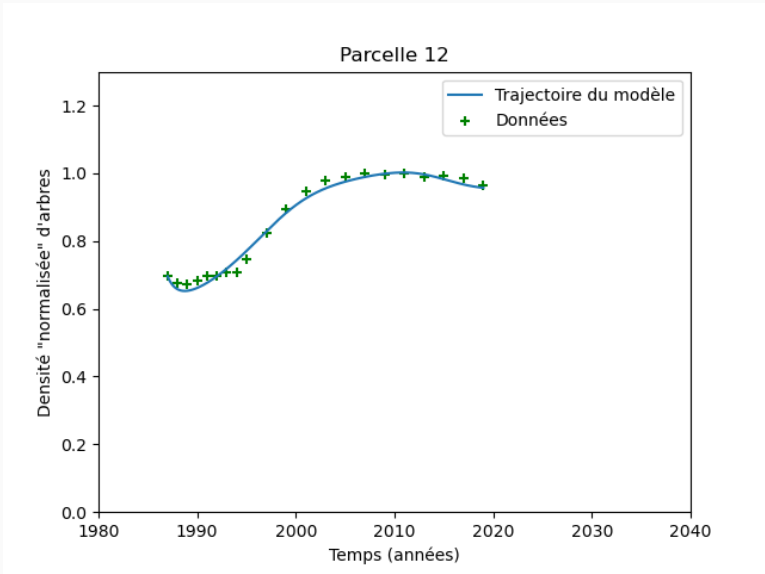
Est-ce que ça marche ?

- Résultats sur la parcelle 12.

Vieillissement linéaire



Vieillissement non linéaire



Traitement préliminaire des données - Correction

Parcelle-XX.csv : 85 - 125k entrées. Données manquantes (zone inaccessible certaines années).

Traitement préliminaire des données - Correction

Parcelle-XX.csv : 85 - 125k entrées. Données manquantes (zone inaccessible certaines années).
Si on se contentait de compter, une interpolation aurait pu suffire, mais les données sont plus riches. Donc pas de supposition sur les données (variations = incertitude).

Traitement préliminaire des données - Correction

Parcelle-XX.csv : 85 - 125k entrées. Données manquantes (zone inaccessible certaines années).
Si on se contentait de compter, une interpolation aurait pu suffire, mais les données sont plus riches. Donc pas de supposition sur les données (variations = incertitude).
Seule supposition raisonnable : Un arbre est vivant entre deux dates où il est recensé en vie.

- 13 - 1000 lignes par parcelle, (peu significatif à part sur la 15).
- Ne suffit pas à lisser completement (arbres nés ou morts sur une date sans recensement)

Traitement préliminaire des données - Sélection

Pour étudier la reprise après bucheronnage :

- parcelles 3, 4, 8 et 10
- sur la même période (1988 - 2019)
- exprimées en densité d'arbres /ha
- normalisé (Tmax $= 1 =$ 800 arbres/ha)

Propriétés

Le modèle fit les données (et à quel point)

Propriétés

Le modèle fit les données (et à quel point)

Qualitatif

- nombre d'outliers (seuil de distance = tunnel) inférieur à une valeur

Propriétés

Le modèle fit les données (et à quel point)

Qualitatif

- nombre d'outliers (seuil de distance = tunnel) inférieur à une valeur

Quantitatif

- distance moyenne simu-data point à point (en % ...)
- si non fit : % de la donnée atteinte

Propriétés

Le modèle fit les données (et à quel point)

Qualitatif

- nombre d'outliers (seuil de distance = tunnel) inférieur à une valeur

Quantitatif

- distance moyenne simu-data point à point (en % ...)
- si non fit : % de la donnée atteinte

Meilleure distance $\neq$ Minimum d'outliers

Compromis

Objectifs

- Trouver jeu de paramètres satisfaisant le plus possible la propriété
- Cartographier l'espace de paramètres (minimums locaux éloignés, corrélations. . .)

Compromis

Objectifs

- Trouver jeu de paramètres satisfaisant le plus possible la propriété
- Cartographier l'espace de paramètres (minimums locaux éloignés, corrélations. . .)

La contrainte de temps impose des stratégies opposées

- Propriété forte pour évacuer rapidement les zones de l'espace où elle n'est pas vérifiée.
- Propriété plus faible pour conserver suffisamment d'information pour chaque zone

Compromis

Objectifs

- Trouver jeu de paramètres satisfaisant le plus possible la propriété
- Cartographier l'espace de paramètres (minimums locaux éloignés, corrélations. . .)

La contrainte de temps impose des stratégies opposées

- Propriété forte pour évacuer rapidement les zones de l'espace où elle n'est pas vérifiée.
- Propriété plus faible pour conserver suffisamment d'information pour chaque zone

Variabilité de la distance au sein d'une cellule : estimer le besoin de subdiviser pour

- chercher un meilleur optimum
- obtenir une moyenne plus représentative par cellule

Compromis

Objectifs

- Trouver jeu de paramètres satisfaisant le plus possible la propriété
- Cartographier l'espace de paramètres (minimums locaux éloignés, corrélations. . .)

La contrainte de temps impose des stratégies opposées

- Propriété forte pour évacuer rapidement les zones de l'espace où elle n'est pas vérifiée.
- Propriété plus faible pour conserver suffisamment d'information pour chaque zone

Variabilité de la distance au sein d'une cellule : estimer le besoin de subdiviser pour

- chercher un meilleur optimum
- obtenir une moyenne plus représentative par cellule

Compromis : conserver le meilleur jeu de paramètres en plus de moyenne et var pour chaque cellule

Espace de paramètres et exploration

Discrétisation.

- Nombre de cellules $\prod_{i=1}^{n} step_i$
- Nombre de simulations (evt. minoré par maxSPRT)
- Nombre de pas d'intégration (evt minoré par un cut distance ou nb outliers)
- Ordre de la fonction d'intégration (rk4 ici)

Processus

1. écrire le modèle en C++
2. Définir l'espace de paramètres (range et nb steps), configurer SPRT
3. fournir le ou les tunnels de données (données, width, nb_outliers, dt...)
4. build, run, wait...
5. Analyser/Filtrer les résultats
6. Reconstruire les simus et convertir dans un format plus exploitable pour les graphiques

Modèle C++

```cpp
state_type modele(const double x_young, const double y_old,
                  const double a, const double b, const double c,
                  const double birth_rate, const double aging_rate, const double mortality)
{
    double d_young, d_old;
    const double aging(aging_rate * x_young * y_old * (1 - x_young - y_old));
    d_young = birth_rate * y_old - (a * (y_old - b) * (y_old - b) + c) * x_young - aging;
    d_old = aging - mortality * y_old;
    return {d_young, d_old};
}
```

Modèle C++

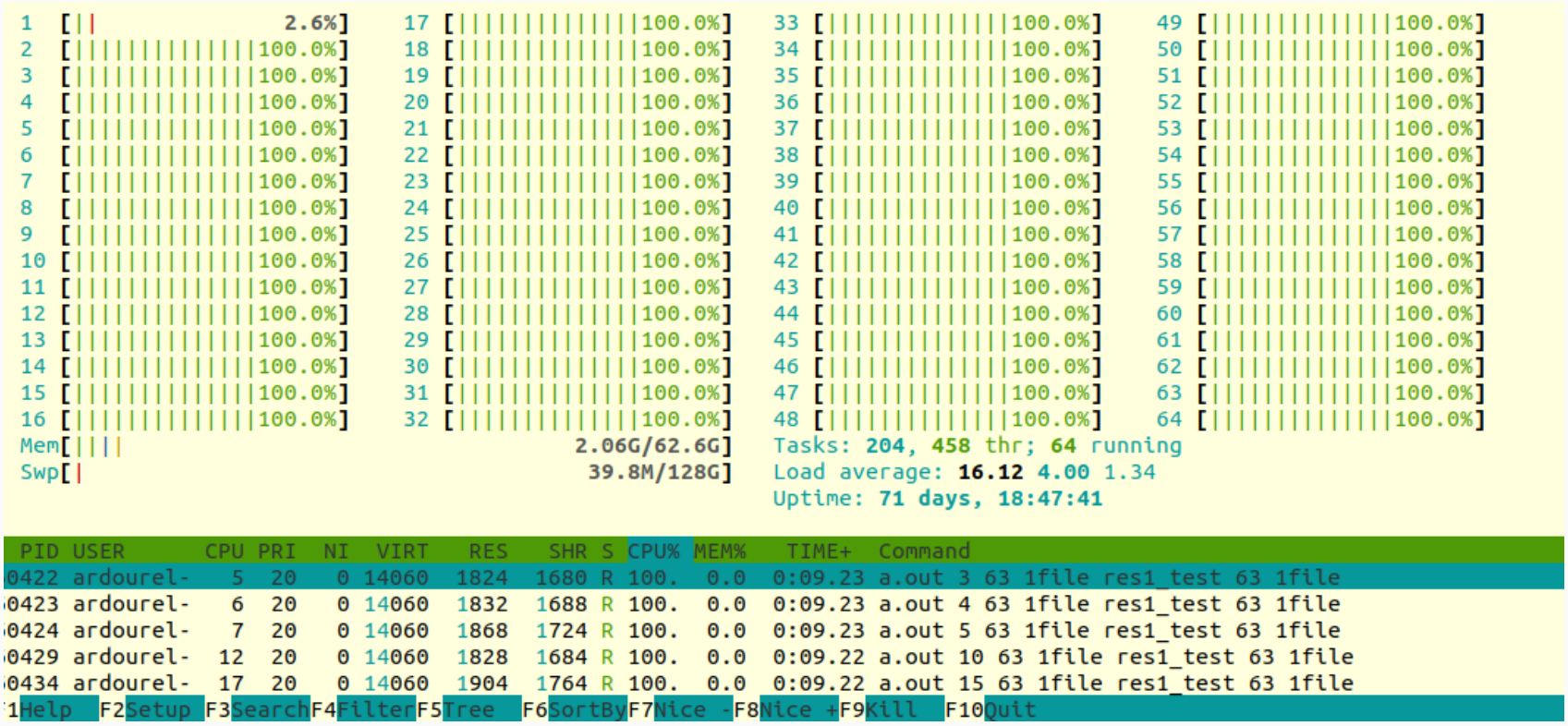
```cpp
state_type modele(const double x_young, const double y_old,
                  const double a, const double b, const double c,
                  const double birth_rate, const double aging_rate, const double mortality)
{
    double d_young, d_old;
    const double aging(aging_rate * x_young * y_old * (1 - x_young - y_old));
    d_young = birth_rate * y_old - (a * (y_old - b) * (y_old - b) + c) * x_young - aging;
    d_old = aging - mortality * y_old;
    return {d_young, d_old};
}
```

```cpp
constexpr state_type zero()
{
    return {0.0, 0.0};
}

// evaluate data in order to compare it to the tunnel
// for more flexibility, should return an eval_type
double eval_state(const state_type x) { return x[0] + x[1]; }


state_type init_state(const std::vector<double> &data, const params_type &)
{
    return {data[0] * 0.7, data[0] * 0.3}; // how is it determined ? maybe using params
}
```

Paramètres C++

```cpp
ParamRanges<params_size> config({
    Param("a", 0., 1.0, 100),
    Param("b", 0, 1.0, 10),
    Param("c", 0, 1.0, 10),
    Param("f", 0, 1.0, 10),
    Param("r", 0, 1.0, 10),
    Param("h", 0, 1.0, 50),
});

 SPRT sprt(sprt_alpha, sprt_beta, sprt_gamma, sprt_theta, sprt_nbsim);
```

Run


1 [|| 2.6%] 17 [|||||||||||||100.0%] 33 [|||||||||||||100.0%] 49 [|||||||||||||100.0%]
2 [|||||||||||||100.0%] 18 [|||||||||||||100.0%] 34 [|||||||||||||100.0%] 50 [|||||||||||||100.0%]
3 [|||||||||||||100.0%] 19 [|||||||||||||100.0%] 35 [|||||||||||||100.0%] 51 [|||||||||||||100.0%]
4 [|||||||||||||100.0%] 20 [|||||||||||||100.0%] 36 [|||||||||||||100.0%] 52 [|||||||||||||100.0%]
5 [|||||||||||||100.0%] 21 [|||||||||||||100.0%] 37 [|||||||||||||100.0%] 53 [|||||||||||||100.0%]
6 [|||||||||||||100.0%] 22 [|||||||||||||100.0%] 38 [|||||||||||||100.0%] 54 [|||||||||||||100.0%]
7 [|||||||||||||100.0%] 23 [|||||||||||||100.0%] 39 [|||||||||||||100.0%] 55 [|||||||||||||100.0%]
8 [|||||||||||||100.0%] 24 [|||||||||||||100.0%] 40 [|||||||||||||100.0%] 56 [|||||||||||||100.0%]
9 [|||||||||||||100.0%] 25 [|||||||||||||100.0%] 41 [|||||||||||||100.0%] 57 [|||||||||||||100.0%]
10 [|||||||||||||100.0%] 26 [|||||||||||||100.0%] 42 [|||||||||||||100.0%] 58 [|||||||||||||100.0%]
11 [|||||||||||||100.0%] 27 [|||||||||||||100.0%] 43 [|||||||||||||100.0%] 59 [|||||||||||||100.0%]
12 [|||||||||||||100.0%] 28 [|||||||||||||100.0%] 44 [|||||||||||||100.0%] 60 [|||||||||||||100.0%]
13 [|||||||||||||100.0%] 29 [|||||||||||||100.0%] 45 [|||||||||||||100.0%] 61 [|||||||||||||100.0%]
14 [|||||||||||||100.0%] 30 [|||||||||||||100.0%] 46 [|||||||||||||100.0%] 62 [|||||||||||||100.0%]
15 [|||||||||||||100.0%] 31 [|||||||||||||100.0%] 47 [|||||||||||||100.0%] 63 [|||||||||||||100.0%]
16 [|||||||||||||100.0%] 32 [|||||||||||||100.0%] 48 [|||||||||||||100.0%] 64 [|||||||||||||100.0%]
Mem[|||| 2.06G/62.6G] Tasks: 204, 458 thr; 64 running
Swp[| 39.8M/128G] Load average: 16.12 4.00 1.34
Uptime: 71 days, 18:47:41
PID USER CPU PRI NI VIRT RES SHR S CPU% MEM% TIME+ Command
0422 ardourel- 5 20 0 14060 1824 1680 R 100. 0.0 0:09.23 a.out 3 63 1file res1_test 63 1file
0423 ardourel- 6 20 0 14060 1832 1688 R 100. 0.0 0:09.23 a.out 4 63 1file res1_test 63 1file
0424 ardourel- 7 20 0 14060 1868 1724 R 100. 0.0 0:09.23 a.out 5 63 1file res1_test 63 1file
0429 ardourel- 12 20 0 14060 1828 1684 R 100. 0.0 0:09.22 a.out 10 63 1file res1_test 63 1file
0434 ardourel- 17 20 0 14060 1904 1764 R 100. 0.0 0:09.22 a.out 15 63 1file res1_test 63 1file
F1Help F2Setup F3SearchF4FilterF5Tree F6SortByF7Nice -F8Nice +F9Kill F10Quit

Data mining ;)

Analyser les résultats, Extraire les plus pertinents (nb outliers, distances)

Actuellement : grep, cut, wc...

Reconstruire les simus

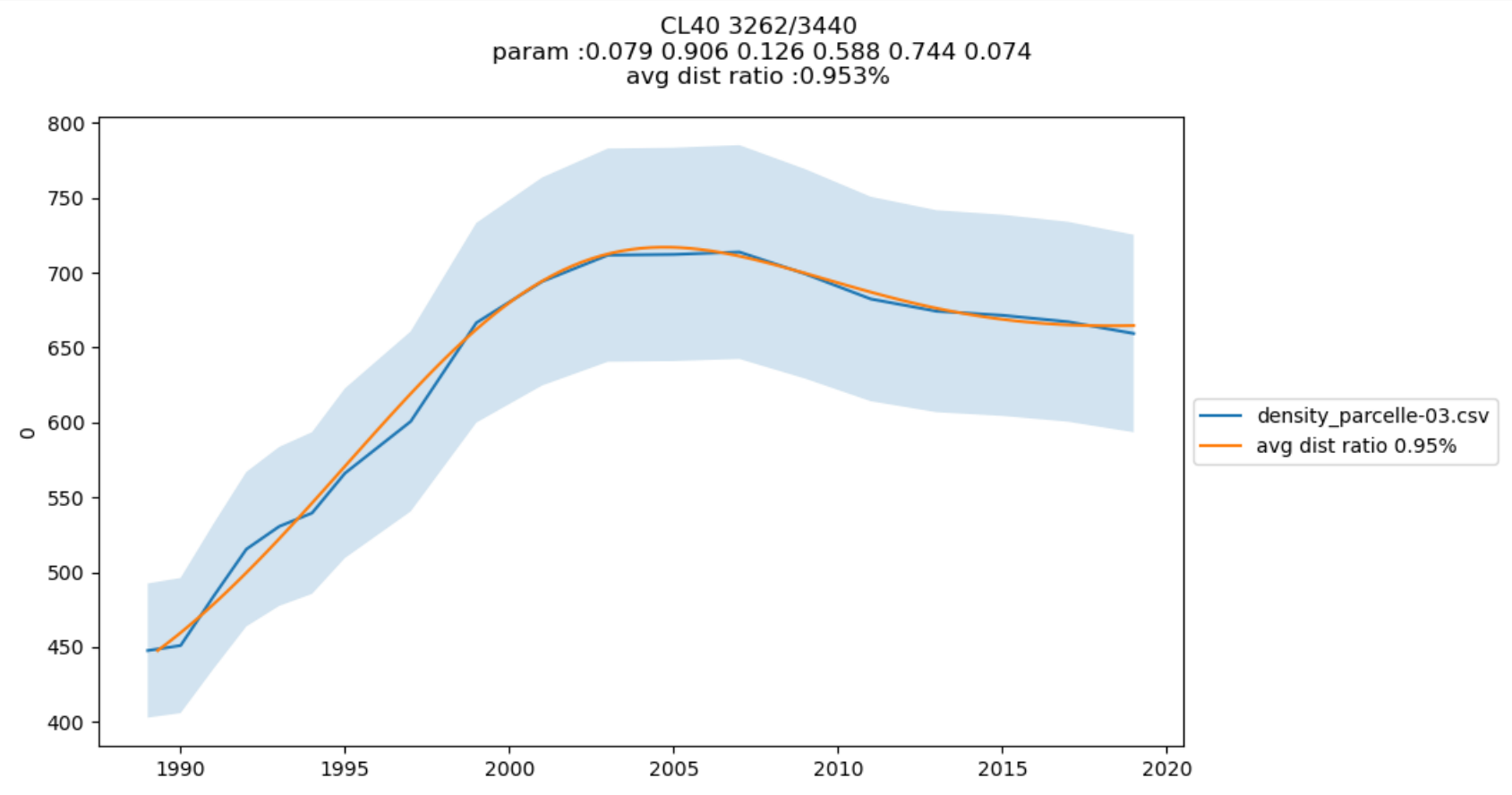
Petit prog C++ utilisant le modèle, les résultats et le tunnel pour générer du json

Demo visu résultats

- Parcelles individuelles
- Groupe de parcelles
- *Exploiter la biodiversité*

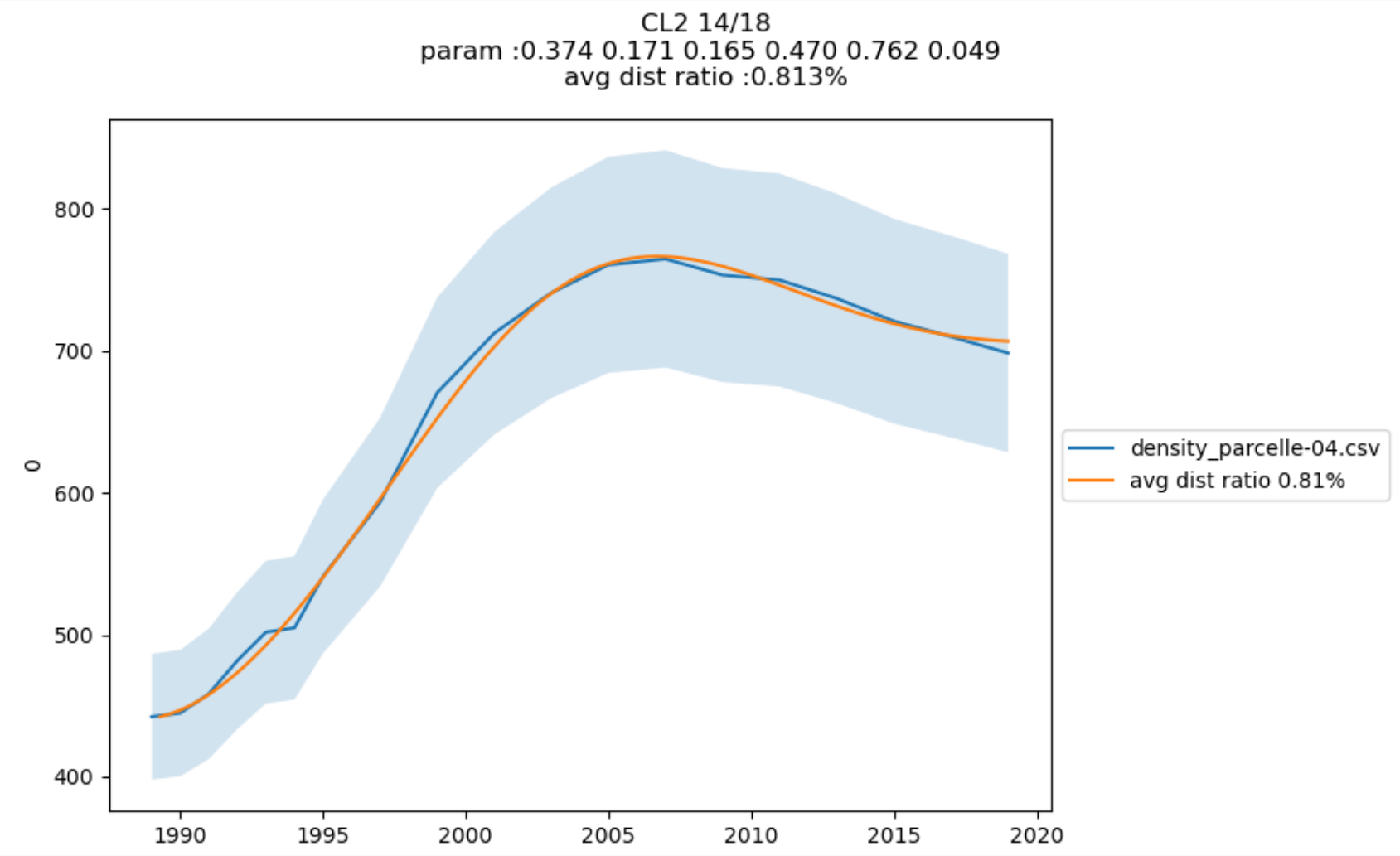
Visu résultats mono parcelle - Captures de la démo

Parcelles individuelles - Capture



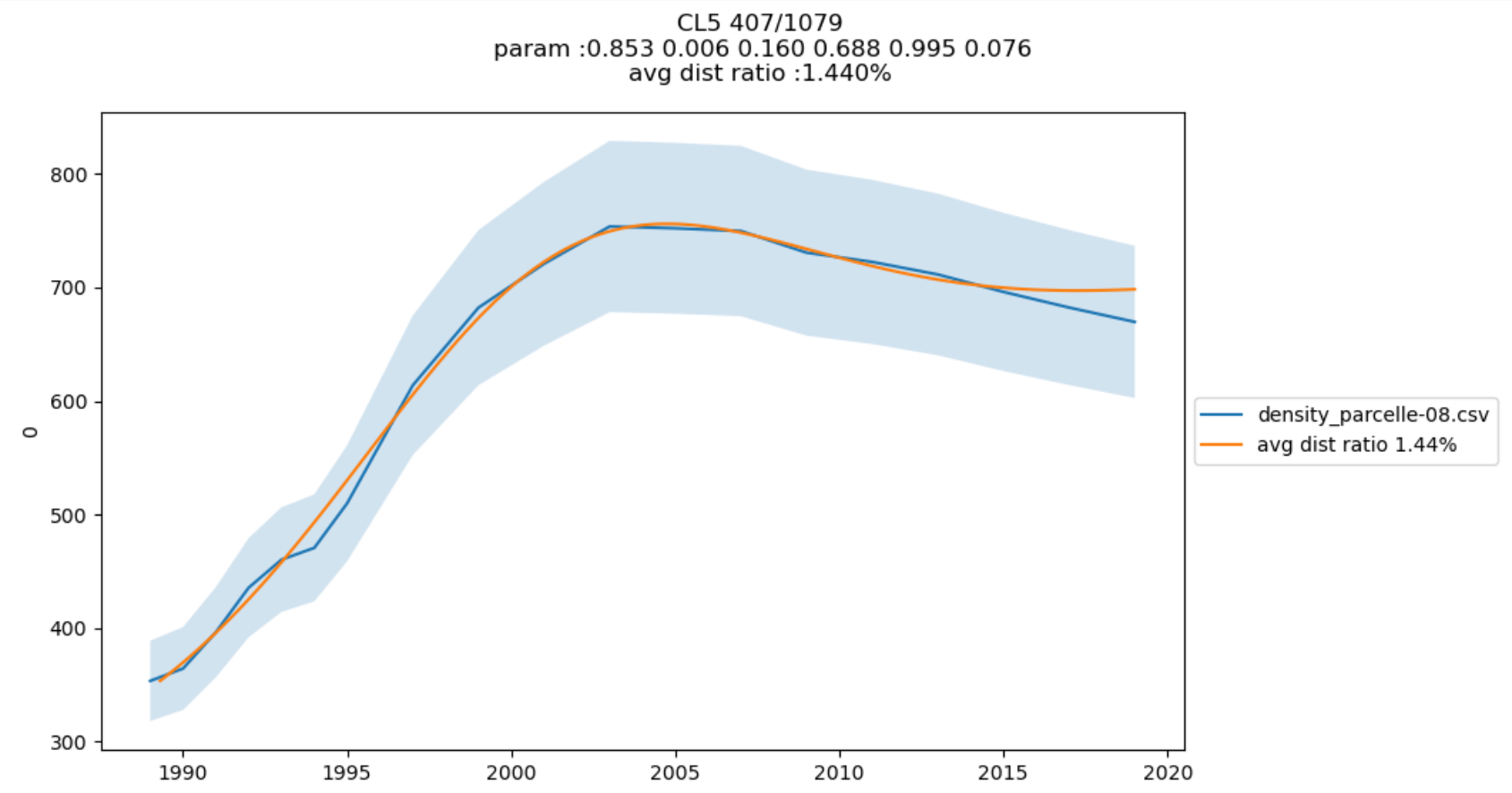
Visu résultats mono parcelle - Captures de la démo

Parcelles individuelles - Capture



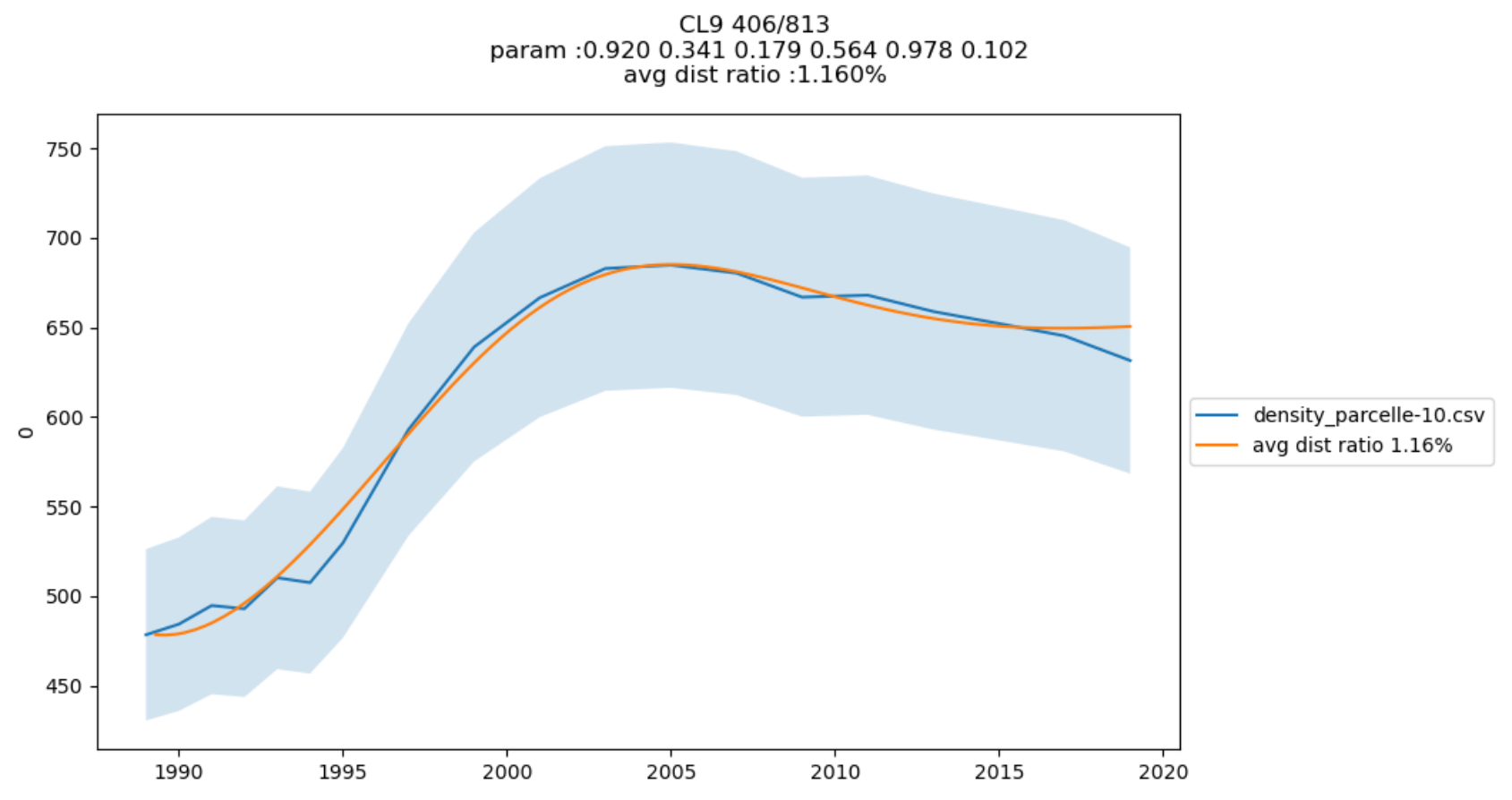
Visu résultats mono parcelle - Captures de la démo

Parcelles individuelles - Capture

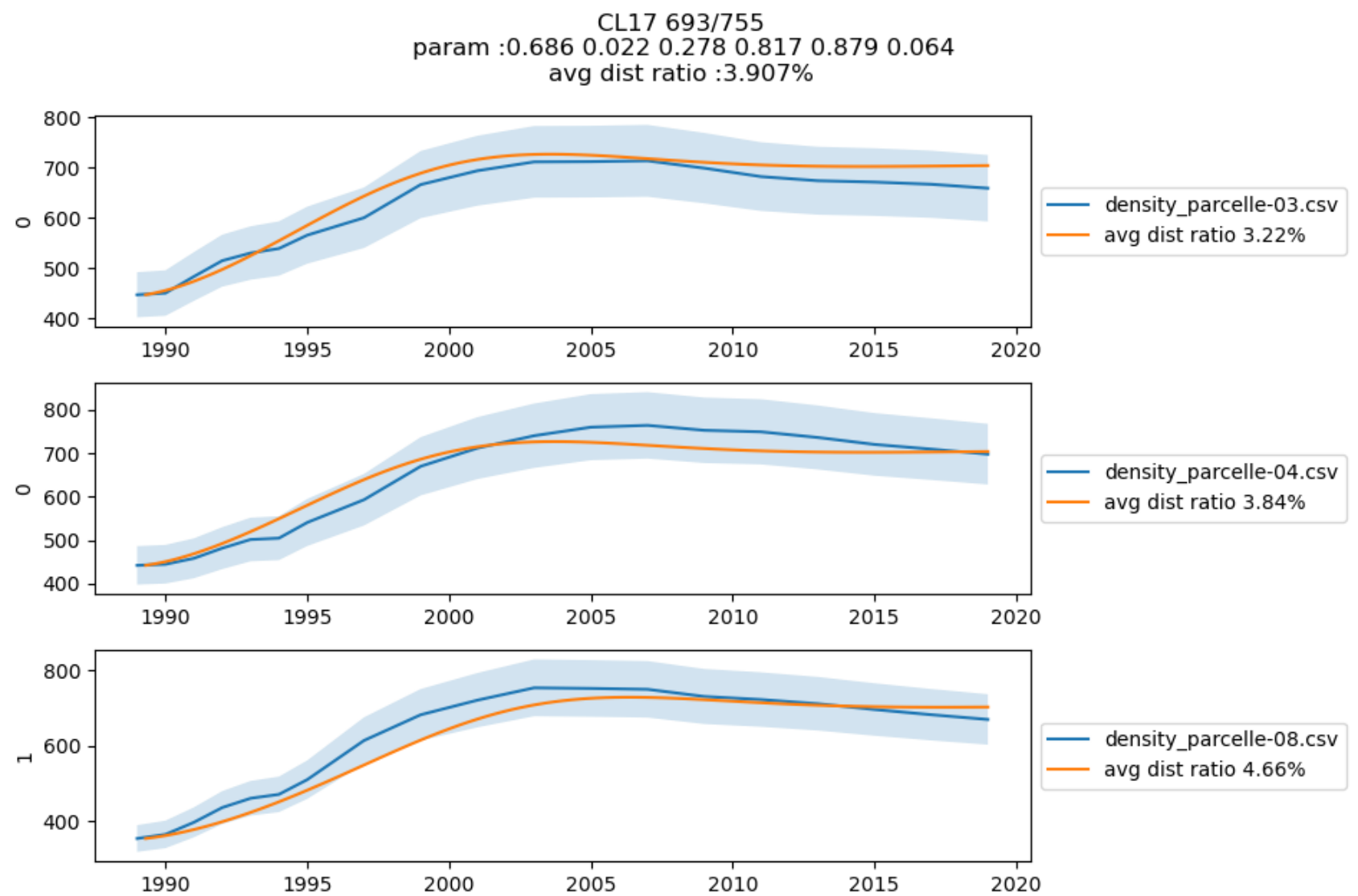


Visu résultats mono parcelle - Captures de la démo

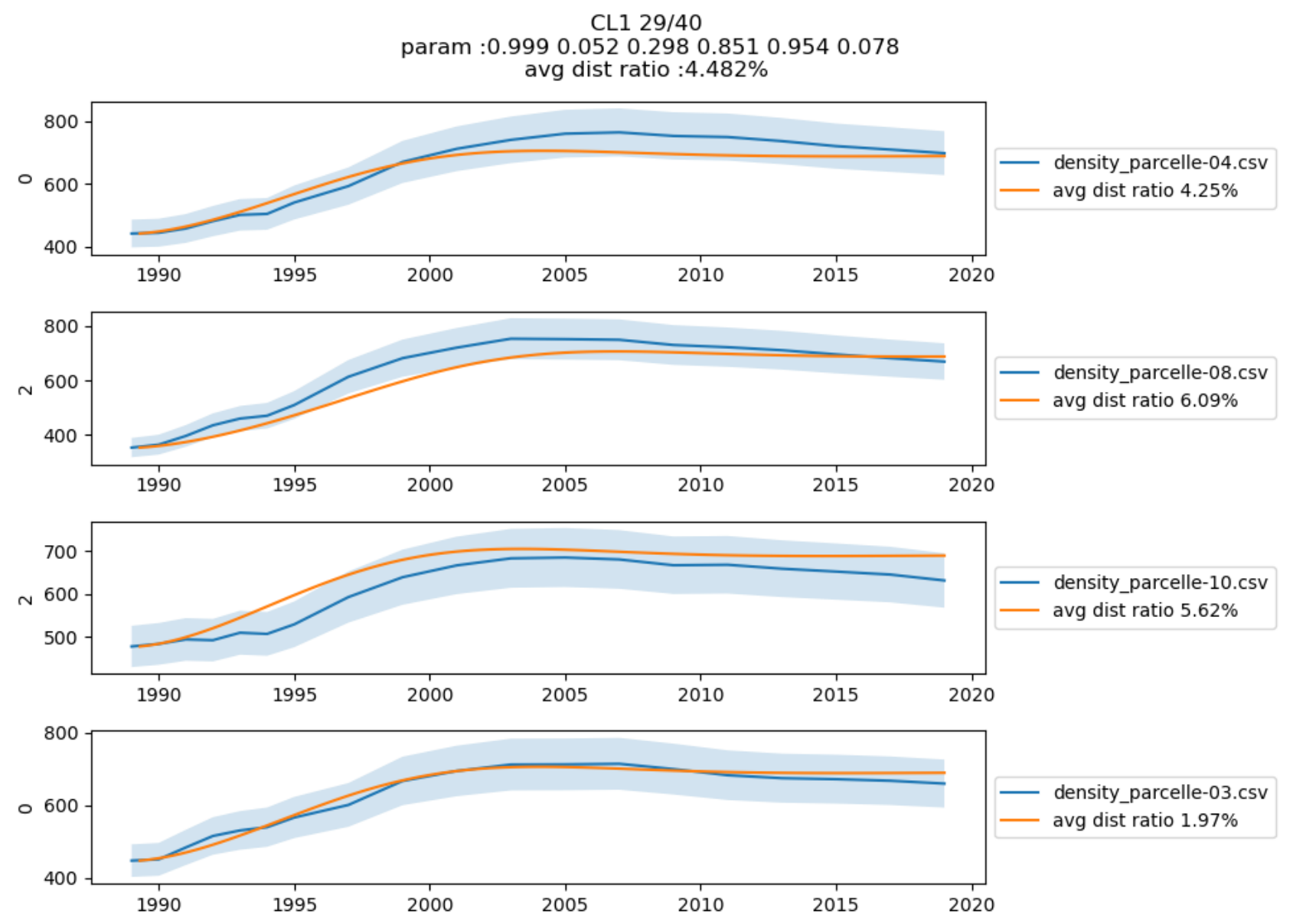
Parcelles individuelles - Capture



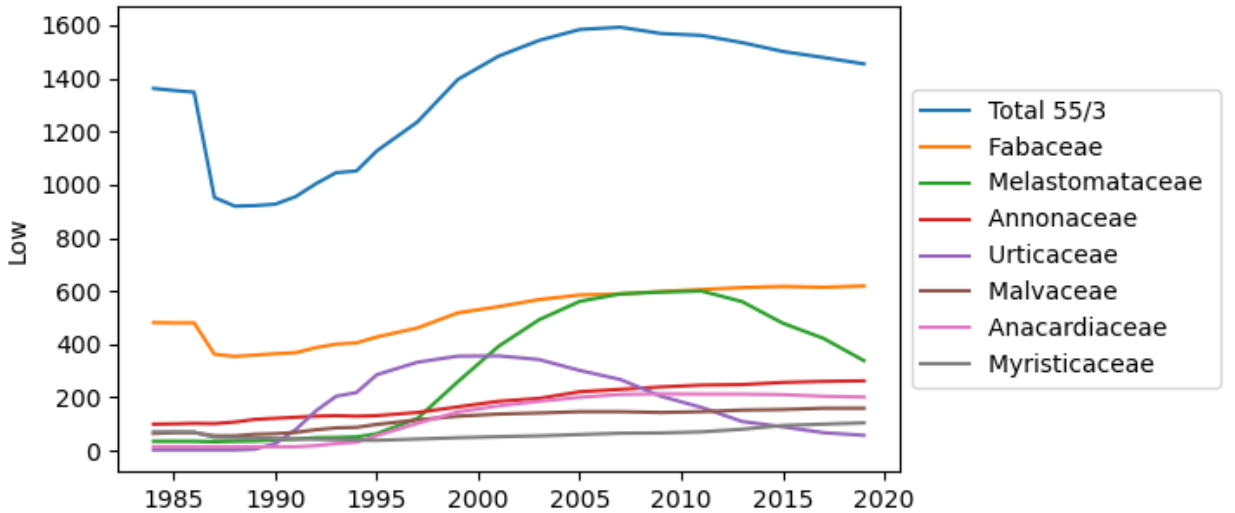
Visu résultats 3 parcelles - Captures de la démo

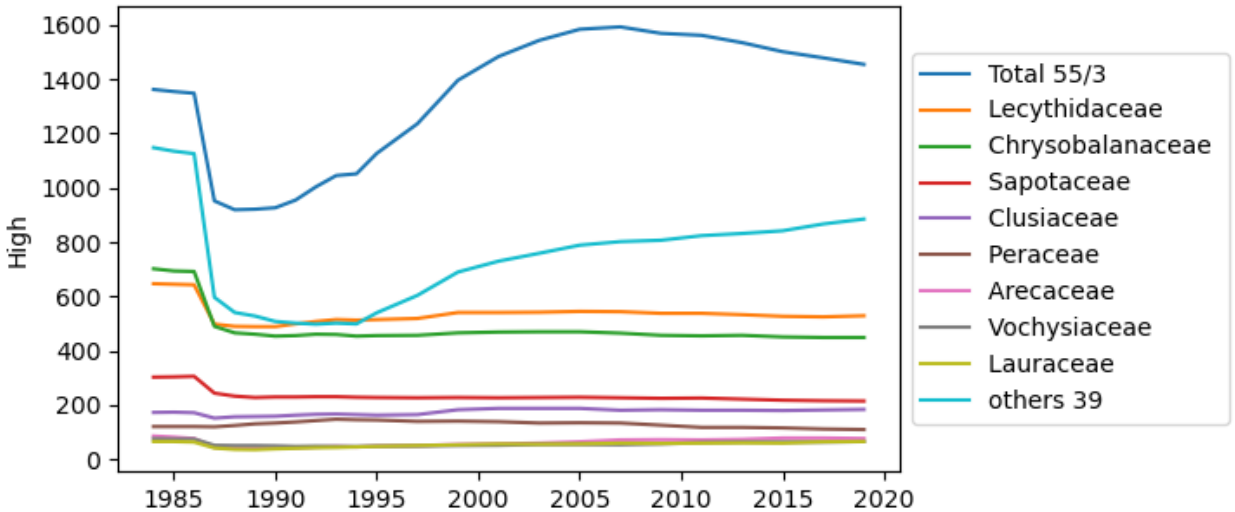


Visu résultats 4 parcelles - Captures de la démo



Exploration de la variabilité par famille : parcelle 4





TODO

- Refactor, plus de généricité, intégration d'outils (AMICI...)
- Exploiter la variabilité :

TODO

- Refactor, plus de généricité, intégration d'outils (AMICI...)
- Exploiter la variabilité :
  - analyse de sensibilité pour déterminer un découpage
  - a posteriori sur cellules intéressantes ?
  - durant le run : sur quel critère, à quel coût ? quasi aléatoire plus pertinent ?

TODO

- Refactor, plus de généricité, intégration d'outils (AMICI...)
- Exploiter la variabilité :
  - analyse de sensibilité pour déterminer un découpage
  - a posteriori sur cellules intéressantes ?
  - durant le run : sur quel critère, à quel coût ? quasi aléatoire plus pertinent ?
- Estimation du temps (run sans cut, allocation de budget temps)

TODO

- Refactor, plus de généricité, intégration d'outils (AMICI...)
- Exploiter la variabilité :
  - analyse de sensibilité pour déterminer un découpage
  - a posteriori sur cellules intéressantes ?
  - durant le run : sur quel critère, à quel coût ? quasi aléatoire plus pertinent ?
- Estimation du temps (run sans cut, allocation de budget temps)
- ajustements dynamiques (SPRT, stringence propriété ?: risqué)