

## IV.1. INTRODUCTION

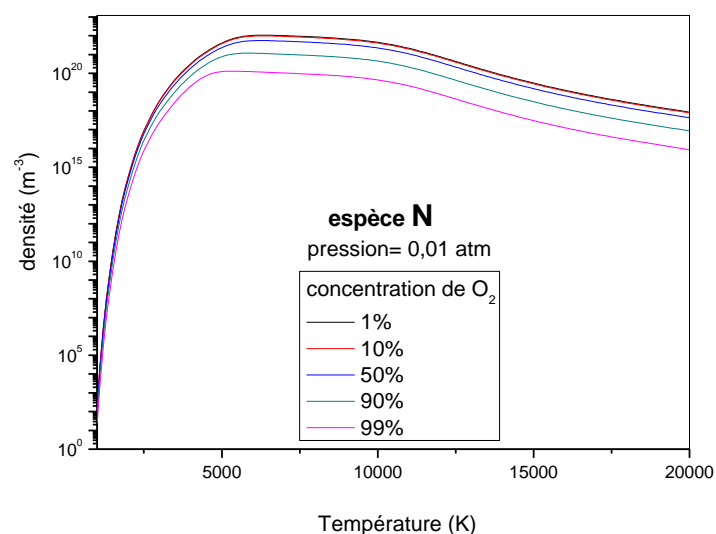
On s'intéresse dans ce chapitre à la modélisation de la composition chimique à l'équilibre thermodynamique d'un mélange gazeux  $N_2/O_2$ . Ainsi la loi d'action de masse (loi de Saha et loi de Guldberg et waage) permet à l'équilibre thermodynamique de déterminer les concentrations des différentes espèces.

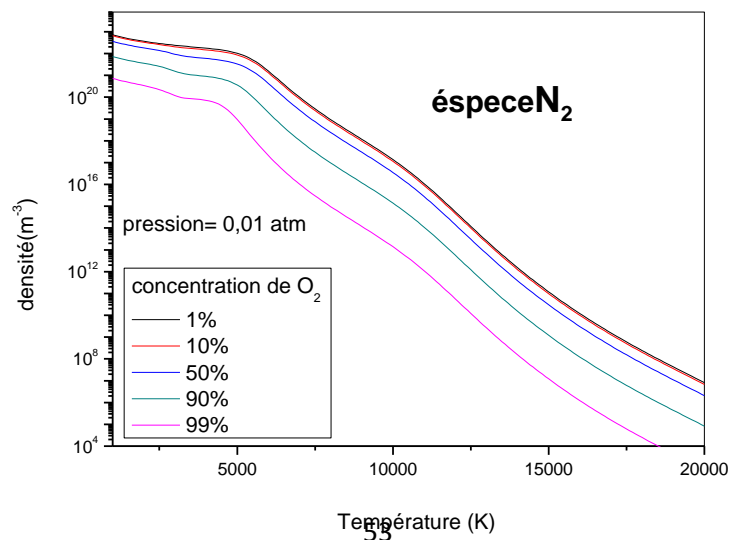
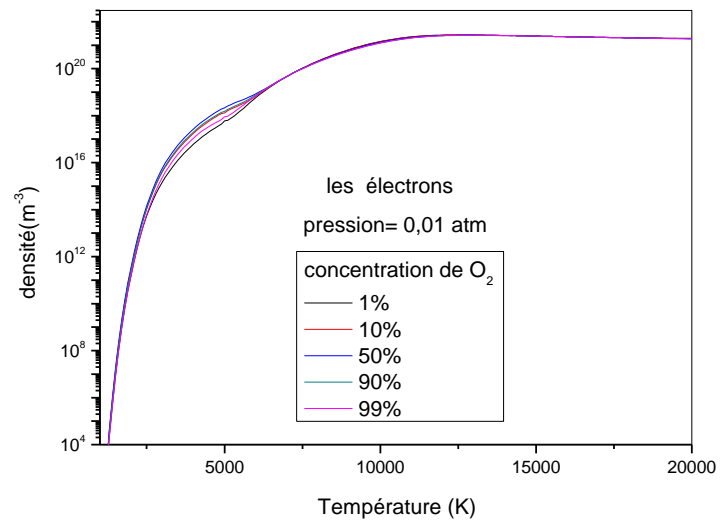
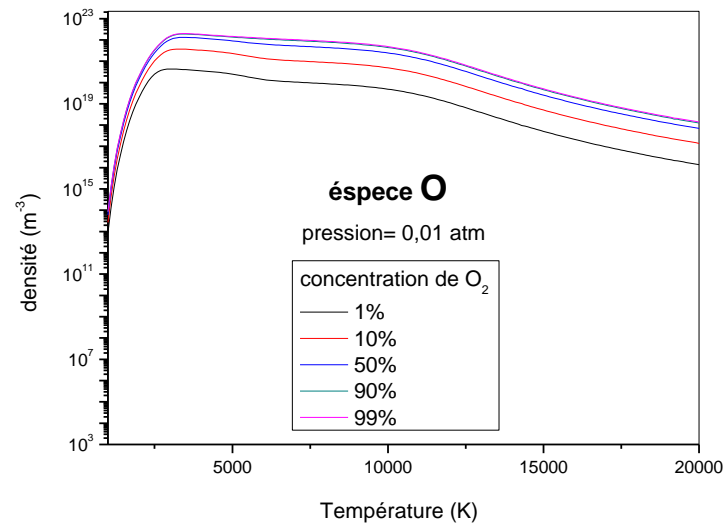
Nous analysons en particulier l'influence de la concentration d'oxygène  $O_2$  (1, 10, 50, 90 et 99% de  $O_2$ ) et la pression (0,01bar- 0,1bar- 1bar – 5bar - 10 bar) sur l'évolution de la densité de huit espèces : N, O,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $(N_2)^+$ ,  $(O_2)^-$ , électrons, et  $O_3$ . Le mélange est soumis à une énergie variant de 1000 à 20000K.

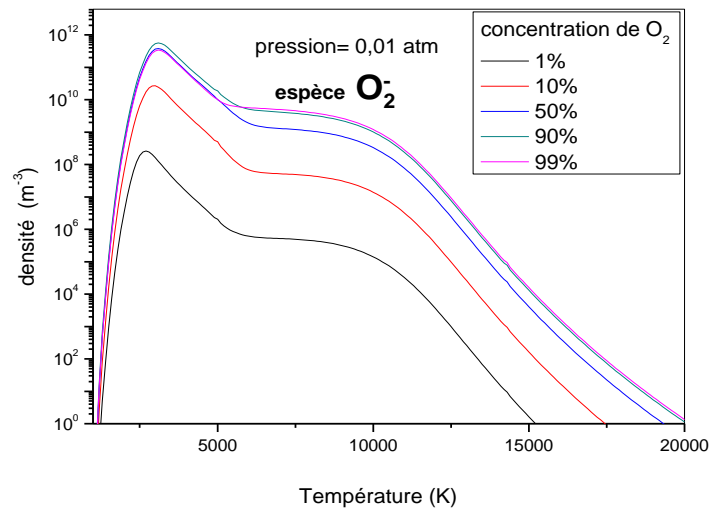
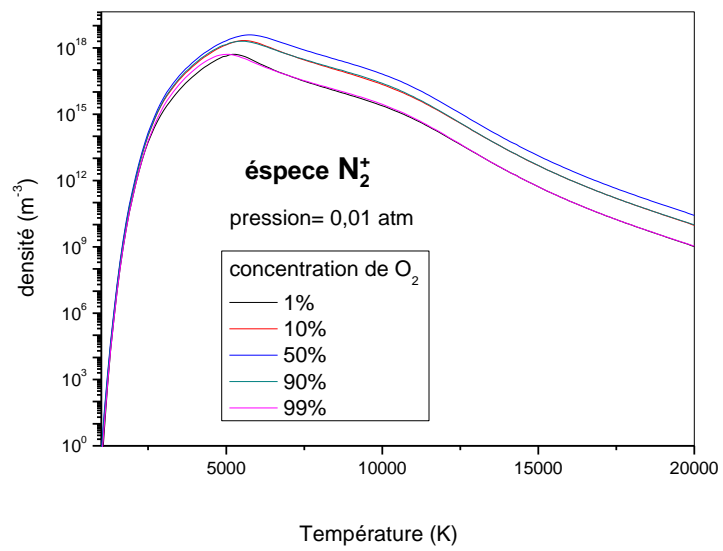
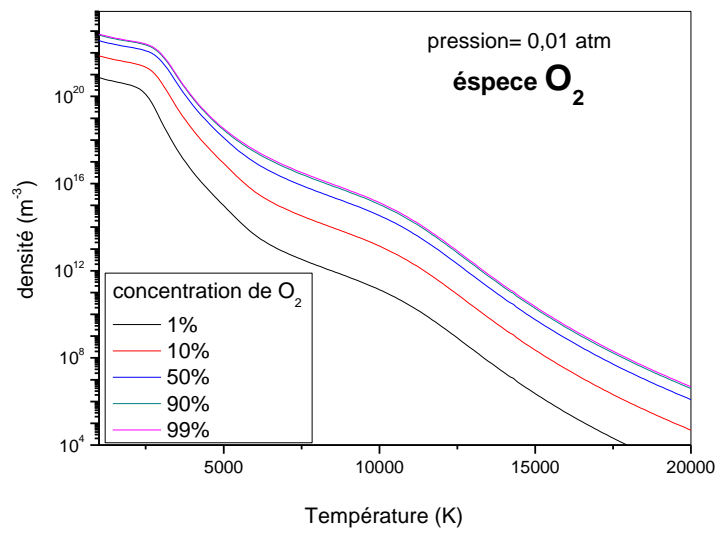
## IV.2. INFLUENCE DE LA CONCENTRATION

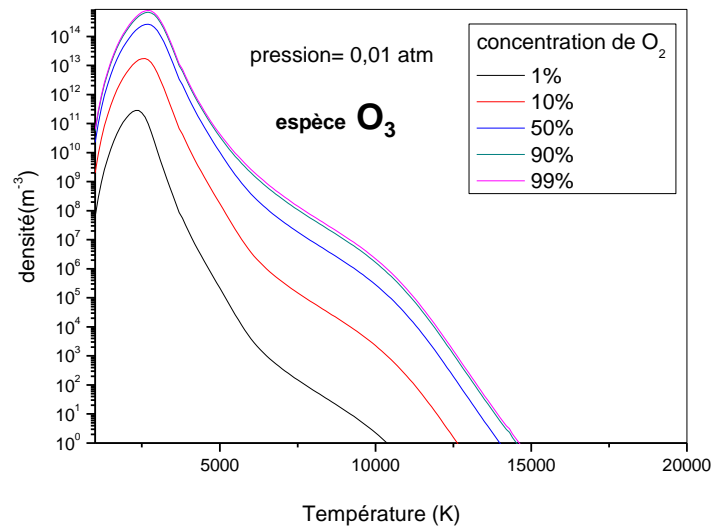
Sur les Figures IV.1. jusqu'à IV.5. nous avons représenté l'évolution de la densité des espèces N, O, électrons,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $(N_2)^+$ ,  $(O_2)^-$  et  $O_3$  en fonction de la température (1000 – 20000K) pour plusieurs concentrations variables d'oxygène  $O_2$  (1, 10, 50, 90 et 99%) et pour cinq pressions variables ( 0,01atm, 0.1atm, 1atm, 5atm et 10atm. La pression étant constante pour chaque cas d'analyse de la densité.

### IV.2.1. Cas pour la pression 0.01atm





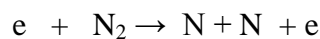




**Figure IV.1.** Évolution de la densité des espèces  $N$ ,  $O$ , électron,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2^+$ ,  $O_2^-$  et  $O_3$  en fonction de la température pour plusieurs concentrations variables d’oxygène (1, 10, 50, 90 et 99%) et pour une pression constante 0,01atm

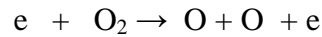
La figure IV.1. représente l’évolution de la densité des espèces  $N$ ,  $O$ , électron,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2^+$ ,  $O_2^-$  et  $O_3$  en fonction de la température (1000 – 20000 K) pour plusieurs concentrations variables d’oxygène (1, 10, 50, 90 et 99%) et pour une pression constante 0,01atm.

Nous remarquons pour l’espèce  $N$  que l’écart entre les concentrations 99% et 1% est plus important que celui entre 50% et 1%. Nous observons aussi que la croissance de l’azote est très rapide entre 1000 et 5000K. Cette croissance est due à la dissociation de la molécule d’azote  $N_2$  :



Pour les températures supérieures à 5000K la densité se stabilise jusqu’à 12000K à cause des réactions inverses, ensuite elle diminue progressivement jusqu’à 20000K car l’atome  $N$  rentre dans la création d’autres espèces ( $N^+$ ,  $(N_2)^+$  ...), ceci pour toutes les concentrations.

Pour l'espèce O l'écart entre les concentrations 99% et 1% est plus important que celui entre 50% et 1%. Nous observons aussi que la croissance de l'oxygène est très rapide entre 1000 et 3000K, elle est due à la dissociation de la molécule d'oxygène :



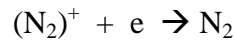
Pour les températures supérieures à 3000K la densité se stabilise jusqu'à 12000K ensuite elle diminue progressivement jusqu'à 20000K pour la même raison que l'espèce N, c'est-à-dire la création d'autres espèces ( $O^+$ ,  $(O_2)^+$  ...), ceci pour toutes les concentrations.

D'autre part, pour les électrons l'écart n'existe que pour les températures entre 3000 et 6000K, ceci pour toutes les concentrations. Ailleurs l'écart est très faible. La croissance des électrons est due à toutes les réactions de dissociation des molécules d'azote et d'oxygène ainsi qu'à l'ionisation de certaines espèces telles que  $N^+$ ,  $O^+$ ,  $(N_2)^+$ ,  $(O_2)^+$ ...

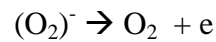
Pour l'espèce  $N_2$  nous remarquons en générale une diminution durant toute la simulation de cette espèce. Tout d'abord, la première diminution qui est lente et qui se passe entre 5000K (concentration 99%) et 7000K (concentration 99%) est due à la dissociation de la molécule d'azote. Ensuite la deuxième diminution qui se passe au-delà de 7000K est plus rapide que la première. Elle est due à plusieurs réactions de créations d'autres espèces telles que  $(N_2)^+$ , NO,  $N_2O$ ,... Nous observons un écart entre les différentes concentrations qui commence à être significatif à partir de 50%.

Pour la molécule d'oxygène  $O_2$  nous remarquons à peu près la même évolution que pour l'espèce  $N_2$ . La différence réside dans les valeurs, par exemple pour la première diminution elle commence vers 2500K (concentration 1%) et se termine vers 3000K (concentration 99%). Ensuite, pour la deuxième diminution qui est plus rapide, elle se passe entre 2500K jusqu'à 20000K (concentration 1%) et 3000K jusqu'à 20000K (concentration 99%). Cette diminution est due à plusieurs réactions de créations d'autres espèces telles que  $(O_2)^+$ , NO,  $NO_2$ ,  $O_3$ ,... Nous observons un écart entre les différentes concentrations qui commence à être significatif comme pour  $N_2$  à partir de 50%.

Pour l'espèce  $(N_2)^+$  nous obtenons deux phases : une augmentation ensuite une diminution de la densité pour toutes les concentrations. La première étape qui consiste à l'augmentation va de 1000K à 6000K, elle est due à l'ionisation de  $N_2$ . La deuxième phase qui correspond à la diminution de la densité de  $(N_2)^+$  et qui va de 6000K jusqu'à 20000K est due surtout à la recombinaison avec les électrons pour donner  $N_2$ .



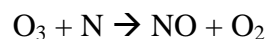
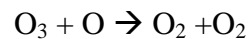
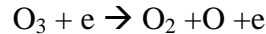
Pour l'espèce  $\text{O}_2^-$  nous observons aussi deux phases d'évolution de la densité pour toutes les concentrations. D'abord pour la création qui s'effectue entre 1000K et 3000K et qui est due essentiellement à l'attachement des électrons à la molécule d'oxygène, ensuite une diminution qui s'effectue entre trois étapes. La première étape entre 3000 et 5000K qui est très rapide, ensuite la deuxième étape moins rapide que la précédente entre 5000 et 9000K et enfin la troisième étape plus rapide que la première et qui s'effectue entre 10000 et 15000K. Cette deuxième phase est due surtout au détachement de la molécule :



Enfin pour la molécule d'ozone  $\text{O}_3$  nous distinguons deux étapes d'évolution de la densité: une première étape qui consiste en une augmentation due essentiellement à la réaction :



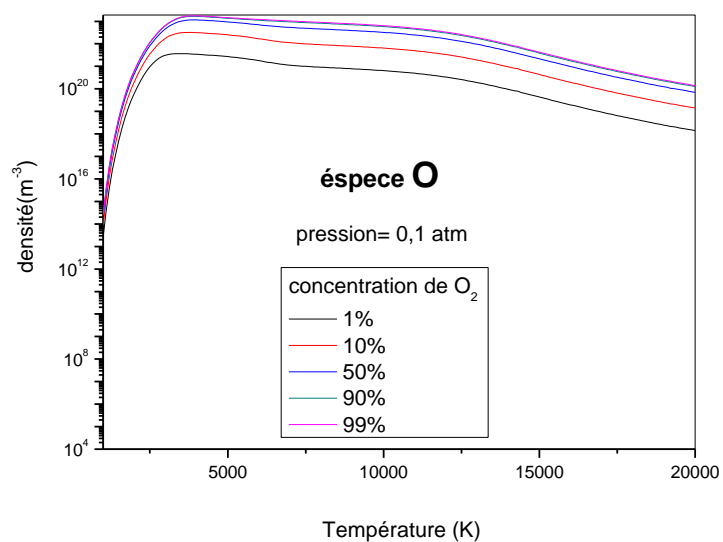
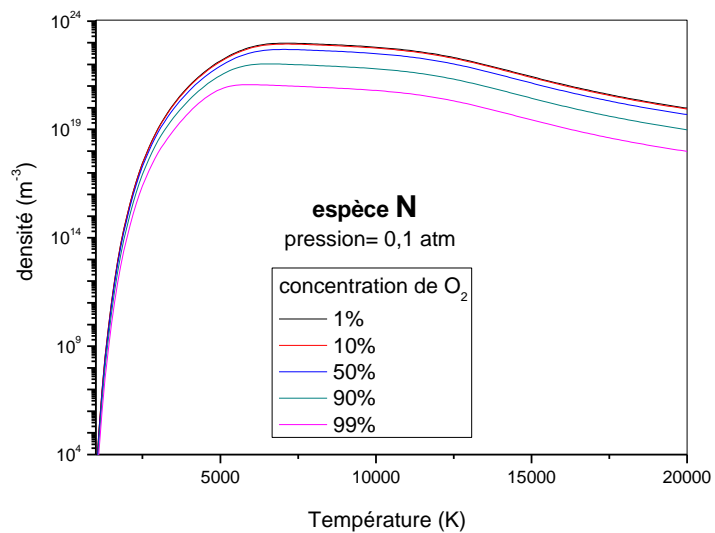
ensuite une deuxième étape de décroissance due à plusieurs réactions en particulier aux réactions :

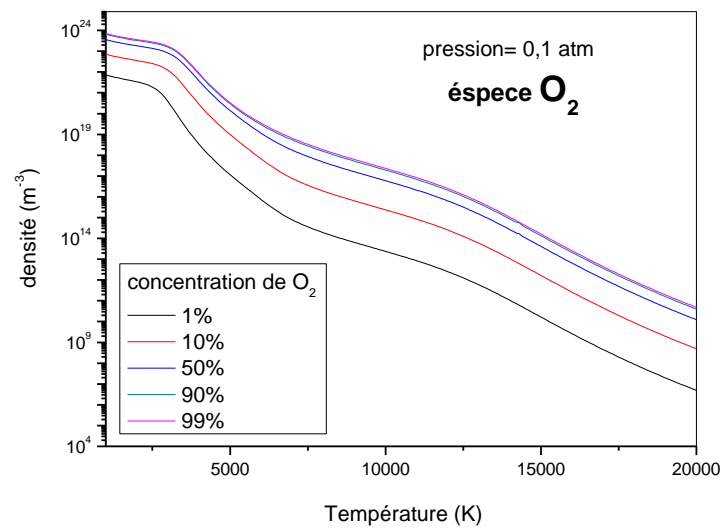
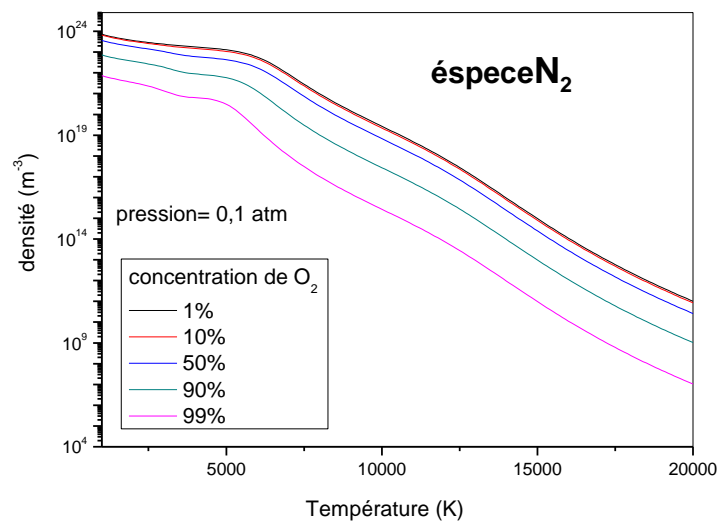
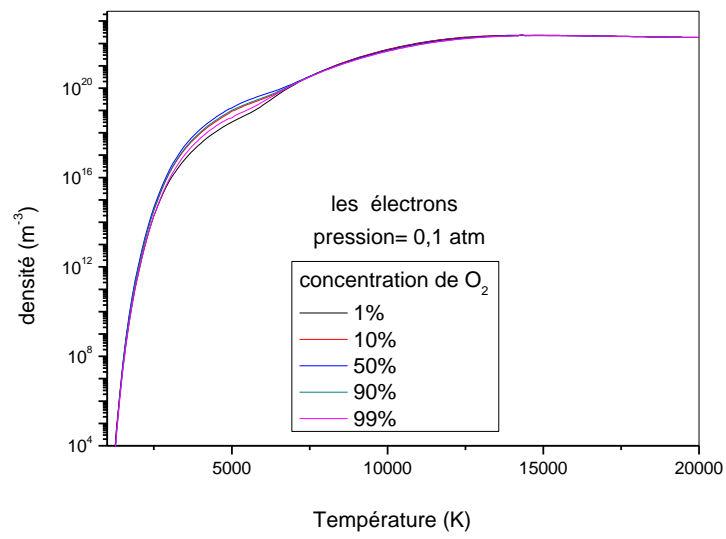


La première étape s'effectue de façon plus ou moins rapide entre 1000K et 2500K alors que la deuxième étape s'effectue entre 2500K à 6000K pour la concentration 1% et à 12000K pour la concentration 99%.

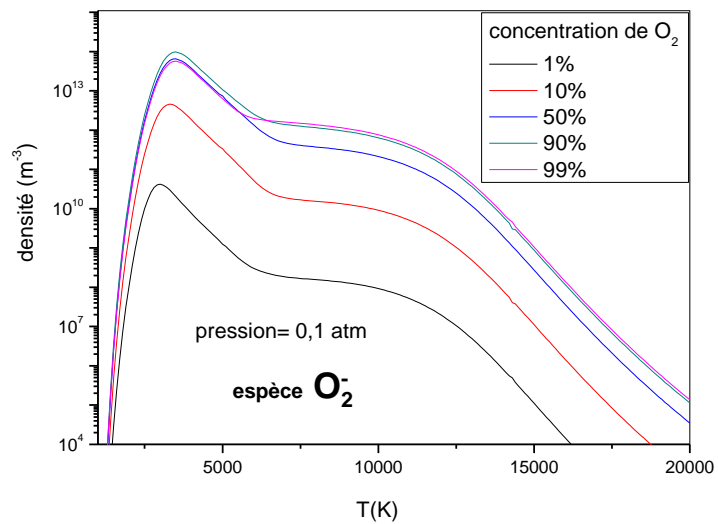
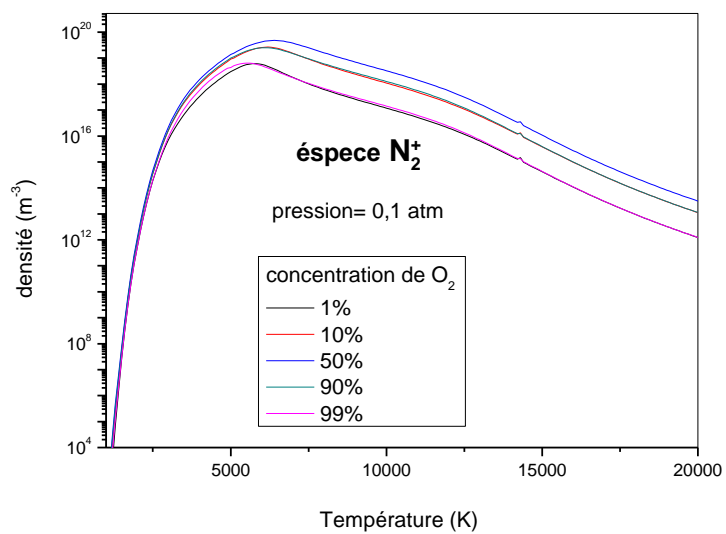
Nous remarquons que la densité d'ozone devient presque nulle à partir de 10000K pour la concentration 1% et 15000K pour la concentration 99%, contrairement aux autres espèces N, O, et  $(\text{N}_2)^+$  dont la présence subsiste au-delà de 20000K.

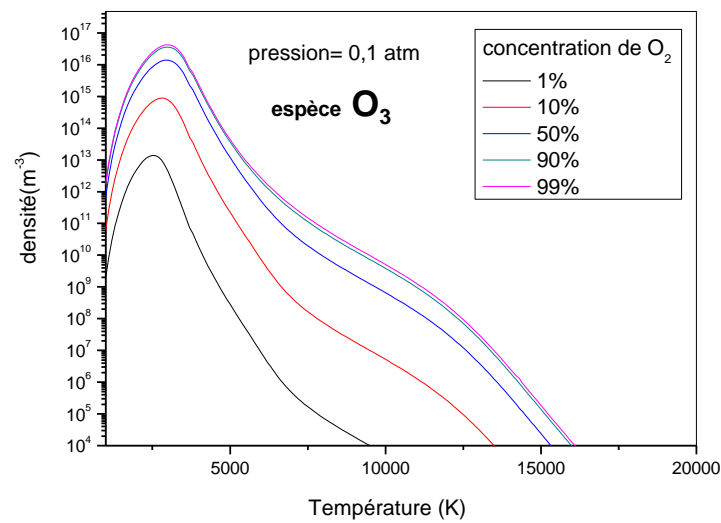
**IV.2.2. Cas pour la pression 0.1atm**







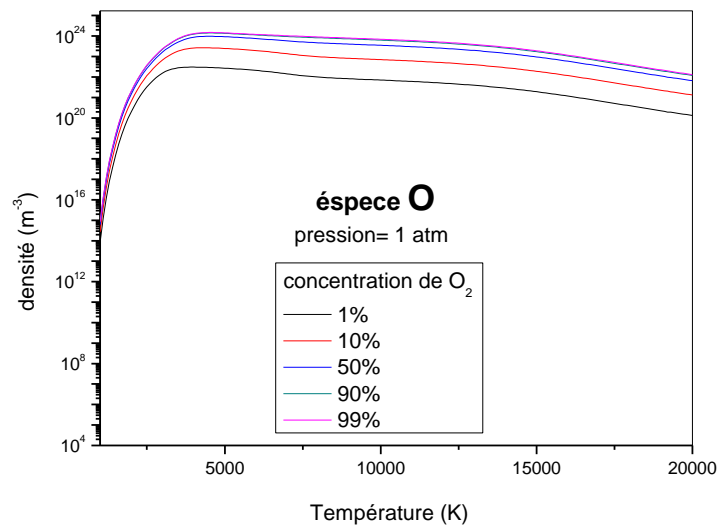
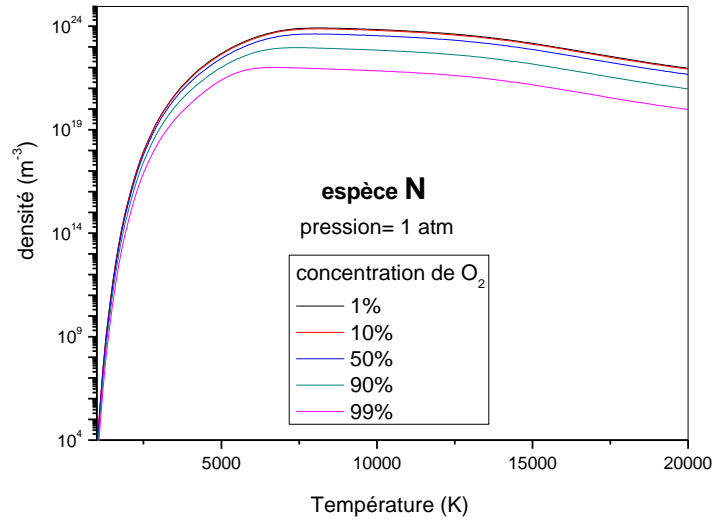


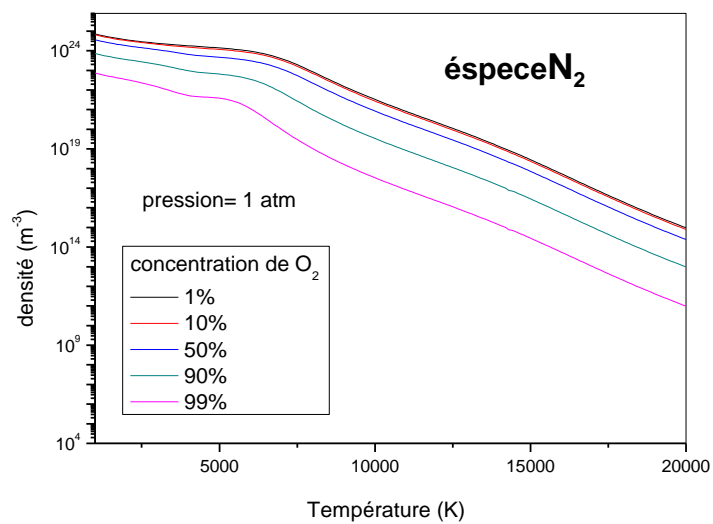
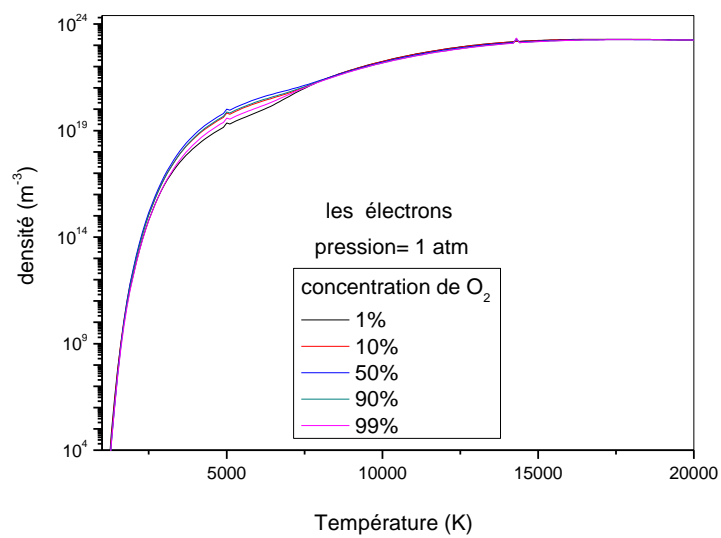


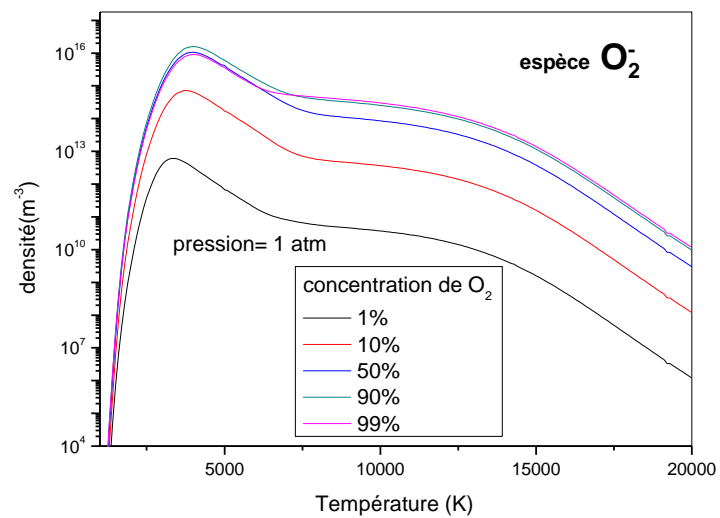
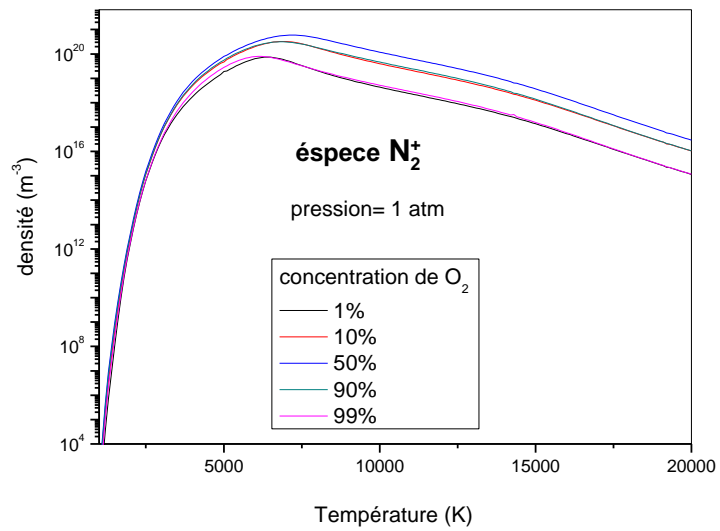
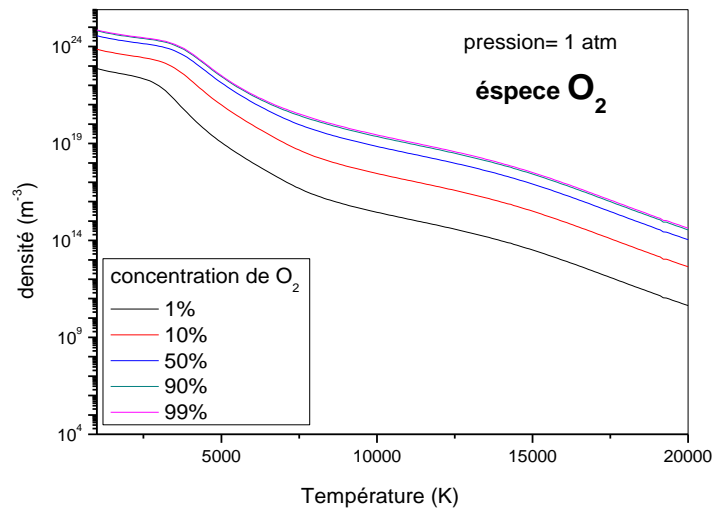
**Figure IV.2.** Évolution de la densité des espèces  $N$ ,  $O$ , électron,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2^+$ ,  $O_2^-$  et  $O_3$  en fonction de la température pour plusieurs concentrations variables d'oxygène (1, 10, 50, 90 et 99%) et pour une pression constante 0,1atm

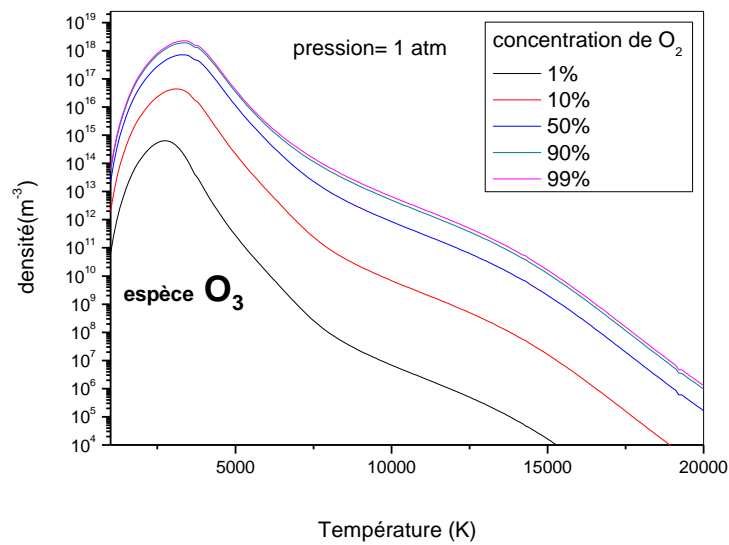
Nous avons représenté sur la figure IV.2. l'évolution de la densité des mêmes espèces que précédemment mais cette fois-ci pour une pression constante 0,1atm. Nous remarquons en général la même allure de variation de la densité, mais les valeurs augmentent par rapport à celles qui correspondent à 0.01atm. à cause de la loi des gaz parfaits (voir tableau IV.1 et IV.2).

**IV.2.3. Cas pour la pression 1atm**





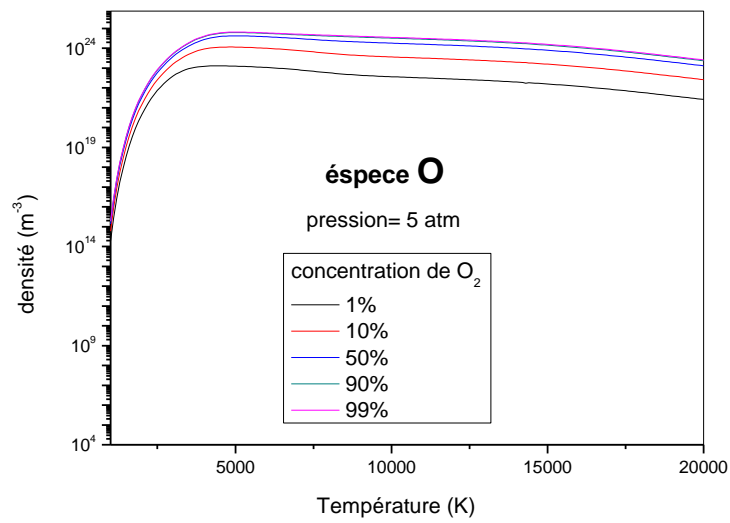
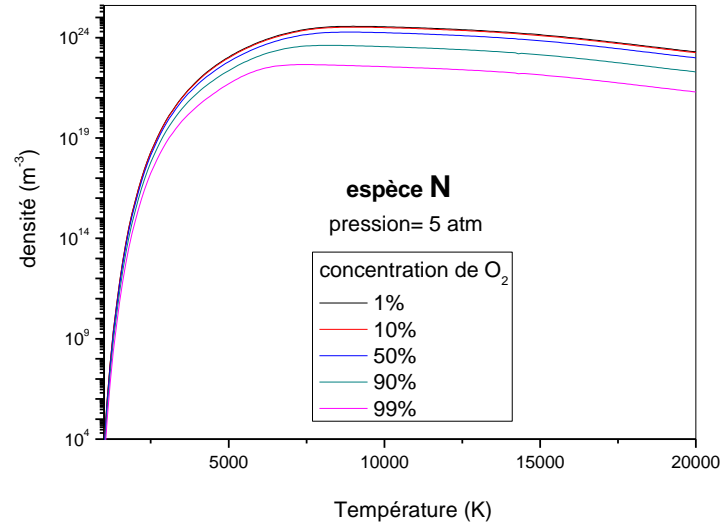


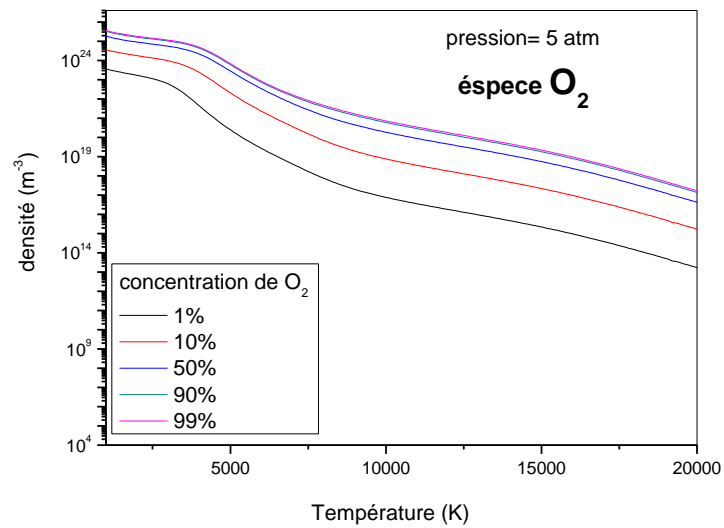
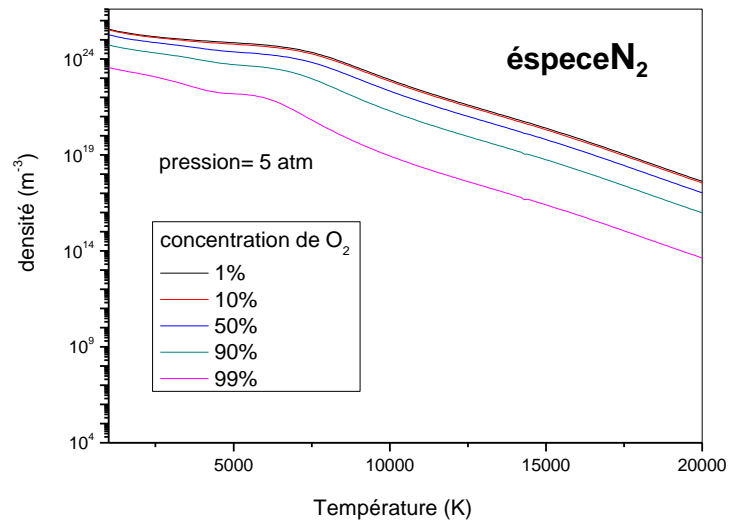
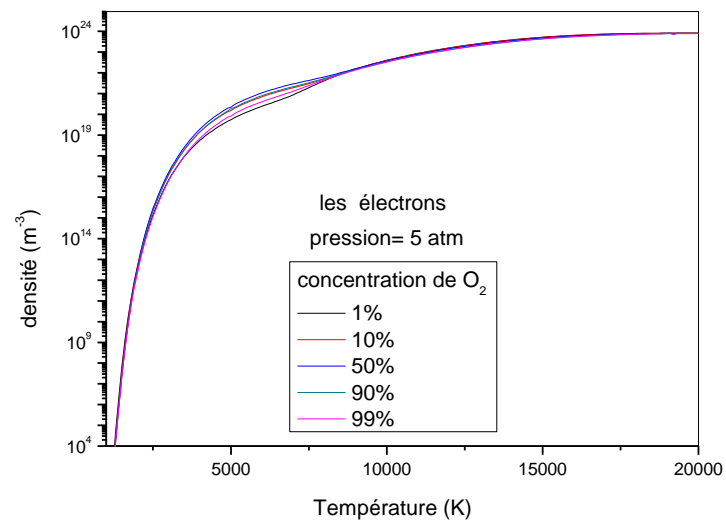


**Figure IV.3.** Évolution de la densité des espèces  $N$ ,  $O$ , électron,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2^+$ ,  $O_2^-$  et  $O_3$  en fonction de la température pour plusieurs concentrations variables d'oxygène (1, 10, 50, 90 et 99%) et pour une pression constante 1atm

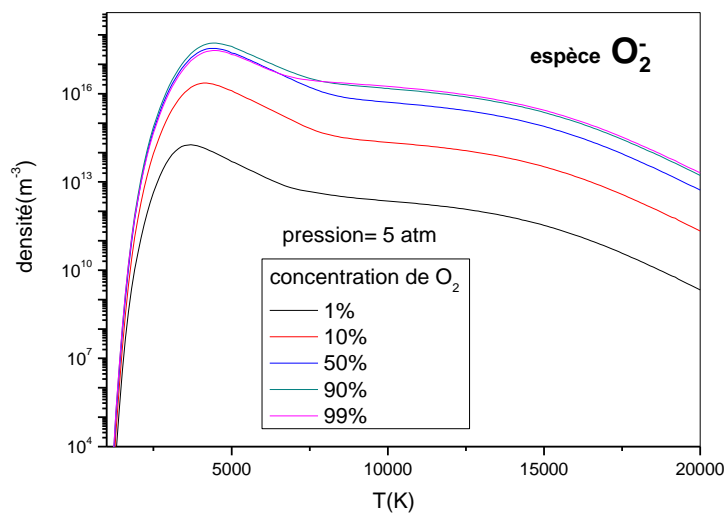
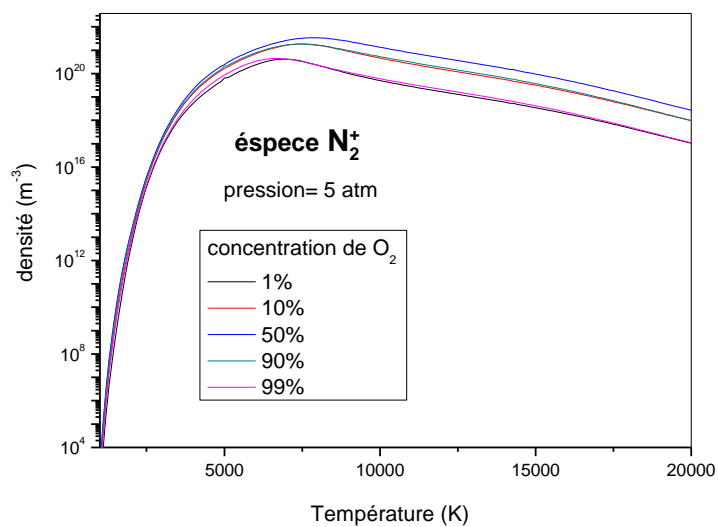
Nous avons représenté sur la figure IV.3. l'évolution de la densité des mêmes espèces que précédemment mais cette fois-ci pour une pression constante 1atm. Nous remarquons en général comme pour les figures IV.1 et IV.2 la même allure de variation de la densité, mais les valeurs augmentent par rapport à celles qui correspondent à 0.01 et 0.1atm.(voir tableau IV.1 et IV.2).

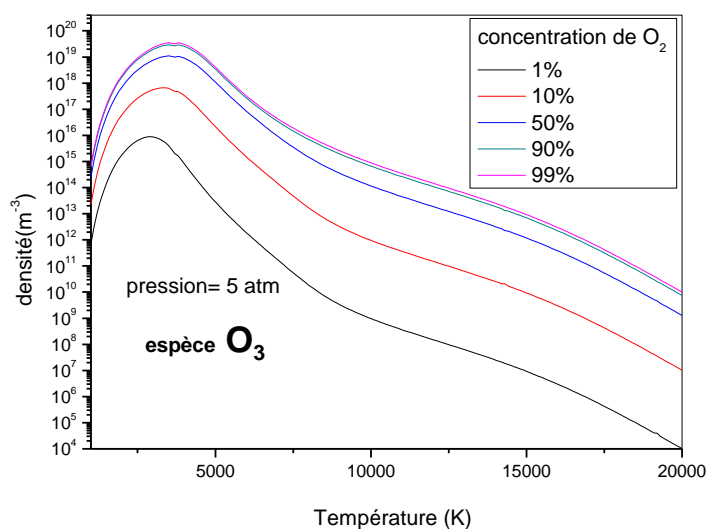
**IV.2.4. Cas pour la pression 5atm**







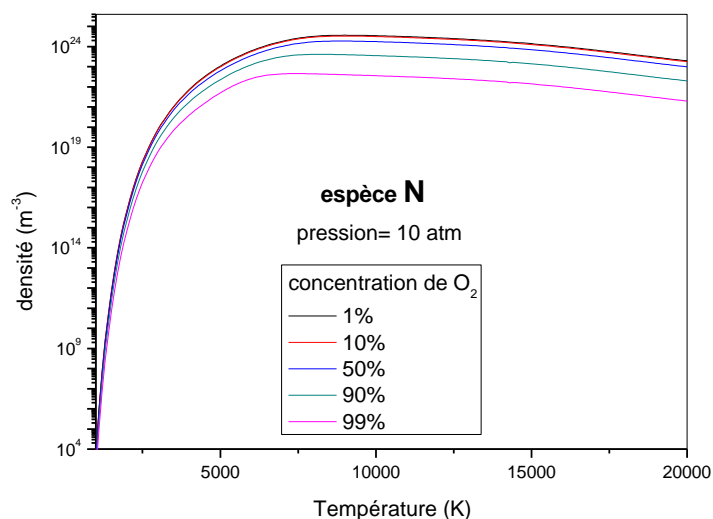


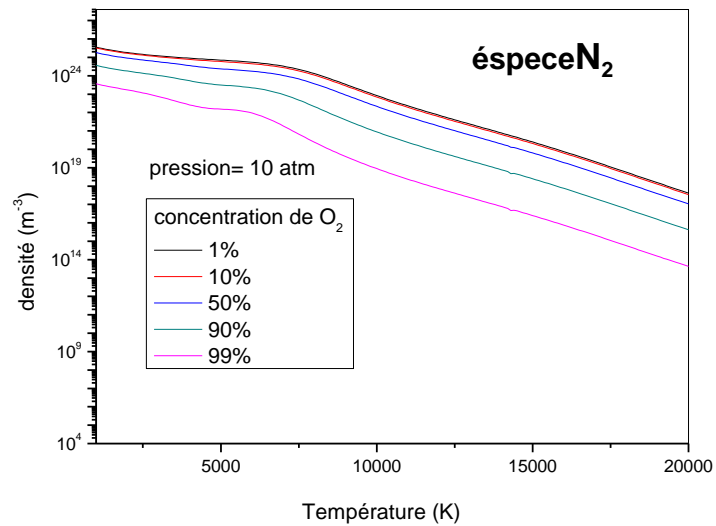
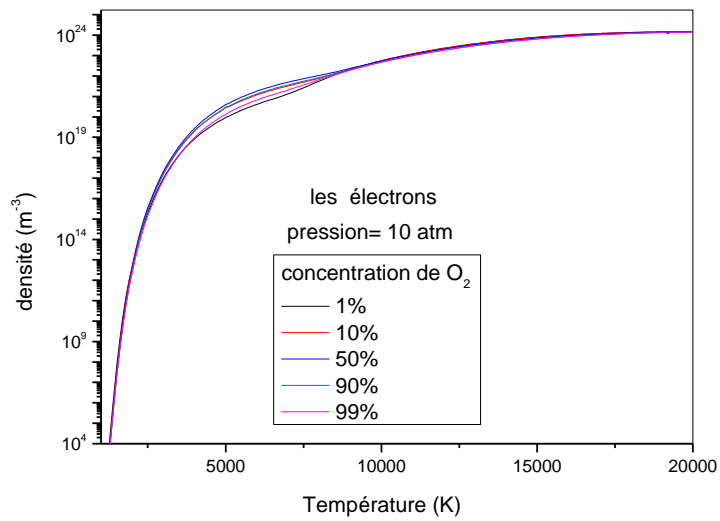
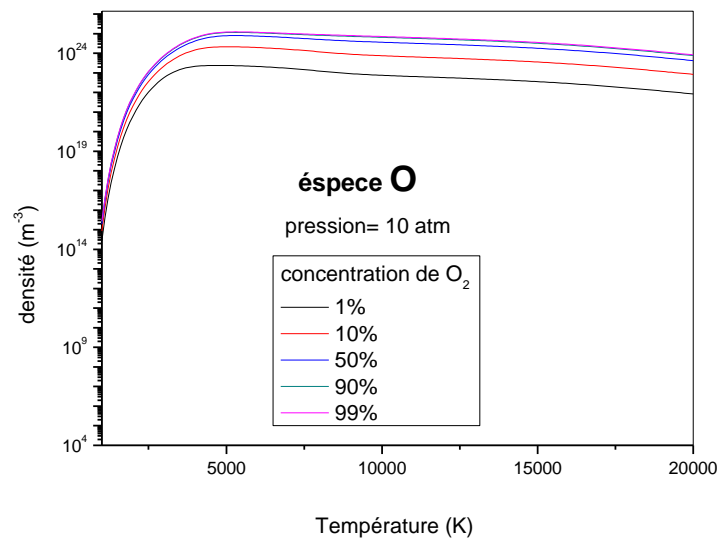


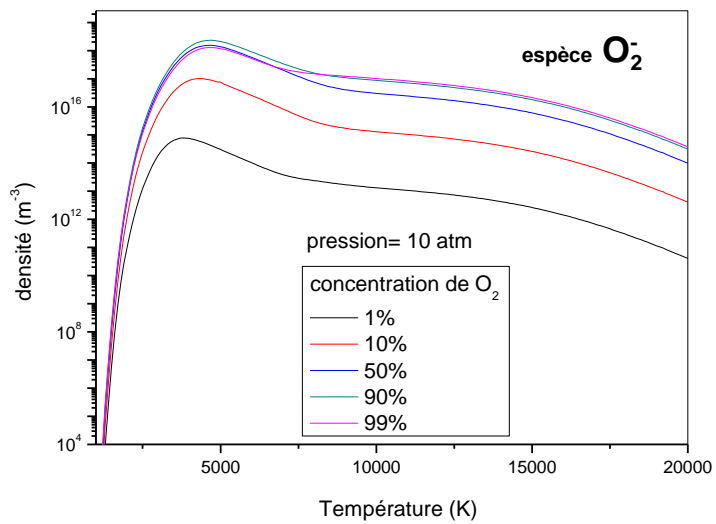
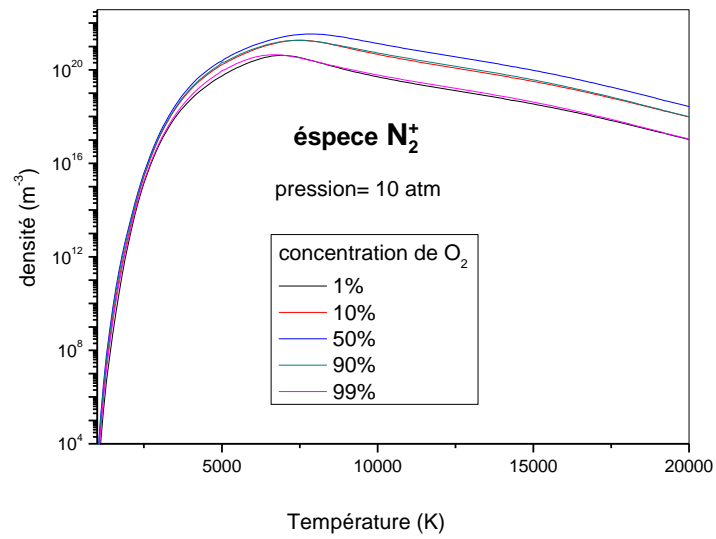
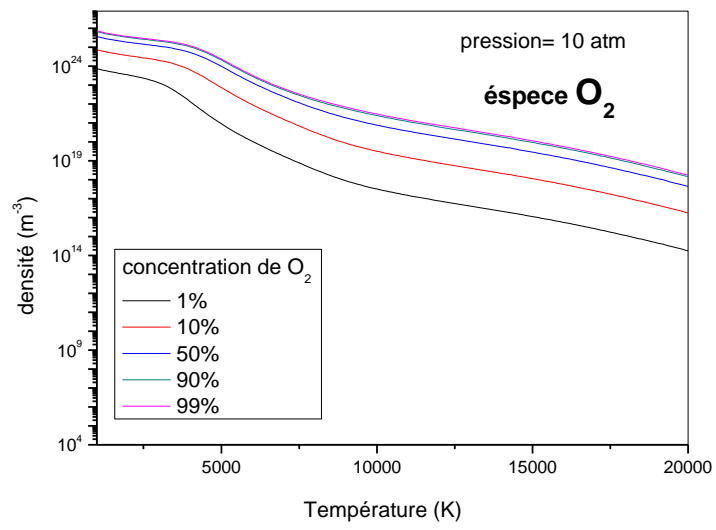
**Figure IV.4.** Évolution de la densité des espèces  $N$ ,  $O$ , électron,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2^+$ ,  $O_2^-$  et  $O_3$  en fonction de la température pour plusieurs concentrations variables d'oxygène (1, 10, 50, 90 et 99%) et pour une pression constante 5atm

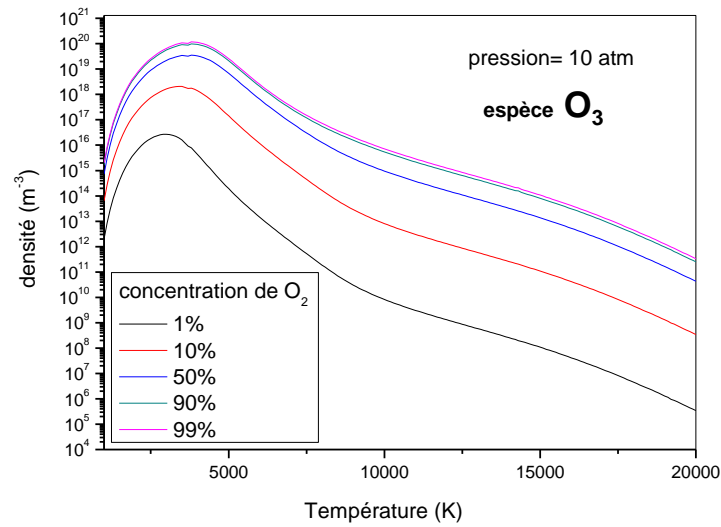
Nous avons représenté sur la figure IV.4. l'évolution de la densité des mêmes espèces que les trois cas précédents mais cette fois-ci pour une pression constante 5atm. Nous constatons toujours la même allure de variation de la densité, mais seulement les valeurs augmentent par rapport à celles qui correspondent à 0.01atm. 0.1atm et 1atm.(voir tableau IV.1 et IV.2).

#### **IV.2.5. Cas pour la pression 10atm**









**Figure IV.5.** Évolution de la densité des espèces  $N$ ,  $O$ , électron,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2^+$ ,  $O_2^-$  et  $O_3$  en fonction de la température pour plusieurs concentrations variables d'oxygène (1, 10, 50, 90 et 99%) et pour une pression constante 10atm

Nous terminons notre analyse sur l'évolution de la densité des mêmes espèces que précédemment par le cas d'application de la pression 10atmosphère. Les courbes sont représentées sur la figure IV.5. Là aussi, nous observons le même comportement de variation de la densité, avec toujours une augmentation par rapport aux valeurs précédentes qui correspondent à 0.01atm, 0.1atm et 1atm et 5atm. (voir tableau IV.1 et IV.2).

Finalement, pour comparer l'ensemble des courbes obtenues sur les figures IV.1 jusqu'à IV.5, nous avons relevé les valeurs des différentes densités de toutes les espèces. Les tableaux IV.1 et IV.2. résument ces valeurs pour deux températures choisies respectivement 5000K et 12000K et cinq concentrations d'oxygène 1, 10, 50, 90 et 99%.

		1% O <sub>2</sub>	10% O <sub>2</sub>	50% O <sub>2</sub>	90% O <sub>2</sub>	99% O <sub>2</sub>
N (m <sup>-3</sup> )	0.01atm	4,117 10 <sup>21</sup>	3,758 10 <sup>21</sup>	2,338 10 <sup>21</sup>	7,693 10 <sup>20</sup>	1,248 10 <sup>20</sup>
	0.1atm	1,459 10 <sup>22</sup>	1,332 10 <sup>22</sup>	8,409 10 <sup>21</sup>	3,097 10 <sup>21</sup>	7,121 10 <sup>20</sup>
	1atm	4,783 10 <sup>22</sup>	4,369 10 <sup>22</sup>	2,761 10 <sup>22</sup>	1,029 10 <sup>22</sup>	2,512 10 <sup>21</sup>
	5atm	1,08 10 <sup>23</sup>	9,865 10 <sup>22</sup>	6,255 10 <sup>22</sup>	2,277 10 <sup>22</sup>	5,028 10 <sup>21</sup>
	10atm	1,08 10 <sup>23</sup>	9,865 10 <sup>22</sup>	6,255 10 <sup>22</sup>	2,277 10 <sup>22</sup>	5,028 10 <sup>21</sup>
O(m <sup>-3</sup> )	0.01atm	2,478 10 <sup>20</sup>	2,313 10 <sup>21</sup>	8,979 10 <sup>21</sup>	1,352 10 <sup>22</sup>	1,453 10 <sup>22</sup>
	0.1 atm	2,704 10 <sup>21</sup>	2,503 10 <sup>22</sup>	9,41 10 <sup>22</sup>	1,369 10 <sup>23</sup>	1,452 10 <sup>23</sup>
	1atm	2,681 10 <sup>22</sup>	2,476 10 <sup>23</sup>	9,276 10 <sup>23</sup>	1,345 10 <sup>24</sup>	1,424 10 <sup>24</sup>
	5atm	1,255 10 <sup>23</sup>	1,147 10 <sup>24</sup>	4,249 10 <sup>24</sup>	6,2 10 <sup>24</sup>	6,586 10 <sup>24</sup>
	10atm	2,382 10 <sup>23</sup>	2,151 10 <sup>24</sup>	7,829 10 <sup>24</sup>	1,144 10 <sup>25</sup>	1,218 10 <sup>24</sup>
N <sub>2</sub> (m <sup>-3</sup> )	0.01atm	1,031 10 <sup>22</sup>	8,587 10 <sup>21</sup>	3,322 10 <sup>21</sup>	3,598 10 <sup>20</sup>	9,462 10 <sup>18</sup>
	0.1atm	1,294 10 <sup>23</sup>	1,079 10 <sup>23</sup>	4,298 10 <sup>22</sup>	5,83 10 <sup>21</sup>	3,082 10 <sup>20</sup>
	1atm	1,391 10 <sup>24</sup>	1,16 10 <sup>24</sup>	4,636 10 <sup>23</sup>	6,438 10 <sup>22</sup>	3,838 10 <sup>21</sup>
	5atm	7,085 10 <sup>24</sup>	5,916 10 <sup>24</sup>	2,379 10 <sup>24</sup>	5,161 10 <sup>23</sup>	1,537 10 <sup>22</sup>
	10atm	7,085 10 <sup>24</sup>	5,916 10 <sup>24</sup>	2,379 10 <sup>24</sup>	3,152 10 <sup>23</sup>	1,537 10 <sup>22</sup>
O <sub>2</sub> (m <sup>-3</sup> )	0.01atm	4,194 10 <sup>17</sup>	1,371 10 <sup>18</sup>	2,108 10 <sup>18</sup>	1,416 10 <sup>18</sup>	5,049 10 <sup>17</sup>
	0.1atm	3,004 10 <sup>18</sup>	9,168 10 <sup>18</sup>	1,398 10 <sup>19</sup>	1,011 10 <sup>19</sup>	4,331 10 <sup>18</sup>
	1atm	1,893 10 <sup>19</sup>	4,67 10 <sup>19</sup>	8,03 10 <sup>19</sup>	5,566 10 <sup>19</sup>	2,794 10 <sup>19</sup>
	5atm	6,459 10 <sup>19</sup>	1,69 10 <sup>20</sup>	2,384 10 <sup>20</sup>	2,084 10 <sup>20</sup>	8,78 10 <sup>19</sup>
	10atm	5,459 10 <sup>19</sup>	1,69 10 <sup>20</sup>	2,384 10 <sup>20</sup>	2,084 10 <sup>20</sup>	9,178 10 <sup>19</sup>
(N <sub>2</sub> ) <sup>+</sup> (m <sup>-3</sup> )	0.01atm	9,704 10 <sup>14</sup>	8,458 10 <sup>16</sup>	1,274 10 <sup>18</sup>	2,89 10 <sup>18</sup>	3,337 10 <sup>18</sup>
	0.1atm	1,156 10 <sup>17</sup>	9,898 10 <sup>18</sup>	1,399 10 <sup>20</sup>	2,963 10 <sup>20</sup>	3,333 10 <sup>20</sup>
	1atm	1,136 10 <sup>19</sup>	9,692 10 <sup>20</sup>	1,36 10 <sup>22</sup>	2,86 10 <sup>22</sup>	3,205 10 <sup>22</sup>
	5atm	2,487 10 <sup>20</sup>	2,08 10 <sup>22</sup>	2,853 10 <sup>23</sup>	6,074 10 <sup>23</sup>	6,855 10 <sup>23</sup>
	10atm	8,966 10 <sup>20</sup>	7,31 10 <sup>22</sup>	9,686 10 <sup>23</sup>	2,07 10 <sup>24</sup>	2,346 10 <sup>24</sup>
	0.01atm	2,05 10 <sup>6</sup>	5,021 10 <sup>8</sup>	1,009 10 <sup>10</sup>	1,886 10 <sup>10</sup>	1,028 10 <sup>10</sup>
	0.1atm	1,245 10 <sup>9</sup>	3,331 10 <sup>11</sup>	7,434 10 <sup>12</sup>	1,068 10 <sup>13</sup>	6,345 10 <sup>12</sup>

$(O_2)^-(m^{-3})$	1atm	$6,741 \cdot 10^{11}$	$1,709 \cdot 10^{14}$	$4,184 \cdot 10^{15}$	$6,018 \cdot 10^{15}$	$3,631 \cdot 10^{15}$
	5atm	$4,92 \cdot 10^{13}$	$1,263 \cdot 10^{16}$	$2,434 \cdot 10^{17}$	$4,09 \cdot 10^{17}$	$2,152 \cdot 10^{17}$
	10atm	$3,089 \cdot 10^{14}$	$7,47 \cdot 10^{16}$	$1,35 \cdot 10^{18}$	$2,124 \cdot 10^{18}$	$1,145 \cdot 10^{18}$
$O_3(m^{-3})$	0.01atm	217000	$1,766 \cdot 10^8$	$1,032 \cdot 10^{10}$	$3,527 \cdot 10^{10}$	$4,377 \cdot 10^{10}$
	0.1atm	$2,82 \cdot 10^8$	$2,236 \cdot 10^{11}$	$1,188 \cdot 10^{13}$	$3,66 \cdot 10^{13}$	$4,369 \cdot 10^{13}$
	1atm	$2,75 \cdot 10^{11}$	$2,166 \cdot 10^{14}$	$1,138 \cdot 10^{16}$	$3,472 \cdot 10^{16}$	$4,119 \cdot 10^{16}$
	5atm	$2,816 \cdot 10^{13}$	$2,154 \cdot 10^{16}$	$1,094 \cdot 10^{18}$	$3,398 \cdot 10^{18}$	$4,074 \cdot 10^{18}$
	10atm	$1,927 \cdot 10^{14}$	$1,419 \cdot 10^{17}$	$6,843 \cdot 10^{18}$	$2,138 \cdot 10^{19}$	$2,579 \cdot 10^{19}$

Tableau IV.1. Densité des espèces en fonction de la concentration en  $O_2$  pour la température 5000K

		1% $O_2$	10% $O_2$	50% $O_2$	90% $O_2$	99% $O_2$
$N(m^{-3})$	0.01atm	$7,606 \cdot 10^{20}$	$6,914 \cdot 10^{20}$	$3,839 \cdot 10^{20}$	$7,664 \cdot 10^{19}$	$7,66 \cdot 10^{18}$
	0.1atm	$2,827 \cdot 10^{22}$	$2,569 \cdot 10^{22}$	$1,425 \cdot 10^{22}$	$2,834 \cdot 10^{21}$	$2,829 \cdot 10^{20}$
	1atm	$4,731 \cdot 10^{23}$	$4,301 \cdot 10^{23}$	$2,387 \cdot 10^{23}$	$4,75810^{22}$	$4,753 \cdot 10^{21}$
	5atm	$2,704 \cdot 10^{24}$	$2,458 \cdot 10^{24}$	$1,365 \cdot 10^{24}$	$2,728 \cdot 10^{23}$	$2,727 \cdot 10^{22}$
	10atm	$2,704 \cdot 10^{24}$	$2,458 \cdot 10^{24}$	$1,365 \cdot 10^{24}$	$2,728 \cdot 10^{23}$	$2,727 \cdot 10^{22}$
$O(m^{-3})$	0.01atm	$1,09710^{19}$	$1,098 \cdot 10^{20}$	$5,499 \cdot 10^{20}$	$9,905 \cdot 10^{20}$	$1,09 \cdot 10^{21}$
	0.1atm	$3,321 \cdot 10^{20}$	$3,326 \cdot 10^{21}$	$1,67 \cdot 10^{22}$	$3,014 \cdot 10^{22}$	$3,315 \cdot 10^{22}$
	1atm	$5,018 \cdot 10^{21}$	$5,022 \cdot 10^{22}$	$2,517 \cdot 10^{23}$	$4,537 \cdot 10^{23}$	$4,991 \cdot 10^{23}$
	5atm	$2,801 \cdot 10^{22}$	$2,801 \cdot 10^{23}$	$1,401 \cdot 10^{24}$	$2,523 \cdot 10^{24}$	$2,776 \cdot 10^{24}$
	10atm	$5,759 \cdot 10^{22}$	$5,757 \cdot 10^{23}$	$2,876 \cdot 10^{24}$	$5,175 \cdot 10^{24}$	$5,693 \cdot 10^{24}$
$N_2(m^{-3})$	0.01atm	$5,617 \cdot 10^{14}$	$4,642 \cdot 10^{14}$	$1,431 \cdot 10^{14}$	$5,703 \cdot 10^{12}$	$5,697 \cdot 10^{10}$
	0.1atm	$7,757 \cdot 10^{17}$	$6,41 \cdot 10^{17}$	$1,97 \cdot 10^{17}$	$7,799 \cdot 10^{15}$	$7,772 \cdot 10^{13}$
	1atm	$2,173 \cdot 10^{20}$	$1,796 \cdot 10^{20}$	$5,53 \cdot 10^{19}$	$2,198 \cdot 10^{18}$	$2,193 \cdot 10^{16}$
	5atm	$7,098 \cdot 10^{21}$	$5,866 \cdot 10^{21}$	$1,81 \cdot 10^{21}$	$1,626 \cdot 10^{20}$	$7,218 \cdot 10^{17}$
	10atm	$7,098 \cdot 10^{21}$	$5,866 \cdot 10^{21}$	$1,81 \cdot 10^{21}$	$1,626 \cdot 10^{20}$	$7,218 \cdot 10^{17}$
$O_2(m^{-3})$	0.01atm	$1,09 \cdot 10^{14}$	$9,966 \cdot 10^{14}$	$2,842 \cdot 10^{15}$	$1,049 \cdot 10^{15}$	$1,16 \cdot 10^{14}$
	0.1atm	$2,012 \cdot 10^{16}$	$1,856 \cdot 10^{17}$	$5,498 \cdot 10^{17}$	$2,115 \cdot 10^{17}$	$2,361 \cdot 10^{16}$

	<b>1atm</b>	$1,244 \cdot 10^{18}$	$1,15 \cdot 10^{19}$	$3,464 \cdot 10^{19}$	$1,367 \cdot 10^{19}$	$1,538 \cdot 10^{18}$
	<b>5atm</b>	$1,66 \cdot 10^{19}$	$1,535 \cdot 10^{20}$	$4,631 \cdot 10^{20}$	$1,843 \cdot 10^{20}$	$2,08 \cdot 10^{19}$
	<b>10atm</b>	$1,66 \cdot 10^{19}$	$1,535 \cdot 10^{20}$	$4,631 \cdot 10^{20}$	$1,843 \cdot 10^{20}$	$2,08 \cdot 10^{19}$
$(N_2)^+ (m^{-3})$	<b>0.01atm</b>	$2,762 \cdot 10^9$	$2,765 \cdot 10^{11}$	$6,935 \cdot 10^{12}$	$2,25 \cdot 10^{13}$	$2,723 \cdot 10^{13}$
	<b>0.1atm</b>	$2,53 \cdot 10^{12}$	$2,536 \cdot 10^{14}$	$6,399 \cdot 10^{15}$	$2,083 \cdot 10^{16}$	$2,52 \cdot 10^{16}$
	<b>1atm</b>	$5,775 \cdot 10^{14}$	$5,783 \cdot 10^{16}$	$1,453 \cdot 10^{18}$	$4,721 \cdot 10^{18}$	$5,712 \cdot 10^{18}$
	<b>5atm</b>	$1,799 \cdot 10^{16}$	$1,799 \cdot 10^{18}$	$4,503 \cdot 10^{19}$	$1,46 \cdot 10^{20}$	$1,767 \cdot 10^{20}$
	<b>10atm</b>	$7,6061 \cdot 10^{16}$	$7,6011 \cdot 10^{18}$	$1,897 \cdot 10^{20}$	$6,142 \cdot 10^{20}$	$7,432 \cdot 10^{20}$
$(O_2)^- (m^{-3})$	<b>0.01atm</b>	3576	356000	$8,7081 \cdot 10^6$	$2,7531 \cdot 10^7$	$3,3111 \cdot 10^7$
	<b>0.1atm</b>	$1,996 \cdot 10^7$	$1,975 \cdot 10^9$	$4,683 \cdot 10^{10}$	$1,422 \cdot 10^{11}$	$1,693 \cdot 10^{11}$
	<b>1atm</b>	$1,863 \cdot 10^{10}$	$1,836 \cdot 10^{12}$	$4,26 \cdot 10^{13}$	$1,26 \cdot 10^{14}$	$1,489 \cdot 10^{14}$
	<b>5atm</b>	$1,387 \cdot 10^{12}$	$1,365 \cdot 10^{14}$	$3,145 \cdot 10^{15}$	$9,217 \cdot 10^{15}$	$1,087 \cdot 10^{16}$
	<b>10atm</b>	$8,419 \cdot 10^{12}$	$8,277 \cdot 10^{14}$	$1,903 \cdot 10^{16}$	$5,558 \cdot 10^{16}$	$6,545 \cdot 10^{16}$
$O_3(m^{-3})$	<b>0.01atm</b>	0,00903	9,045	1136	6642	8841
	<b>0.1atm</b>	250,4	251400	$3,1861 \cdot 10^7$	$1,871 \cdot 10^8$	$2,491 \cdot 10^8$
	<b>1atm</b>	863700	$8,654 \cdot 10^8$	$1,09 \cdot 10^{11}$	$6,38 \cdot 10^{11}$	$8,494 \cdot 10^{11}$
	<b>5atm</b>	$1,502 \cdot 10^8$	$1,5021 \cdot 10^{11}$	$1,88 \cdot 10^{13}$	$1,098 \cdot 10^{14}$	$1,461 \cdot 10^{14}$
	<b>10atm</b>	$1,305 \cdot 10^9$	$1,304 \cdot 10^{12}$	$1,625 \cdot 10^{14}$	$9,473 \cdot 10^{14}$	$1,261 \cdot 10^{15}$

*Tableau IV.2. Densité des espèces en fonction de la concentration en  $O_2$  pour la température 12000K*

### IV.3. CONCLUSION

L'analyse de ces graphes montre que l'influence de la concentration sur la composition chimique des espèces est très importante pour toutes les espèces, surtout pour les hautes pressions et les hautes températures. Néanmoins, elle dépend de chaque espèce, par exemple pour les radicaux N et O l'influence de la concentration est significative à partir de 15000K alors que pour  $(N_2)^+$ ,  $(O_2)^-$  et  $O_3$  elle est significative respectivement à partir de 7000K, 5000K, et 3000K. Cette influence est différente à cause des énergies de dissociation et d'ionisation qui sont différentes pour toutes ces espèces.