



HAL
open science

Modèle de prévision statistique COVID-19 basé sur 10 jours d'observation

Patrick Giraudoux

► **To cite this version:**

Patrick Giraudoux. Modèle de prévision statistique COVID-19 basé sur 10 jours d'observation. [Rapport de recherche] Université de Franche-Comté Besançon; UMR 6249 Chrono-environnement. 2020. hal-02548924

HAL Id: hal-02548924

<https://hal.science/hal-02548924v1>

Submitted on 6 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

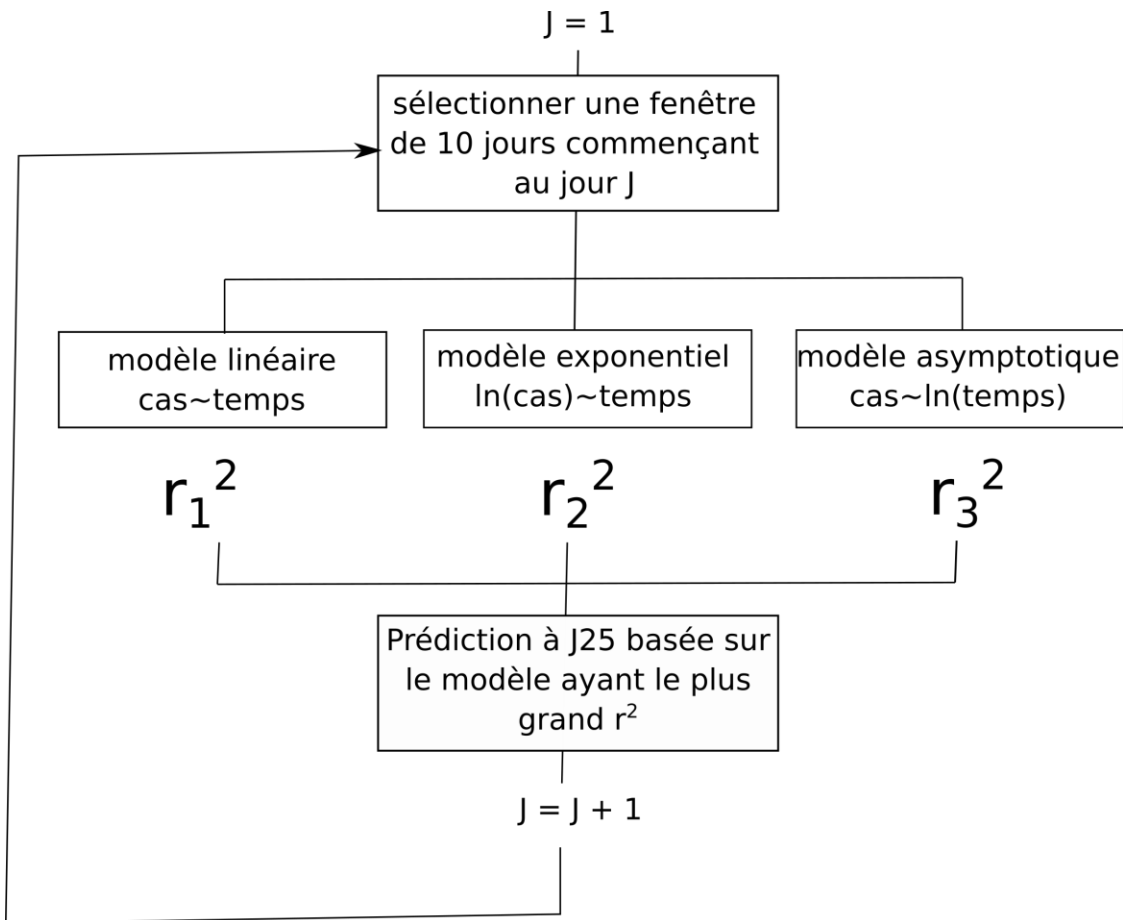
Prévision statistique à 7 jours COVID-19 basée sur les 10 derniers jours d'observation

Patrick Giraudoux

15 avril 2020 16:10

Principe du modèle

On calcule les paramètres d'un modèle linéaire ($cas = a + b \cdot temps$), d'un modèle exponentiel ($\ln(cas) = a + b \cdot temps$) et d'un modèle asymptotique ($cas = a + \ln(temps)$) sur les 10 derniers jours d'une série d'observation. On compare leurs r^2 et on utilise le meilleur modèle (celui qui a le plus grand r^2) pour prédire le nombre de cas au $J^{ième}$ jour après la fin de la série.



Pour la validation voir la section "Fiabilité du modèle de prédiction" page 5

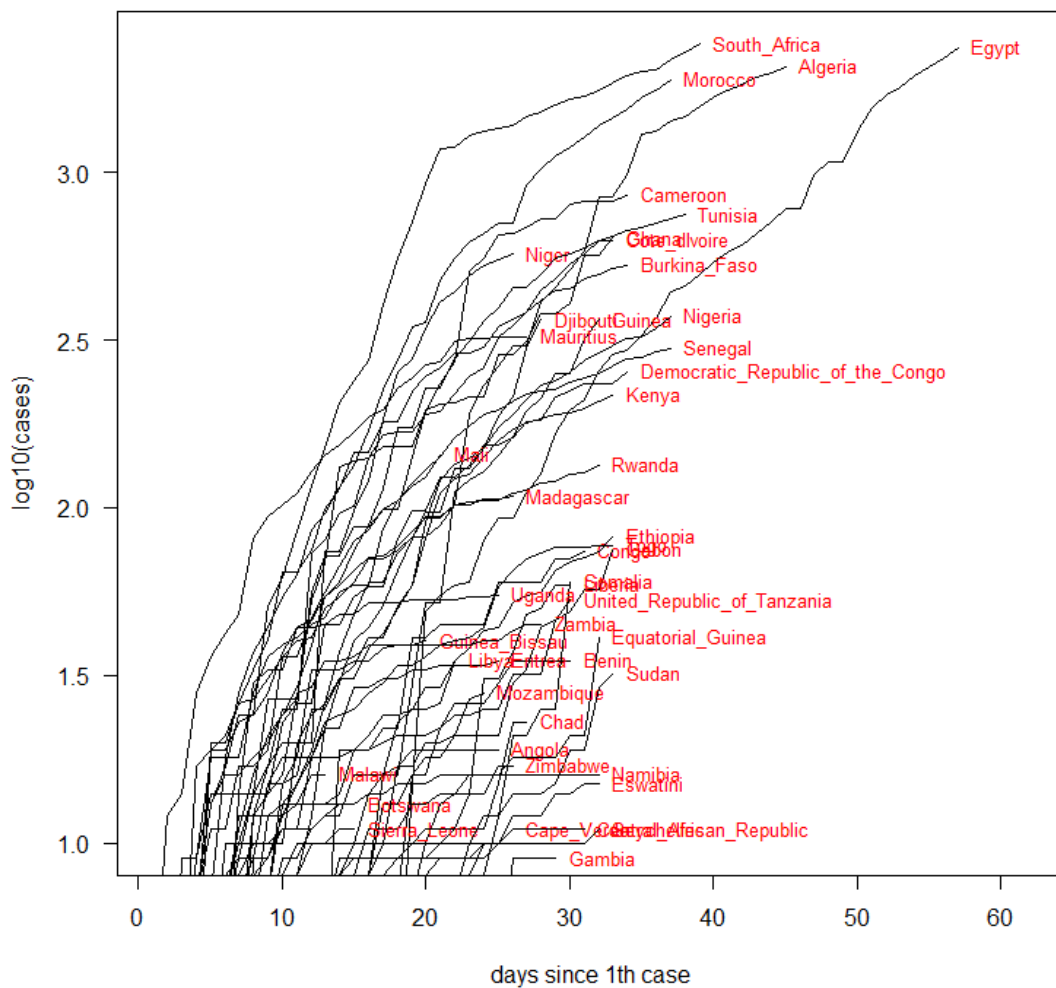
Origine des données

ECDC: <https://opendata.ecdc.europa.eu/covid19/casedistribution/csv>

Sélection des séries

Les prévisions sont faites sur les séries d'au moins 10 jours à partir du 1^{er} cas.

51 pays satisfont aux critères



Prévisions à 7 jours

Dernier jour de mesure: 2020-04-15

Prévisions pour le: 2020-04-22

| ## | country | casJ | pred7 | r2 | model | J7surJ |
|-------|----------------------------------|------|-------|------|-------|--------|
| ## 1 | Angola | 19 | 22 | 0.64 | asy | 1.2 |
| ## 2 | Algeria | 2070 | 2659 | 1.00 | lin | 1.3 |
| ## 3 | Benin | 35 | 46 | 0.86 | asy | 1.3 |
| ## 4 | Botswana | 13 | 18 | 0.76 | asy | 1.4 |
| ## 5 | Burkina_Faso | 528 | 649 | 0.99 | asy | 1.2 |
| ## 6 | Burundi | 5 | 7 | 0.69 | lin | 1.4 |
| ## 7 | Cameroon | 855 | 995 | 0.94 | asy | 1.2 |
| ## 8 | Cape_Verde | 11 | 15 | 0.72 | exp | 1.4 |
| ## 9 | Central_African_Republic | 11 | 13 | 0.76 | asy | 1.2 |
| ## 10 | Chad | 23 | 43 | 0.78 | exp | 1.9 |
| ## 11 | Congo | 74 | 92 | 0.89 | asy | 1.2 |
| ## 12 | Cote_dIvoire | 626 | 874 | 0.99 | asy | 1.4 |
| ## 13 | Democratic_Republic_of_the_Congo | 254 | 318 | 0.95 | asy | 1.3 |
| ## 14 | Djibouti | 363 | 1138 | 0.95 | exp | 3.1 |
| ## 15 | Egypt | 2350 | 3247 | 0.99 | asy | 1.4 |
| ## 16 | Equatorial_Guinea | 41 | 44 | 0.54 | exp | 1.1 |
| ## 17 | Eritrea | 35 | 38 | 0.87 | asy | 1.1 |
| ## 18 | Eswatini | 15 | 19 | 0.95 | asy | 1.3 |
| ## 19 | Ethiopia | 82 | 110 | 0.98 | lin | 1.3 |
| ## 20 | Gabon | 75 | 108 | 0.95 | lin | 1.4 |
| ## 21 | Gambia | 9 | 14 | 0.69 | lin | 1.6 |
| ## 22 | Ghana | 636 | 1410 | 0.95 | exp | 2.2 |
| ## 23 | Guinea | 363 | 834 | 0.99 | exp | 2.3 |
| ## 24 | Guinea_Bissau | 40 | 50 | 0.69 | asy | 1.2 |
| ## 25 | Kenya | 216 | 254 | 0.96 | asy | 1.2 |
| ## 26 | Liberia | 59 | 103 | 0.96 | lin | 1.7 |
| ## 27 | Libya | 35 | 48 | 0.87 | exp | 1.4 |
| ## 28 | Madagascar | 108 | 133 | 0.94 | asy | 1.2 |
| ## 29 | Malawi | 16 | 25 | 0.94 | lin | 1.6 |
| ## 30 | Mali | 144 | 384 | 0.95 | exp | 2.7 |
| ## 31 | Mauritania | 7 | 8 | 0.71 | asy | 1.1 |
| ## 32 | Mauritius | 324 | 401 | 0.86 | asy | 1.2 |
| ## 33 | Morocco | 1888 | 3024 | 1.00 | exp | 1.6 |
| ## 34 | Mozambique | 28 | 42 | 0.93 | lin | 1.5 |
| ## 35 | Namibia | 16 | NA | NA | <NA> | NA |
| ## 36 | Niger | 570 | 816 | 0.99 | asy | 1.4 |
| ## 37 | Nigeria | 373 | 528 | 0.98 | exp | 1.4 |
| ## 38 | Rwanda | 134 | 162 | 0.97 | exp | 1.2 |
| ## 39 | Senegal | 299 | 385 | 0.99 | exp | 1.3 |
| ## 40 | Seychelles | 11 | 11 | 0.18 | lin | 1.0 |
| ## 41 | Sierra_Leone | 11 | 20 | 0.93 | exp | 1.8 |
| ## 42 | Somalia | 60 | 205 | 0.90 | exp | 3.4 |
| ## 43 | South_Africa | 2415 | 3171 | 0.99 | exp | 1.3 |
| ## 44 | South_Sudan | 4 | 7 | 0.89 | lin | 1.8 |
| ## 45 | Sudan | 32 | 58 | 0.84 | exp | 1.8 |
| ## 46 | Togo | 77 | 100 | 0.74 | asy | 1.3 |
| ## 47 | Tunisia | 747 | 869 | 1.00 | asy | 1.2 |
| ## 48 | Uganda | 55 | 57 | 0.87 | exp | 1.0 |
| ## 49 | United_Republic_of_Tanzania | 53 | 85 | 0.84 | exp | 1.6 |

| | | | | | | |
|-------|----------|----|----|------|-----|-----|
| ## 50 | Zambia | 45 | 50 | 0.73 | exp | 1.1 |
| ## 51 | Zimbabwe | 17 | 29 | 0.93 | exp | 1.7 |

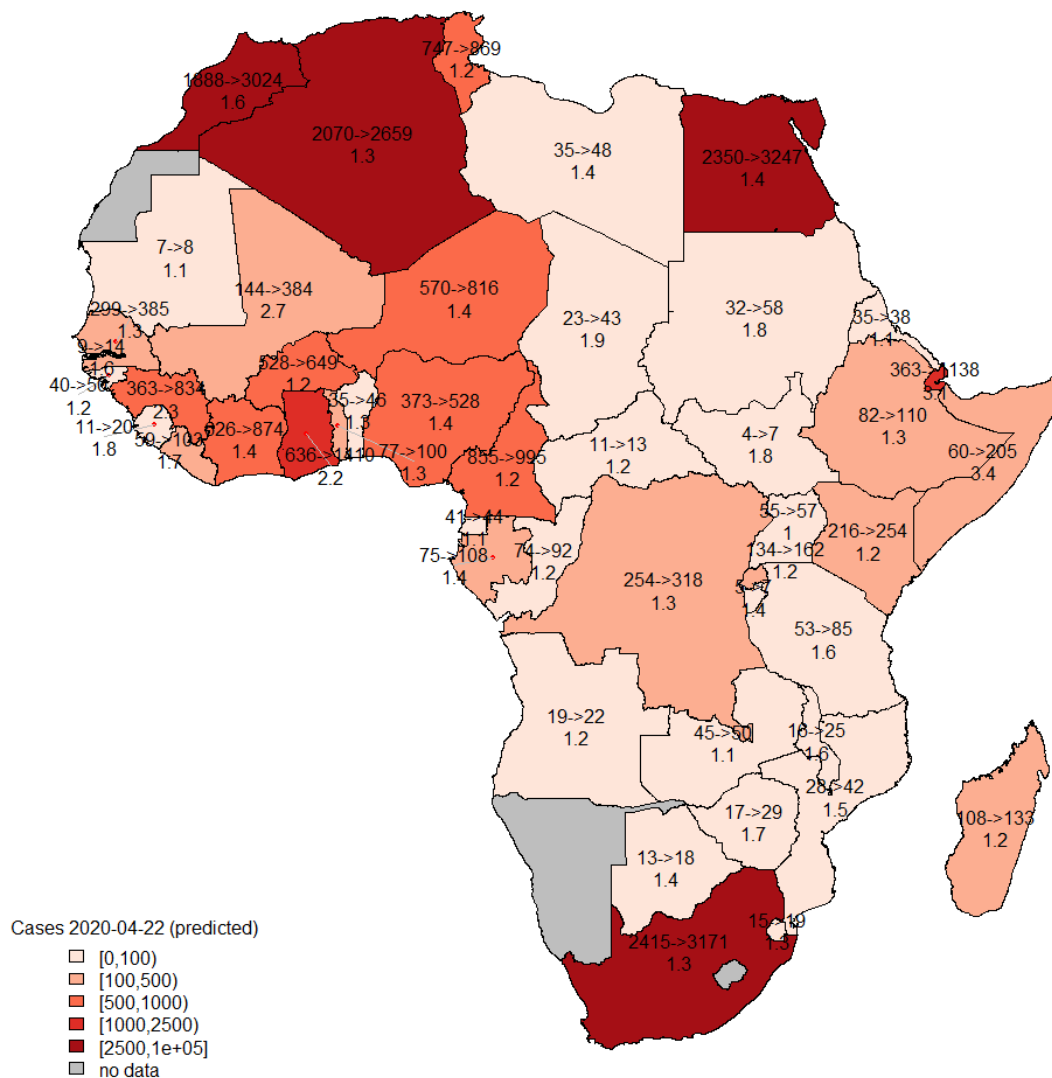
Les données sont disponibles dans le fichier '0resPred-2020-04-15.txt' du zip 'Previsions_2020-04-15.zip'

Graphes des dynamiques par pays

Les graphes des dynamiques par pays sont stockées dans le fichier 'Previsions_2020-04-15.zip'

Cartographie des prévisions

Les îles suivantes ne sont pas représentées sur la carte: Cape_Verde, Mauritius, Seychelles.



La carte est stockée dans le fichier 'Previsions_2020-04-15.zip'

Fiabilité du modèle de prédiction

Principe de validation

En se basant sur des séries connues de 25 jours au moins, on calcule les paramètres du modèle sur les 10 premiers jours (à partir de $j = 1$) et on prédit la valeur à $j+25$ (donc 15 jours après), puis on décale la fenêtre de 10 jours à $J+2$, et on prédit la valeur à $J+25$, etc. jusqu'à $j+16$. Cette dernière fenêtre, à sa limite supérieure, inclut le jour pour lequel la prédiction est calculée.

On observe alors les écarts entre les valeurs prédites et les valeurs observées au fur et à mesure des itérations.

Origine des données

ECDC: <https://opendata.ecdc.europa.eu/covid19/casedistribution/csv>

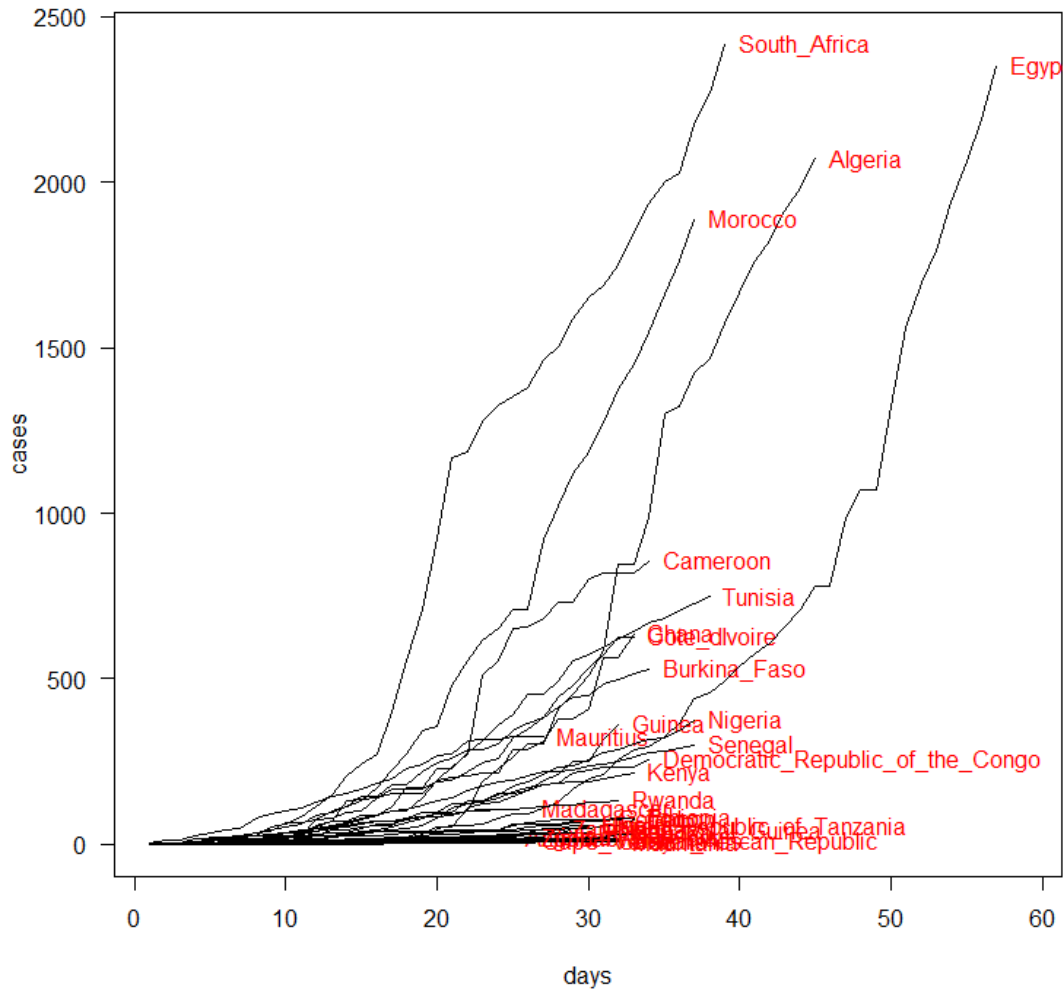
Sélection des séries

On bâtit un tableau calculant la longueur des séries à ce jour, à partir du premier cas, et on identifie les séries ≥ 25 jours.

```
##          country days
## 1          Angola  25
## 2          Algeria 40
## 3           Benin  27
## 5    Burkina_Faso  34
## 7          Cameroon 33
## 8         Cape_Verde 26
## 9    Central_African_Republic 25
## 10           Chad  25
## 11           Congo  28
## 12    Cote_dIvoire  32
## 13 Democratic_Republic_of_the_Congo 33
## 15           Egypt  41
## 16    Equatorial_Guinea  28
## 19           Ethiopia  31
## 20           Gabon  28
## 22           Ghana  33
## 23           Guinea  26
## 25           Kenya  31
## 26           Liberia  29
## 28    Madagascar  26
## 31    Mauritania  27
## 32           Mauritius  27
## 33           Morocco  36
```

| | | |
|-------|-----------------------------|----|
| ## 35 | Namibia | 32 |
| ## 37 | Nigeria | 33 |
| ## 38 | Rwanda | 31 |
| ## 39 | Senegal | 36 |
| ## 40 | Seychelles | 32 |
| ## 43 | South_Africa | 38 |
| ## 45 | Sudan | 28 |
| ## 46 | Togo | 26 |
| ## 47 | Tunisia | 37 |
| ## 49 | United_Republic_of_Tanzania | 28 |
| ## 50 | Zambia | 28 |
| ## 51 | Zimbabwe | 25 |

35 pays s'avèrent disponibles pour l'exercice



Le moins qu'on puisse constater c'est la diversité des modes de croissance d'un pays à l'autre, et que donc l'utilisation d'un modèle unique *a priori* pour la prédiction précise des cas à plus de quelques jours est voué à l'échec.

Calcul itératif

Le résultat des prédictions à J = 25 (J25, le 25ème jour) pour chaque fenêtre d'observation 1:10, 2:11, 16:25 est donné ci-dessous pour chaque pays, avec le r^2 et le type de modèle sélectionné à l'itération correspondante.

Ci-dessous le résultat des observations à J25

| | | |
|----|----------------------------------|--------------|
| ## | Angola | Algeria |
| ## | 19 | 2070 |
| ## | Benin | Burkina_Faso |
| ## | 35 | 528 |
| ## | Cameroon | Cape_Verde |
| ## | 855 | 11 |
| ## | Central_African_Republic | Chad |
| ## | 11 | 23 |
| ## | Congo | Cote_dIvoire |
| ## | 74 | 626 |
| ## | Democratic_Republic_of_the_Congo | Egypt |
| ## | 254 | 2350 |
| ## | Equatorial_Guinea | Ethiopia |
| ## | 41 | 82 |
| ## | Gabon | Ghana |
| ## | 75 | 636 |
| ## | Guinea | Kenya |
| ## | 363 | 216 |
| ## | Liberia | Madagascar |
| ## | 59 | 108 |
| ## | Mauritania | Mauritius |
| ## | 7 | 324 |
| ## | Morocco | Namibia |
| ## | 1888 | 16 |
| ## | Nigeria | Rwanda |
| ## | 373 | 134 |
| ## | Senegal | Seychelles |
| ## | 299 | 11 |
| ## | South_Africa | Sudan |
| ## | 2415 | 32 |
| ## | Togo | Tunisia |
| ## | 77 | 747 |
| ## | United_Republic_of_Tanzania | Zambia |
| ## | 53 | 45 |
| ## | Zimbabwe | |
| ## | 17 | |

On obtient alors les écarts au prédiction suivants:


```

##      Angola  Algeria  Benin  Burkina_Faso  Cameroon  Cape_Verde
## [1,]      47    -888    -27         1541      -563         -1
## [2,]      68    -822    -26         -14       821         -1
## [3,]      78   3078   -10          -3       409         -3
## [4,]      -1   3063     2           6       698         -3
## [5,]      -7   3308    19          -4      2326         -4
## [6,]      -6   4159    27         -20      3719         -2
## [7,]      15   4128    51          -4      5150         -1
## [8,]      17   3159    71          -6      4773         -2
## [9,]      14    346     8           0       407         -3
## [10,]     20     3     8           87       192         -3
## [11,]     21     13     7           82       171         -3
## [12,]      6     -9     8           68       152         -3
## [13,]      5     3     8           21       107         -3
## [14,]      4    -24     5           5        39         -2
## [15,]      2     -4     4           7        17         -2
## [16,]      1     5     2           3         5         -1
##      Central_African_Republic  Chad  Congo  Cote_dIvoire
## [1,]                0  40  -28         -181
## [2,]               -1  -8  -20         -193
## [3,]                7 -13  -17         -357
## [4,]                9 -13 1062         -244
## [5,]                7 -13   10         -339
## [6,]                6 -12   16         -237
## [7,]                2 -11   13         -233
## [8,]                2 -11   67         -70
## [9,]                0 -11   -9         -25
## [10,]               0 -11   -3          47
## [11,]               1  -9   -2         112
## [12,]               2  -9   -3         125
## [13,]               2 -11   -1         140
## [14,]               1  -8    2         118
## [15,]               1  -5   -1          33
## [16,]               0  -3    0          25
##      Democratic_Republic_of_the_Congo  Egypt  Equatorial_Guinea  Ethiopia
Gabon
## [1,]                741 -1163         -11     -12
## [2,]                629 -1134         -22      2
## [3,]                591 -1121         -22     34
## [4,]                341 -1090         -22     45
## [5,]                 -3  -636         -23     55
## [6,]                 10  -395         -23    -17
## [7,]                 10  -237         -23    -13

```

| | | | | | | | | | | |
|----------|---------|---------|--------|---------|------------|--------------|-----------|---------|-----|-----|
| ## [8,] | | | | | -39 | -236 | | | -23 | -11 |
| -43 | | | | | | | | | | |
| ## [9,] | | | | | -4 | -21 | | | -24 | -7 |
| -39 | | | | | | | | | | |
| ## [10,] | | | | | -9 | 279 | | | -22 | 19 |
| -32 | | | | | | | | | | |
| ## [11,] | | | | | 4 | 462 | | | -22 | -6 |
| -17 | | | | | | | | | | |
| ## [12,] | | | | | 36 | 500 | | | -21 | 12 |
| -10 | | | | | | | | | | |
| ## [13,] | | | | | 39 | 467 | | | -22 | -1 |
| -5 | | | | | | | | | | |
| ## [14,] | | | | | 26 | 24 | | | -21 | -2 |
| -2 | | | | | | | | | | |
| ## [15,] | | | | | -2 | 10 | | | -20 | -2 |
| -11 | | | | | | | | | | |
| ## [16,] | | | | | 1 | -23 | | | -14 | -2 |
| -7 | | | | | | | | | | |
| ## | Ghana | Guinea | Kenya | Liberia | Madagascar | Mauritania | Mauritius | Morocco | | |
| ## [1,] | -195 | -38 | -104 | -56 | -6 | 27 | -5 | 9762 | | |
| ## [2,] | -396 | 66 | 240 | -56 | -4 | 30 | 3 | 8206 | | |
| ## [3,] | -371 | 321 | 305 | -53 | 200 | 26 | 10 | -437 | | |
| ## [4,] | -365 | 685 | 391 | -49 | 219 | 1 | 14 | -418 | | |
| ## [5,] | -369 | 1227 | 596 | -48 | 14 | 1 | 13 | -477 | | |
| ## [6,] | -245 | 2492 | 599 | -29 | 19 | 1 | 2 | -388 | | |
| ## [7,] | -256 | 3175 | 606 | -8 | -8 | 1 | 215 | 985 | | |
| ## [8,] | -190 | 2363 | 57 | 9 | -6 | 1 | 210 | 876 | | |
| ## [9,] | -167 | 1700 | 64 | 11 | 12 | 0 | 200 | 537 | | |
| ## [10,] | -140 | -90 | 22 | 40 | 14 | 0 | 159 | 454 | | |
| ## [11,] | -99 | -75 | 20 | 42 | 13 | 0 | 158 | -73 | | |
| ## [12,] | -114 | -72 | 12 | 30 | 13 | 0 | 74 | -47 | | |
| ## [13,] | -96 | -63 | 4 | 38 | 11 | 0 | 44 | -147 | | |
| ## [14,] | -22 | -65 | 1 | 31 | 6 | 0 | 40 | -110 | | |
| ## [15,] | -5 | -23 | 0 | 3 | 5 | 0 | 30 | -54 | | |
| ## [16,] | 0 | -12 | -2 | 3 | 4 | 0 | 18 | 6 | | |
| ## | Namibia | Nigeria | Rwanda | Senegal | Seychelles | South_Africa | Sudan | Togo | | |
| Tunisia | | | | | | | | | | |
| ## [1,] | 156 | 1805 | 30 | 23 | 1 | 1087 | 5 | 61 | | |
| -17 | | | | | | | | | | |
| ## [2,] | 11 | 1152 | 24 | 460 | 5 | -443 | 15 | -12 | | |
| 37 | | | | | | | | | | |
| ## [3,] | 12 | 856 | 16 | 400 | 7 | -389 | 13 | -13 | | |
| 70 | | | | | | | | | | |
| ## [4,] | 3 | -36 | 13 | 52 | 9 | -408 | -18 | -12 | | |
| 111 | | | | | | | | | | |
| ## [5,] | 3 | -21 | -21 | 52 | 8 | -475 | -22 | -14 | | |
| 1095 | | | | | | | | | | |
| ## [6,] | 6 | -10 | 72 | 52 | 2 | -545 | -17 | -26 | | |
| 121 | | | | | | | | | | |
| ## [7,] | 3 | 309 | 62 | -15 | 2 | -107 | 0 | -24 | | |

```

132
## [8,]      4      5     45    -16      1    -118    -6     8
141
## [9,]      5      7     28    -18      0   -160    -3    20
2
## [10,]     3      4     -4    -21     -1   -123    -5    30
9
## [11,]     3    -29     -5    -22     -1    -78   -12    39
7
## [12,]     2    -25     -5     -6     -1    -65   -14    39
9
## [13,]     1     -5     -5      6     -1  -105   -12    19
4
## [14,]     1    -23     -3      2     -1   -88   -12    12
7
## [15,]     0    -22     -4      2     -1   -77    -7     9
0
## [16,]     0     -5     -2      3     -1   -48    -5     6
-3
##      United_Republic_of_Tanzania  Zambia  Zimbabwe
## [1,]                -34    8618      90
## [2,]                -18     50    105
## [3,]                -10     50     2
## [4,]                 -4     16    -5
## [5,]                -18     14    -4
## [6,]                -25     12    -5
## [7,]                -25      8    -6
## [8,]                -24      2    -7
## [9,]                -25      0    -6
## [10,]               -23     -3    -4
## [11,]               -23     -4    -4
## [12,]               -20     -5    -4
## [13,]               -18     -5    -3
## [14,]               -17     -4    -2
## [15,]               -12     -2    -1
## [16,]                -8     -1     0

```

Et si on raisonne en marge d'erreur (valeur absolue prédite/valeur observée)

```

##      Angola  Algeria  Benin  Burkina_Faso  Cameroon  Cape_Verde
## [1,]      3.5      0.6      0.2      3.9      0.3      0.9
## [2,]      4.6      0.6      0.3      1.0      2.0      0.9
## [3,]      5.1      2.5      0.7      1.0      1.5      0.7
## [4,]      0.9      2.5      1.1      1.0      1.8      0.7
## [5,]      0.6      2.6      1.5      1.0      3.7      0.6
## [6,]      0.7      3.0      1.8      1.0      5.3      0.8
## [7,]      1.8      3.0      2.5      1.0      7.0      0.9
## [8,]      1.9      2.5      3.0      1.0      6.6      0.8
## [9,]      1.7      1.2      1.2      1.0      1.5      0.7
## [10,]     2.1      1.0      1.2      1.2      1.2      0.7

```

| | | | | | | | |
|----------|---|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| ## [11,] | 2.1 | 1.0 | 1.2 | | 1.2 | 1.2 | 0.7 |
| ## [12,] | 1.3 | 1.0 | 1.2 | | 1.1 | 1.2 | 0.7 |
| ## [13,] | 1.3 | 1.0 | 1.2 | | 1.0 | 1.1 | 0.7 |
| ## [14,] | 1.2 | 1.0 | 1.1 | | 1.0 | 1.0 | 0.8 |
| ## [15,] | 1.1 | 1.0 | 1.1 | | 1.0 | 1.0 | 0.8 |
| ## [16,] | 1.1 | 1.0 | 1.1 | | 1.0 | 1.0 | 0.9 |
| ## | Central_African_Republic Chad Congo Cote_dIvoire | | | | | | |
| ## [1,] | | | 1.0 | 2.7 | 0.6 | | 0.7 |
| ## [2,] | | | 0.9 | 0.7 | 0.7 | | 0.7 |
| ## [3,] | | | 1.6 | 0.4 | 0.8 | | 0.4 |
| ## [4,] | | | 1.8 | 0.4 | 15.4 | | 0.6 |
| ## [5,] | | | 1.6 | 0.4 | 1.1 | | 0.5 |
| ## [6,] | | | 1.5 | 0.5 | 1.2 | | 0.6 |
| ## [7,] | | | 1.2 | 0.5 | 1.2 | | 0.6 |
| ## [8,] | | | 1.2 | 0.5 | 1.9 | | 0.9 |
| ## [9,] | | | 1.0 | 0.5 | 0.9 | | 1.0 |
| ## [10,] | | | 1.0 | 0.5 | 1.0 | | 1.1 |
| ## [11,] | | | 1.1 | 0.6 | 1.0 | | 1.2 |
| ## [12,] | | | 1.2 | 0.6 | 1.0 | | 1.2 |
| ## [13,] | | | 1.2 | 0.5 | 1.0 | | 1.2 |
| ## [14,] | | | 1.1 | 0.7 | 1.0 | | 1.2 |
| ## [15,] | | | 1.1 | 0.8 | 1.0 | | 1.1 |
| ## [16,] | | | 1.0 | 0.9 | 1.0 | | 1.0 |
| ## | Democratic_Republic_of_the_Congo Egypt Equatorial_Guinea Ethiopia | | | | | | |
| ## | Gabon | | | | | | |
| ## [1,] | | | | 3.9 | 0.5 | | 0.7 |
| 0.1 | | | | | | | 0.9 |
| ## [2,] | | | | 3.5 | 0.5 | | 0.5 |
| 0.3 | | | | | | | 1.0 |
| ## [3,] | | | | 3.3 | 0.5 | | 0.5 |
| 0.7 | | | | | | | 1.4 |
| ## [4,] | | | | 2.3 | 0.5 | | 0.5 |
| 1.0 | | | | | | | 1.5 |
| ## [5,] | | | | 1.0 | 0.7 | | 0.4 |
| 1.4 | | | | | | | 1.7 |
| ## [6,] | | | | 1.0 | 0.8 | | 0.4 |
| 0.5 | | | | | | | 0.8 |
| ## [7,] | | | | 1.0 | 0.9 | | 0.4 |
| 0.5 | | | | | | | 0.8 |
| ## [8,] | | | | 0.8 | 0.9 | | 0.4 |
| 0.4 | | | | | | | 0.9 |
| ## [9,] | | | | 1.0 | 1.0 | | 0.4 |
| 0.5 | | | | | | | 0.9 |
| ## [10,] | | | | 1.0 | 1.1 | | 0.5 |
| 0.6 | | | | | | | 1.2 |
| ## [11,] | | | | 1.0 | 1.2 | | 0.5 |
| 0.8 | | | | | | | 0.9 |
| ## [12,] | | | | 1.1 | 1.2 | | 0.5 |
| 0.9 | | | | | | | 1.1 |
| ## [13,] | | | | 1.2 | 1.2 | | 0.5 |
| | | | | | | | 1.0 |

```

0.9
## [14,]          1.1  1.0          0.5  1.0
1.0
## [15,]          1.0  1.0          0.5  1.0
0.9
## [16,]          1.0  1.0          0.7  1.0
0.9
##          Ghana Guinea Kenya Liberia Madagascar Mauritania Mauritius Morocco
## [1,]      0.7  0.9  0.5  0.1  0.9  4.9  1.0  6.2
## [2,]      0.4  1.2  2.1  0.1  1.0  5.3  1.0  5.3
## [3,]      0.4  1.9  2.4  0.1  2.9  4.7  1.0  0.8
## [4,]      0.4  2.9  2.8  0.2  3.0  1.1  1.0  0.8
## [5,]      0.4  4.4  3.8  0.2  1.1  1.1  1.0  0.7
## [6,]      0.6  7.9  3.8  0.5  1.2  1.1  1.0  0.8
## [7,]      0.6  9.7  3.8  0.9  0.9  1.1  1.7  1.5
## [8,]      0.7  7.5  1.3  1.2  0.9  1.1  1.6  1.5
## [9,]      0.7  5.7  1.3  1.2  1.1  1.0  1.6  1.3
## [10,]     0.8  0.8  1.1  1.7  1.1  1.0  1.5  1.2
## [11,]     0.8  0.8  1.1  1.7  1.1  1.0  1.5  1.0
## [12,]     0.8  0.8  1.1  1.5  1.1  1.0  1.2  1.0
## [13,]     0.8  0.8  1.0  1.6  1.1  1.0  1.1  0.9
## [14,]     1.0  0.8  1.0  1.5  1.1  1.0  1.1  0.9
## [15,]     1.0  0.9  1.0  1.1  1.0  1.0  1.1  1.0
## [16,]     1.0  1.0  1.0  1.1  1.0  1.0  1.1  1.0
##          Namibia Nigeria Rwanda Senegal Seychelles South_Africa Sudan Togo
Tunisia
## [1,]     10.8  5.8  1.2  1.1  1.1  1.5  1.2  1.8
1.0
## [2,]      1.7  4.1  1.2  2.5  1.5  0.8  1.5  0.8
1.0
## [3,]      1.8  3.3  1.1  2.3  1.6  0.8  1.4  0.8
1.1
## [4,]      1.2  0.9  1.1  1.2  1.8  0.8  0.4  0.8
1.1
## [5,]      1.2  0.9  0.8  1.2  1.7  0.8  0.3  0.8
2.5
## [6,]      1.4  1.0  1.5  1.2  1.2  0.8  0.5  0.7
1.2
## [7,]      1.2  1.8  1.5  0.9  1.2  1.0  1.0  0.7
1.2
## [8,]      1.2  1.0  1.3  0.9  1.1  1.0  0.8  1.1
1.2
## [9,]      1.3  1.0  1.2  0.9  1.0  0.9  0.9  1.3
1.0
## [10,]     1.2  1.0  1.0  0.9  0.9  0.9  0.8  1.4
1.0
## [11,]     1.2  0.9  1.0  0.9  0.9  1.0  0.6  1.5
1.0
## [12,]     1.1  0.9  1.0  1.0  0.9  1.0  0.6  1.5
1.0

```

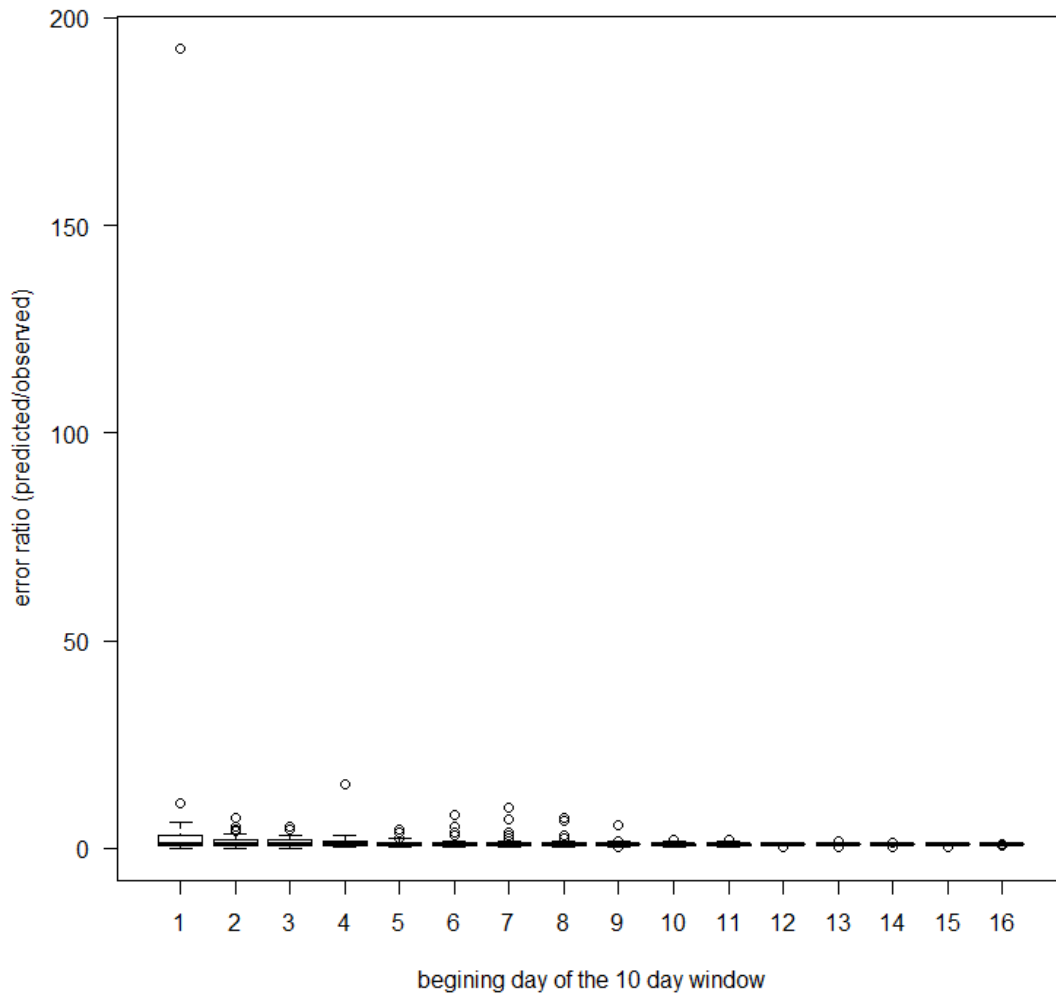
```

## [13,] 1.1 1.0 1.0 1.0 0.9 1.0 0.6 1.2
1.0
## [14,] 1.1 0.9 1.0 1.0 0.9 1.0 0.6 1.2
1.0
## [15,] 1.0 0.9 1.0 1.0 0.9 1.0 0.8 1.1
1.0
## [16,] 1.0 1.0 1.0 1.0 0.9 1.0 0.8 1.1
1.0
## United_Republic_of_Tanzania Zambia Zimbabwe
## [1,] 0.4 192.5 6.3
## [2,] 0.7 2.1 7.2
## [3,] 0.8 2.1 1.1
## [4,] 0.9 1.4 0.7
## [5,] 0.7 1.3 0.8
## [6,] 0.5 1.3 0.7
## [7,] 0.5 1.2 0.6
## [8,] 0.5 1.0 0.6
## [9,] 0.5 1.0 0.6
## [10,] 0.6 0.9 0.8
## [11,] 0.6 0.9 0.8
## [12,] 0.6 0.9 0.8
## [13,] 0.7 0.9 0.8
## [14,] 0.7 0.9 0.9
## [15,] 0.8 1.0 0.9
## [16,] 0.8 1.0 1.0

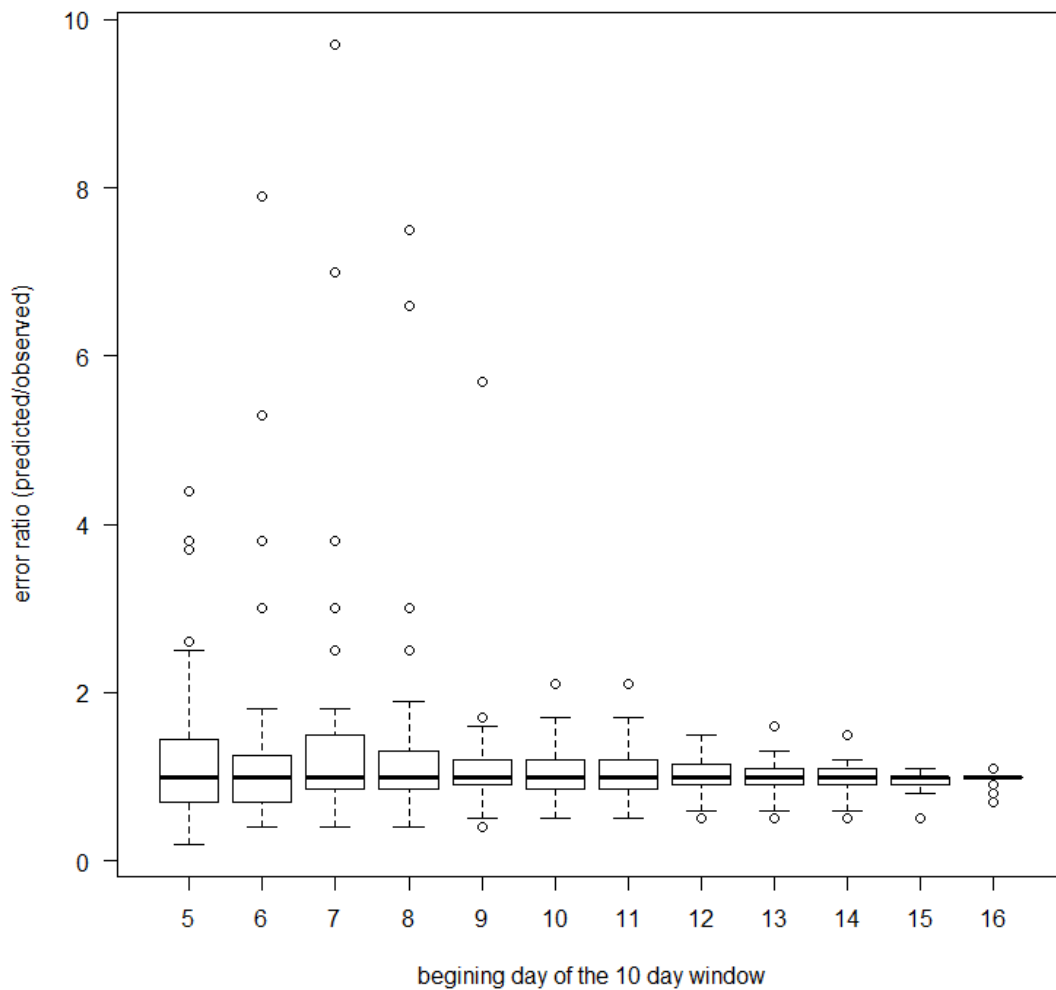
```

On peut voir que les prédictions à 15 jours, sont complètement farfelues, que celles à 10 jours produisent des prédictions hasardeuses.

On peut matérialiser ça graphiquement:

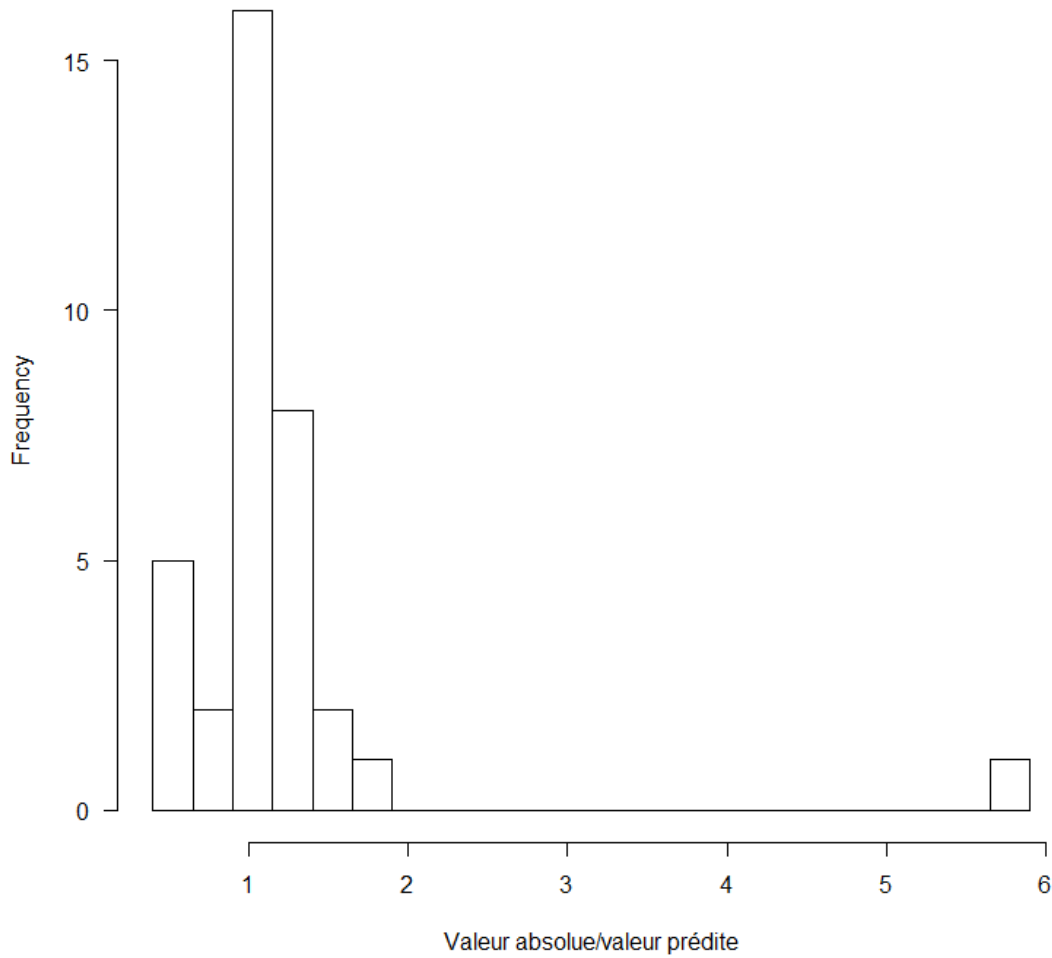


... et si on s'arrange pour ne pas représenter les valeurs des 4 premières fenêtres, qui "compriment" la suite:



On pourrait donc en conclure qu’une estimation à J+5 serait “en moyenne” assez correcte (ratio d’erreur proche de 1), mais avec des possibilités d’erreurs qui restent importantes (0.5, 2.1). A J+7 on est pas à l’abri de grosses erreurs (0.4, 5.7) .

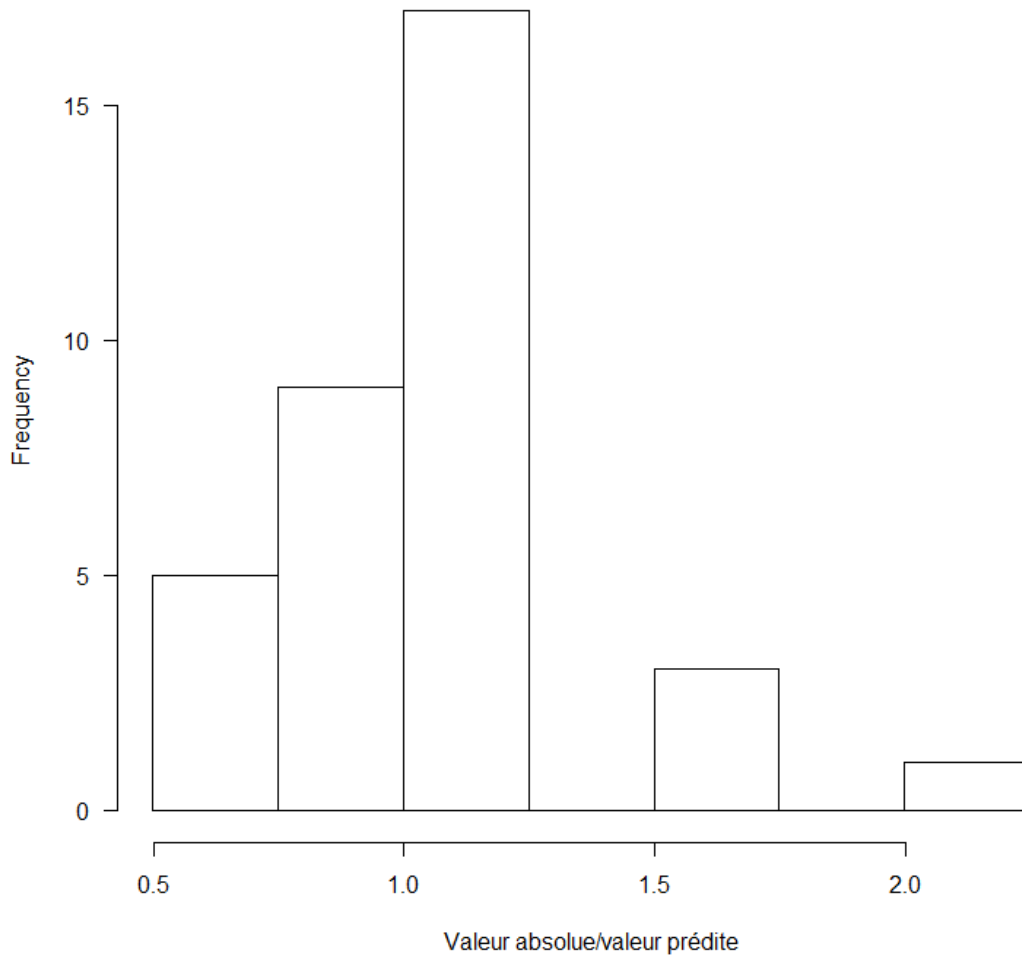
Biais de prédiction à 7 jours



```
## c17
## (0.4,0.8] (0.8,1.2] (1.2,2] (2,5.7]
## 6 20 7 1
```

Ici on voit que pour les prévisions à 7 jours on a 59% de chance d'avoir une erreur inférieure à $\pm 20\%$.

Biais de prédiction à 5 jours



```
## c15
## (0.5,0.8] (0.8,1.2] (1.2,2] (2,2.1]
##      8      22      3      1
```

Ici on voit que pour les prévisions à 5 jours ont a 65% de chance d'avoir une erreur inférieure à $\pm 20\%$.

Ce que nous indique finalement ces tableaux et ce graphe c'est que, dans la phase de croissance épidémique:

- les estimations de J+15 à J+10 sont farfelues
- les estimations de J+11 à J+6 sont encore assez aléatoires
- les estimations de J+5 à J+1 laissent place encore à des erreurs (qui peuvent être imputées parfois à des changements de dynamique épidémique; ex. confinement en Afrique du Sud)

Conclusion

- les dynamiques épidémiques sont très variables d'un pays à l'autre et varient aussi au cours du temps, et de ce fait, ne peuvent être décrites par un modèle unique; chaque tentative de prédiction est dépendante du type de dynamique observé, du stade dans lequel on est dans la dynamique et d'éventuels changement de dynamiques:
- les prédictions > 10 jours sont impossibles
- les prédictions à 10 jours sont possibles, mais avec de gros risques d'erreur.
- les prédictions les moins incorrectes sont obtenues à 1-5 jours

Les prédictions les plus fiables seront certainement faites en terme d'interprétation raisonnée, en combinant cette approche de modélisation (indicative) et l'observation visuelle des courbes. Aucun modèle, à l'heure actuelle ne peut *a priori* rendre compte sans risque de la diversité des situations sur un terme dépassant 5 jours. Bien sûr, de nombreux modèles s'ajustant au mieux aux données pourront être produits quand les séries seront complètes. Mais on sera alors là hélas dans une position purement académique et d'école post-crise, qui n'est pas celle requise par la demande opérationnelle du présent.