Direction des inventaires forestiers

REHAUSSEMENT DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

dans un contexte de photo-interprétation écoforestière

2018

ENSEMBLE on fait avancer le Québec

Cégep de Sainte-Foy

Québec

Rédaction

Martin Dupuis, M. Sc.
Cégep de Sainte-Foy

Julie Lessard, agente de recherche en géomatique
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
Unité de gestion de Mistassini

Guillaume Tremblay-Boulet, ing.f.
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
Unité de gestion de Mistassini

Collaboration spéciale

Éric Vaillancourt, techn. forest., photo-interprète
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Antoine Leboeuf, Ph. D., ing. f.
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Révision linguistique

Ann Lamontagne, Réviseure

Mise en page

Martin Dupuis, M. Sc.
Cégep de Sainte-Foy

Illustrations et cartes

Martin Dupuis, M. Sc.
Cégep de Sainte-Foy

Éric Vaillancourt, techn. forest., photo-interprète
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Julie Lessard, agente de recherche en géomatique
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
Unité de gestion de Mistassini

Mentions de source des photographies aériennes

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec.
Secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers

Table des matières

Introduction 1

Notions d'amélioration des images à couleurs réelles (RVB) 3

1. Outils « Imagery » 3
2. Affichage de la fenêtre de rehaussement d'image (Image Adjustment) 3
3. Luminosité (Brightness) 4
4. Contraste (Contrast) 4
5. Saturation 5
6. Netteté (Sharpen) 5
7. Bandes spectrales (rouge, verte, bleue) 5
8. Gamma 7
9. Rehaussement du contraste 7

a. Histogramme d'une image 7

b. Rehaussement linéaire du contraste (Contrast Strech, Std Dev) 8

c. Égalisation d'histogramme (*Histogram Equalization*) 8

Histogram Equalization 8

Threshold min and max 9

10. Outils « Localized Histogram » 10

Cas n° 1 13

Rehaussement de base dans une forêt mature 13

1. Identification des essences clés 13
2. Rehaussement de base 13
3. Constats et solutions 14

Cas n° 2 19

Rehaussement d'une image avec une forte luminosité 19

1. Identification des essences clés 19
2. Rehaussement de base 19
3. Constats ou problématiques 19

Cas n° 3 25

Rehaussement d'une image avec une dominance de jaune 25

1. Identification des essences clés 25
2. Rehaussement de base 25
3. Constats et solutions 25

Cas n° 4 29

Rehaussement d'une image avec une dominance de jaune 29

1. Identification des essences clés 29
2. Rehaussement de base 29
3. Constats et solutions 29

Cas n° 5 35

Rehaussement d'une image avec une dominance de rouge 35

1. Identification des essences clés 35
2. Rehaussement de base 35
3. Constats et solutions 35

Cas n° 6 41

Rehaussement d'une image avec une dominance de vert 41

1. Identification des essences clés 41
2. Rehaussement de base 41
3. Constats et solutions 41

Cas n° 7 47

Rehaussement d'une image voilée 47

1. Identification des essences clés 47
2. Rehaussement de base 47
3. Constats et solutions 47

Cas n° 8 53

Rehaussement d'une image prise l'automne 53

1. Identification des essences clés 53
2. Rehaussement de base 53
3. Constats et solutions 53

Cas n° 9.....57

Rehaussement de base en forêt juvénile.....57

1. Identification d'un secteur témon 57
2. Rehaussement de base 57
3. Constats et solutions.....58

Cas n° 10.....63

Rehaussement d'une image avec coupe récente 63

1. Localisation d'un secteur témoin.....63
2. Rehaussement de base 63
3. Constats ou problématiques.....63

Cas n° 11.....67

Rehaussement d'une image avec régénération inférieure à 1,5m.....67

1. Localisation d'un secteur témoin.....67
2. Rehaussement de base 67
3. Constats ou problématiques.....67

Cas n° 12.....71

Rehaussement d'une image avec régénération au stade gaulis (1,5m à 7m).....71

1. Localisation d'un secteur témoin.....71
2. Rehaussement de base 71
3. Constats ou problématiques.....71

ANNEXE 80

RÉSUMÉ DES REHAUSSEMENTS.....80

Bibliographie 84

Liste des figures

Figure 1. Menu « Imagery ». 3

Figure 2. Barre d'outils « Imagery ». 3

Figure 3. Fenêtre « Image Adjustments ». 4

Figure 4. Réglage des paramètres avec la fenêtre « Image Adjustments ». 4

Figure 5. Exemple d'une photographie originale (à gauche) et d'une photographie avec une luminosité de +100 (à droite). 4

Figure 6. Exemple d'une photographie originale (en haut), d'une photographie avec un contraste de -60 (en bas, à gauche) et d'une photographie avec un contraste de +60 (en bas, à droite). 5

Figure 7. Exemple d'une photographie originale (en haut), d'une photographie avec une saturation de -100 (en bas, à gauche) et d'une photographie avec une saturation de +100 (en bas, à droite) 5

Figure 8. Exemple d'une image avec composante rouge (en haut, à gauche), avec composante verte (en haut, à droite), avec composante bleue (en bas, à gauche) et avec superposition des trois composantes. 6

Figure 9. Les couleurs RVB et le résultat de leur mélange 6

Figure 10. Réglage des couleurs dans la fenêtre « Image Adjustments ». 6

Figure 11. Exemples d'histogrammes d'images foncée, claire, à faible contraste et à fort contraste. 7

Figure 12. Exemple d'une photographie originale (à gauche) et d'une photographie avec un rehaussement linéaire de contraste maximal (à droite) 8

Figure 13. Rehaussement linéaire du contraste dans la fenêtre « Image Adjustments ». 8

Figure 14. Rehaussement non linéaire du contraste dans la fenêtre « Image Adjustments » (Histogram Equalization). 9

Figure 15. Histogrammes des bandes rouge, verte et bleue d'une même image. 9

Figure 16. Réglage de la fonction « *Threshold min and max* » (une bande à la fois). 10

Figure 17. Réglage de la fonction « *Threshold min and max* » (trois bandes simultanément) 10

Figure 18. Outils « Localized Histogram » de la barre d'outils « Imagery ». 10

Figure 19. Outil « Adjust Localized Image Now » de la barre d'outils « Imagery » 10

Figure 20. Outils « Auto Localized Histogram » de la barre d'outils « Imagery » 11

Figure 21. Outils « Turn off Localized Image Adjustment » de la barre d'outils « Imagery ». 11

Figure 24. Exemple d'une photographie aérienne non rehaussée dans un secteur feuillu de l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest (Outaouais). Échelle approximative : 1/3000. 15

Figure 25. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans un secteur feuillu de l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/3000. 15

Figure 26. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié dans un secteur feuillu de l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : 40; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/600. 16

Figure 27. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans un secteur résineux de l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/5000. 16

Figure 28. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans un secteur résineux de l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/1000. 17

Figure 29. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image trop lumineuse – Essai 1. 19

Figure 30. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image trop lumineuse – Essai 2. 20

Figure 32. Exemple d'une photographie aérienne non rehaussée dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est. Échelle approximative : 1/5000. 20

Figure 33. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/5000.....21

Figure 34. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 30; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/6000.....21

Figure 35. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 30; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -50; bleu : -35). Échelle approximative : 1/6000.....22

Figure 36. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 30; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -50; bleu : -35). Échelle approximative : 1/1000.....22

Figure 37. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 30; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -50; bleu : -35). Échelle approximative : 1/500.....23

Figure 38. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de jaune – Essai 1.....25

Figure 39. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de jaune – Essai 2.....26

Figure 41. Exemple d'une photographie aérienne non rehaussée dans la pessière à mousse de l'Est. Échelle approximative : 1/5000.....26

Figure 42. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans la pessière à mousse de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/5000. 27

Figure 43. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 1) dans la pessière à mousse de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 35; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/5000. 27

Figure 44. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 2) dans la pessière à mousse de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 35; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -60; bleu : -40). Échelle approximative : 1/700. 28

Figure 45. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de jaune – Essai 1. 29

Figure 46. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement. 30

Figure 47. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de jaune – Essai 2. 30

Figure 49. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est. Échelle approximative : 1/7000. 31

Figure 50. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/7000. 31

Figure 51. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -80; bleu : -35). Échelle approximative : 1/7000. 32

Figure 52. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté :

10; rouge : 10; vert : -80; bleu : -35). Échelle approximative : 1/2000.....32

Figure 53. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -80; bleu : -55). Échelle approximative : 1/2000.....33

Figure 54. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est. Échelle approximative : 1/20 000.....35

Figure 55. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement de base dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est. Échelle approximative : 1/20 000.....36

Figure 56. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de rouge – Essai 1. 36

Figure 57. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de rouge – Essai 2. 36

Figure 59. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 35; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 0; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/5000. 37

Figure 60. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 32; contraste : 70; saturation : 53; netteté : 10; rouge : 0; vert : -20; bleu : -35). Échelle approximative : 1/5000. 38

Figure 61. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 32; contraste : 70; saturation : 53; netteté : 10; rouge : 0; vert : -20; bleu : -35). Échelle approximative : 1/2000. 38

Figure 62. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 32; contraste : 70; saturation : 53; netteté : 10; rouge : 0; vert : -20; bleu : -35). Échelle approximative : 1/700. 39

Figure 63. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 32; contraste : 70; saturation : 53; netteté : 10; rouge : 0; vert : -20; bleu : -35). Échelle approximative : 1/700.....39

Figure 64. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image trop verte – Essai 1. 41

Figure 65. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image trop verte – Essai 2 (résineux). 42

Figure 67. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image trop verte – Essai 3 (feuillus) 42

Figure 69. Exemple d'une photographie aérienne non rehaussée dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (Portneuf). Échelle approximative : 1/6000. 43

Figure 70. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/6000. 43

Figure 71. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -35). Échelle approximative : 1/6000. 44

Figure 72. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 65; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -35). Échelle approximative : 1/6000. 44

Figure 73. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 65; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -50). Échelle approximative : 1/1000. 45

Figure 74. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 3 – feuillus) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 55; contraste : 75;

saturation : 45; netteté : 10; rouge : 65; vert : -100; bleu : -100). Échelle approximative : 1/2000. 45

Figure 75. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 3 – feuillus) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 55; contraste : 75; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 65; vert : -100; bleu : -100). Échelle approximative : 1/1000. 46

Figure 77. Exemple d'une photographie aérienne voilée avec un rehaussement de base. 48

Figure 78. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image voilée – Essai 1. 48

Figure 79. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de jaune – Essai 2. 48

Figure 80. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de jaune – Essai 3. 49

Figure 81. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -35). Échelle approximative : 1/7000. 50

Figure 82. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 55; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -35). Échelle approximative : 1/5000. 50

Figure 83. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 3) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 55; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -80). Échelle approximative : 1/5000. 51

Figure 84. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 3) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 55; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -80). Échelle approximative : 1/1500. 51

Figure 85. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 3) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 55; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -80). Échelle approximative : 1/900. 52

Figure 86. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 3) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 55; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -80). Échelle approximative : 1/900. 52

Figure 87. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image prise l'automne – Essai 1. 53

Figure 88. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image prise l'automne – Essai 2. 54

Figure 90. Exemple d'une photographie aérienne prise l'automne sans rehaussement dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest. Échelle approximative : 1/10 000. 55

Figure 91. Exemple d'une photographie aérienne prise l'automne avec un rehaussement de base dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/10 000. 55

Figure 92. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : 40; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -55; bleu : -45). Échelle approximative : 1/7000. 56

Figure 93. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : 40; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -55; bleu : -45). Échelle approximative : 1/2000. 56

Figure 94. Paramètres de rehaussement de base appliqué en forêt juvénile. 57

Figure 96. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans la pessière à mousse de l'Ouest. Échelles approximatives : 1/4000 et 1/800. 58

Figure 97. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans un secteur résineux de la pessière à mousse de l'Ouest (paramètres de

rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelles approximatives : 1/4000 et 1/800. 58

Figure 98. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest. Échelle approximative : 1/3000. 59

Figure 99. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans un secteur en régénération de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/3000. 59

Figure 100. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans une plantation au stade gaulis de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest. Échelle approximative : 1/2500. 60

Figure 101. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base plantation au stade gaulis de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/2500. 60

Figure 103. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans une CPRS de la pessière à mousse de l'Ouest (paramètres de base en forêt juvénile : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/1000. 64

Figure 104. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans une CPRS de pessière à mousse de l'Ouest (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/1000. 64

Figure 105. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 1) dans une CPRS de la pessière à mousse de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : -20; contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/1000. 65

Figure 106. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans une CPRS de la pessière à mousse de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : -20; contraste : 35; saturation : 10; netteté : 10; bleu : 5). Échelle approximative : 1/1000. 65

Figure 107. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans une jeune plantation de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest, plantation de deux ans. Échelle approximative : 1/1000. 68

Figure 108. Exemple d'une photographie aérienne avec le rehaussement de base dans une jeune plantation de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest, plantation de deux ans (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/1000. 68

Figure 109. Exemple d'une photographie aérienne avec le rehaussement de base modifié dans une jeune plantation de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest, plantation de deux ans (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10; rouge : 5; vert : -10; bleu : 5). Échelle approximative : 1/1000. ... 69

Figure 110. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans une jeune plantation de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest, plantation de deux ans. Échelle approximative : 1/1000. 70

Figure 111. Exemple d'une photographie aérienne avec le rehaussement de base dans une jeune plantation de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest, plantation de deux ans (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/1000. 70

Figure 112. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans un peuplement au stade de gaulis de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest. Échelle approximative : 1/1400. 73

Figure 113. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement de base dans un peuplement au stade de gaulis de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/1400. 73

Figure 114. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement de base modifié (Essai 1) dans un peuplement au stade de gaulis de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : -5; contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10; rouge : -20; vert : -30; bleu : 20). Échelle approximative : 1/1400. 74

Figure 115. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement de base dans un peuplement mixte au stade gaulis de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/1500. 75

Figure 116. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement de base modifié (Essai 1) dans un peuplement mixte au stade gaulis de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : -11; contraste : 55; saturation : 33; netteté : 10; coché « Contrast Stretch », Std Dev à 2.7). Échelle approximative : 1/1400. 75

Figure 117. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans un peuplement traité en EPC de la pessière à mousse de l'Ouest. Échelle approximative : 1/1000. 76

Figure 118. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement dans un peuplement traité en EPC de la pessière à mousse de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : -22; contraste : 70; saturation : 33; netteté : 11; cocher « Histogram Equalization »). Échelle approximative : 1/1000. 76

Figure 119. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement d'un peuplement mixte au stade gaulis dans une sapinière à bouleau blanc de l'Ouest. Échelle approximative : 1/1000.....77

Figure 120. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement d'un peuplement mixte au stade gaulis dans une sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : -33; contraste : 55; saturation : 33; netteté : 11; gamma : 0.650; cocher « Histogram Equalization »). Échelle approximative : 1/1000.....77

Figure 121. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement d'un peuplement mixte au stade gaulis dans une sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : -5; contraste : 60; saturation : 44; netteté : 11; cocher « Threshold min and max » et ajuster manuellement le graphique pour chacune des couleurs pour que celui-ci étende les coule. Échelle approximative : 1/1000. 78

Liste des tableaux

Tableau 1. Teintes des pins blanc et rouge, du chêne rouge, des frênes, de l'érable à sucre, du peuplier, du pin rouge, de l'épinette noire et du sapin baumier après rehaussement de base. 14

Tableau 2. Teintes de l'épinette noire, du sapin baumier, du bouleau jaune et du bouleau à papier après rehaussement de base modifié. 19

Tableau 3. Teintes de l'épinette noire et du sapin baumier après rehaussement de base modifié. 26

Tableau 4. Teintes du bouleau jaune, de l'érable à sucre, de l'érable rouge et du peuplier faux-tremble après rehaussement. 29

Tableau 5. Teintes de l'érable à sucre et de l'érable rouge, du bouleau jaune, du sapin baumier et de l'épinette rouge après rehaussement de base modifié. 37

Tableau 6. Teintes de l'épinette noire et du sapin baumier après rehaussement de base. 42

Tableau 7. Teintes de l'érable rouge, du peuplier faux-tremble, du sapin baumier et de l'épinette noire après rehaussement de base. 49

Tableau 8. Teintes des érables et du bouleau jaune après rehaussement de photographies prises l'automne. 53

Tableau 9. Principaux critères d'identification des essences et autres éléments après rehaussement de base au stade juvénile. 61

Introduction

Depuis 2007, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec produit les cartes écoforestières à l'aide de systèmes informatisés de visualisation en trois dimensions. Les photographies numériques utilisées pour les produire sont captées par des caméras numériques aériennes dont la résolution (pixel) varie de 20 à 30 cm au sol.

L'utilisation d'une caméra numérique aérienne permet d'obtenir diverses bandes spectrales et, simultanément, des photographies couleur (RVB), panchromatiques et infrarouges (IRC). Les images numériques ont l'avantage de permettre la manipulation des valeurs enregistrées pour chaque pixel (RNCan, 2017). On nomme ces modifications le rehaussement. On procède au rehaussement des images pour en faciliter l'interprétation visuelle et la compréhension en s'efforçant de donner à chaque espèce une teinte qui lui est propre.

Dans la plupart des cas, le rehaussement des couleurs permet d'obtenir des teintes assez constantes d'un projet de photo-interprétation à l'autre. Cependant, différents facteurs peuvent rendre le rehaussement de certaines images plus ardu. Les conditions atmosphériques au moment de leur saisie, l'heure ou la saison sont quelques-uns des facteurs pouvant influencer la qualité des images.

Il existe également des différences dans la perception des couleurs chez les utilisateurs. C'est pourquoi la comparaison entre les essences est souvent relative (plus jaune, plus foncée, etc.).

La teinte est l'un des nombreux critères d'interprétation qui permet d'identifier les essences forestières. L'avènement des photographies en couleurs réelles ne signifie pas l'abandon des autres critères tels le profil, la projection, l'écologie, etc. Le photo-interprète doit utiliser tous les critères à sa disposition pour interpréter les éléments perceptibles sur l'image.

Ce document présente, en premier lieu, quelques notions de base liées à l'amélioration des images et, en second lieu, une série de cas de rehaussement, avec rehaussement de base et procédure de rehaussement des images selon les cinq étapes ci-dessous.

1. Application d'un rehaussement de base
2. Constat de la problématique et réglage des paramètres non liés à la couleur : luminosité, contraste, saturation, netteté
3. Modification du vert (abaissement) par bonds de dix unités jusqu'à l'absence d'amélioration
4. Modification du bleu (abaissement) par bonds de dix unités jusqu'à l'absence d'amélioration
5. Modification du rouge (ajout) par bonds de dix unités jusqu'à l'absence d'amélioration.

Les cas 1 à 8 proposent des rehaussements pour des images de forêts matures alors que les cas 9 à 12 proposent des rehaussements pour des images de forêts à divers stades juvéniles.

Notions d'amélioration des images à couleurs réelles (RVB)

D'entrée de jeu, bien que le présent document présente les paramètres à l'aide du logiciel Summit Evolution de la compagnie DAT/EM, il est à noter que les principaux concepts peuvent s'appliquer à d'autres logiciels de traitement d'images tels IrfanView, Photoshop, etc.

1. Outils « Imagery »

La plupart des logiciels de traitement d'images possèdent des outils permettant d'obtenir de l'information sur les photographies utilisées ou de les améliorer.

Avec le logiciel Summit Evolution, on accède à ces outils en sélectionnant « Imagery » dans le menu principal (Figure 1).

L'outil le plus utilisé pour l'amélioration d'image est « Image Adjustments ».

2. Affichage de la fenêtre de rehaussement d'image (Image Adjustment)

Pour accéder à la fenêtre de rehaussement d'image du logiciel Summit Evolution, il suffit de sélectionner « Imagery/Image Adjustments » dans le menu principal ou de cliquer sur l'icône « Image Adjustments » de la barre d'outils « Imagery » (Figure 2).

Dans la fenêtre « Image Adjustments », il est possible d'ajuster certaines caractéristiques soit manuellement, soit automatiquement pour les images du modèle à l'écran. Dans un premier temps, les modifications sont apportées à l'image de gauche et à l'image de droite de façon indépendante (Figure 3).

Les paramètres « Brightness », « Contrast », « Saturation », « Sharpen », « Red », « Green » et « Blue » peuvent être ajustés sur une échelle de -100 à +100 (Figures 3 et 4). On peut les modifier en inscrivant la valeur désirée dans la cellule à droite de ceux-ci, en utilisant les flèches « Ajouter » ou « Diminuer » ou en déplaçant le curseur en cliquant sur la flèche déroulante.

En tout temps, il est possible de réinitialiser les valeurs par défaut en cliquant sur l'icône « Set default » située à l'extrême droite.

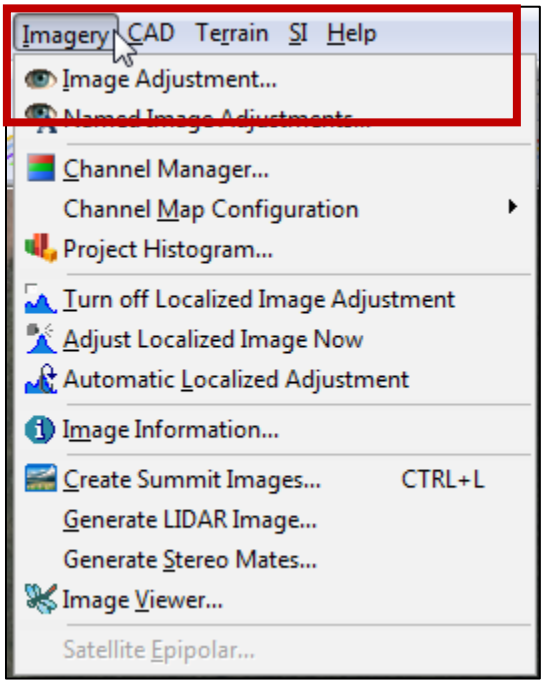


Figure 1. Menu « Imagery »[1].

Figure 2. Barre d'outils « Imagery ».

[1] Toutes les images de fenêtres d'outils sont tirées du logiciel Summit Evolution de DAT/EM Systems International.

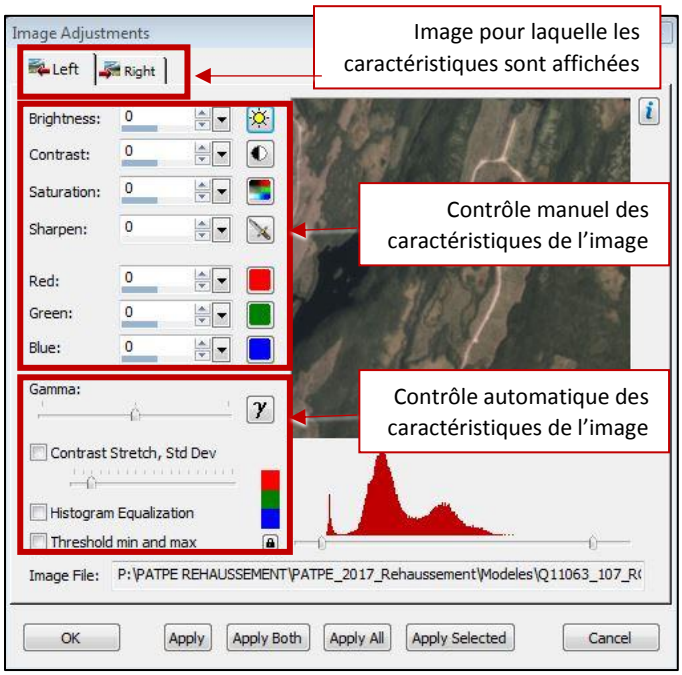


Figure 3. Fenêtre « Image Adjustments ».

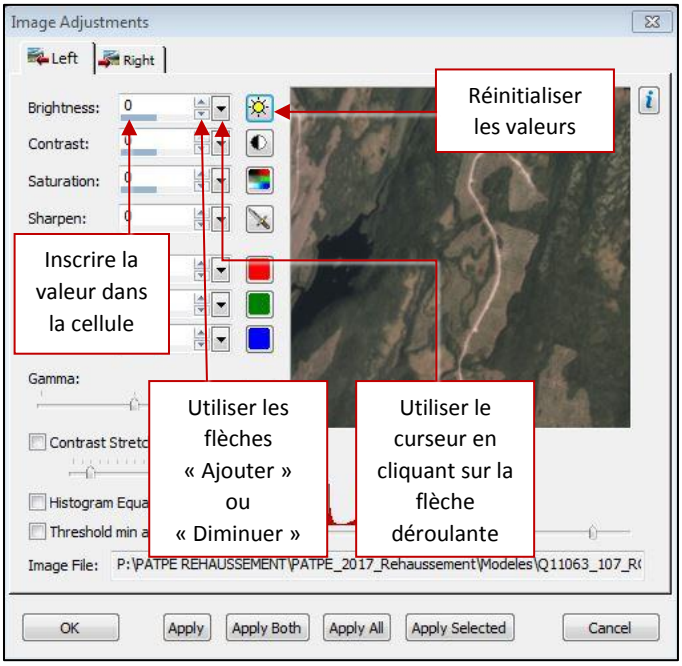


Figure 4. Réglage des paramètres avec la fenêtre « Image Adjustments ».

3. Luminosité (Brightness)

La luminosité est l'intensité lumineuse de l'image apparaissant à l'écran (Office québécois de la langue française, 2017). Cette fonction permet d'ajouter de la lumière aux photographies trop sombres ou d'en supprimer dans les photographies trop claires (Figure 5). L'augmentation ou la diminution de la luminosité est répartie de manière égale dans les zones ombragées et claires.

Les photographies aériennes prises en milieu forestier exigent souvent qu'on en augmente la luminosité.

Figure 5. Exemple d'une photographie originale (à gauche) et d'une photographie avec une luminosité de +100 (à droite).

4. Contraste (Contrast)

Le contraste d'une photographie est l'écart de luminosité entre les zones les plus sombres et les plus claires d'une image (Office québécois de la langue française, 2017).

En photo-interprétation, la modification permet d'accentuer les zones d'ombre et ainsi de mieux définir le pourtour des cimes. Un contraste mal ajusté entraînera une perte de détails dans les zones trop sombres ou trop claires (Figure 6).

Le contraste sera régulièrement augmenté, car il permet de mieux cerner les contours et les textures des différentes essences forestières.

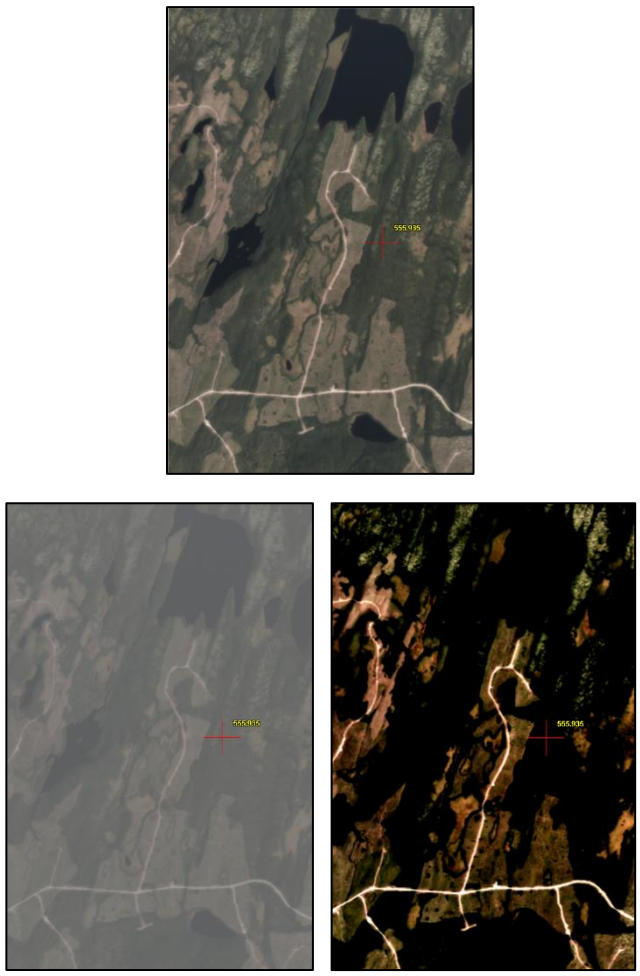


Figure 6. Exemple d'une photographie originale (en haut), d'une photographie avec un contraste de -60 (en bas, à gauche) et d'une photographie avec un contraste de +60 (en bas, à droite).

5. Saturation

La saturation d'une image représente la pureté des couleurs de celle-ci et sa modification permet d'accentuer l'écart entre les teintes. Une saturation faible se traduira par une image aux couleurs impures où domineront des nuances de gris. À l'inverse, une saturation forte affichera des couleurs vives et très intenses, souvent au détriment de la netteté (Figure 7) (Jensen, 2016).

En photo-interprétation écoforestière, il est courant de hausser la saturation afin d'accentuer les teintes propres à chaque espèce forestière.

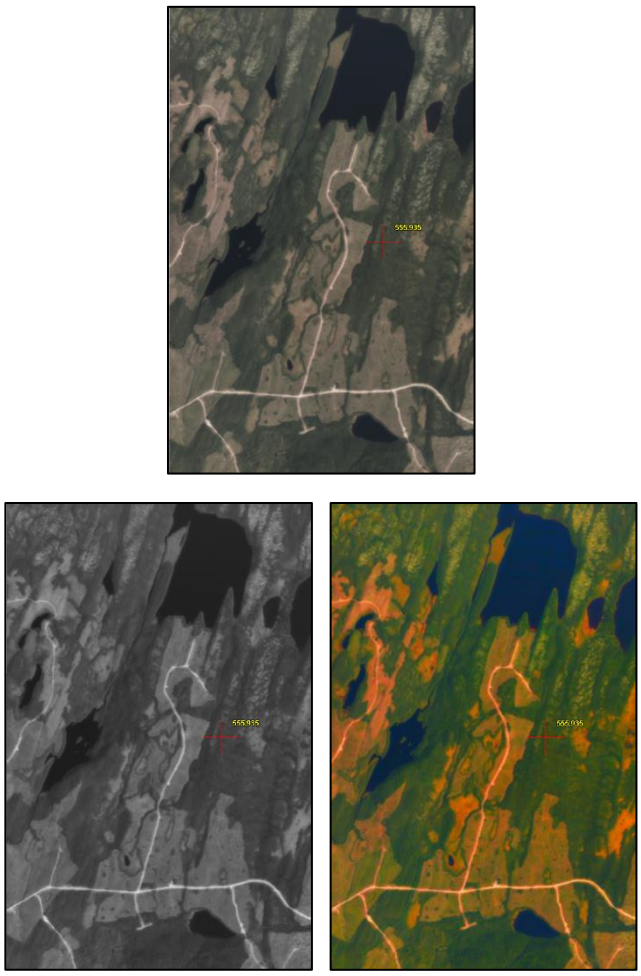


Figure 7. Exemple d'une photographie originale (en haut), d'une photographie avec une saturation de -100 (en bas, à gauche) et d'une photographie avec une saturation de +100 (en bas, à droite).

6. Netteté (Sharpen)

La netteté détermine la quantité de détails pouvant être perçus dans une image. Une modification de celle-ci change les contours des zones de teintes différentes (Brown, 2013). En photo-interprétation écoforestière, il est souvent utile d'accentuer la netteté afin de mettre l'accent sur la texture de l'image. Cependant, une trop grande accentuation de la netteté aura l'effet inverse de celui désiré, puisque certains détails risquent d'être perdus avec la pixellisation de l'image.

7. Bandes spectrales (rouge, verte, bleue)

Les photographies utilisées lors de la photo-interprétation sont composées de trois bandes spectrales (rouge, verte et bleue). L'addition de ces trois

bandes nous permet de voir la photographie en couleurs réelles (Figure 8).

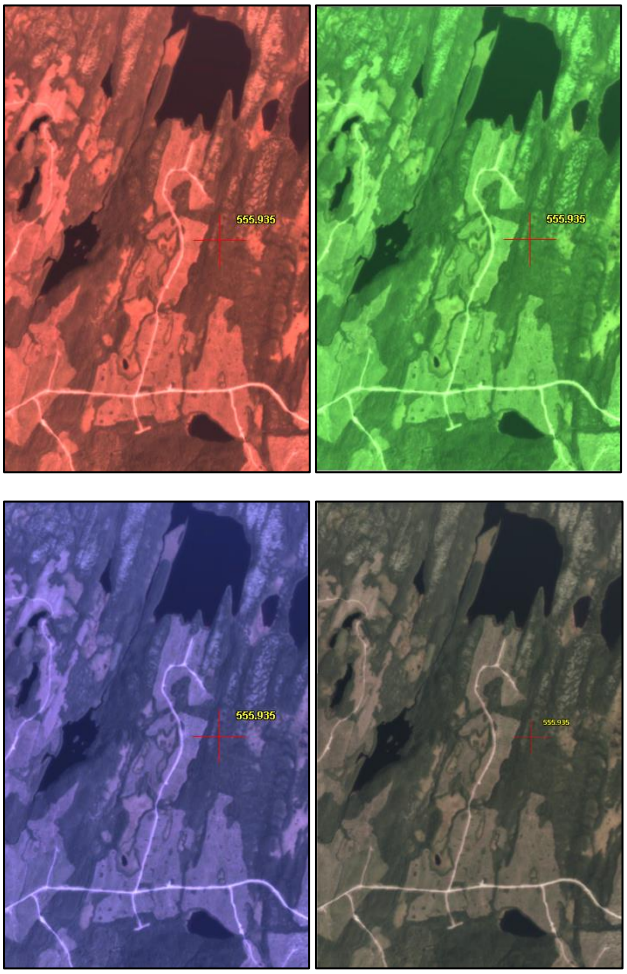


Figure 8. Exemple d'une image avec composante rouge (en haut, à gauche), avec composante verte (en haut, à droite), avec composante bleue (en bas, à gauche) et avec superposition des trois composantes.

Il est possible d'accentuer ou d'atténuer chacune des bandes de l'image, il en résultera une modification de la couleur de l'image suivant le principe de la synthèse additive des couleurs. Selon ce principe, l'addition des trois couleurs de base mène au blanc. La combinaison du rouge et du vert produit du jaune, le vert mélangé au bleu donne du cyan et le bleu additionné au rouge, du magenta (Figure 9).

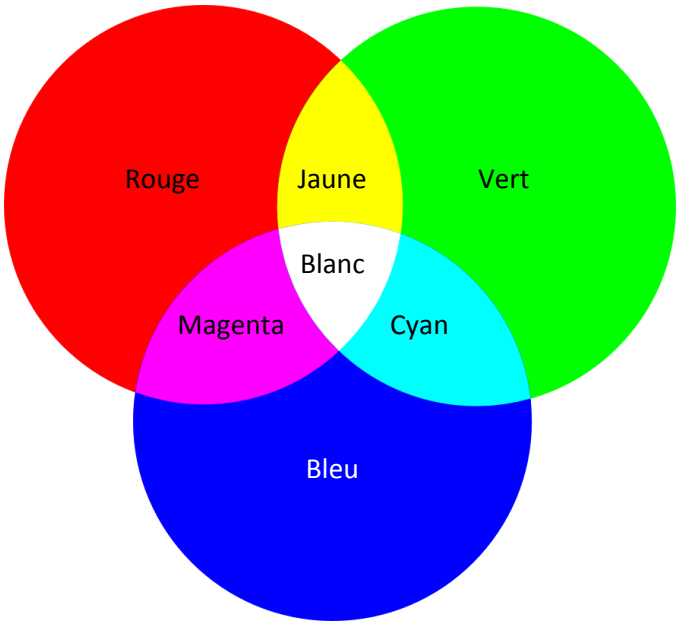


Figure 9. Les couleurs RVB et le résultat de leur mélange.

En milieu forestier, le vert étant très présent, il masque les autres couleurs. Aussi, cette bande sera souvent atténuée pour permettre aux autres couleurs d'être visibles.

Parallèlement, la bande rouge sera accentuée et la bande bleue atténuée afin de mettre les nuances en valeur.

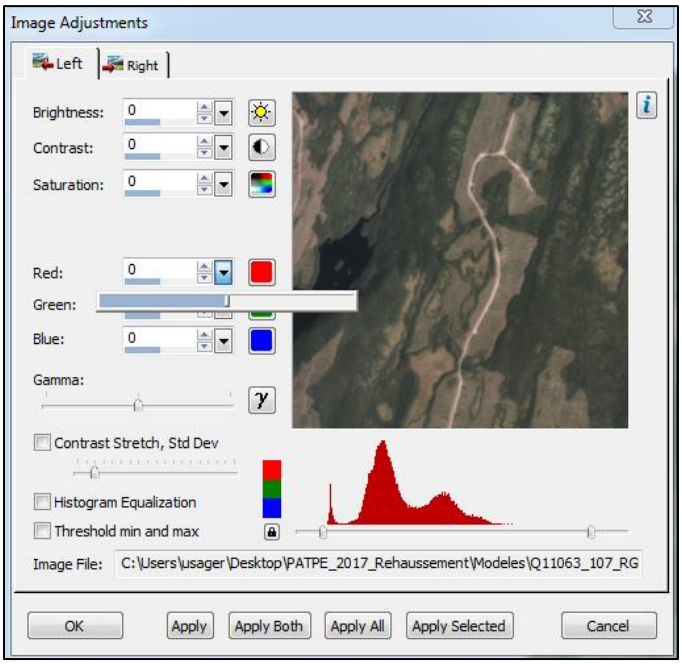


Figure 10. Réglage des couleurs dans la fenêtre « Image Adjustments ».

8. Gamma

La valeur gamma fait référence au degré de contraste entre les valeurs de gris de niveau moyen d'un jeu de données raster. La valeur gamma n'a pas d'effet sur les valeurs noires ou blanches dans un jeu de données raster, elle en a seulement sur les valeurs centrales. En appliquant une correction gamma, on contrôle la luminosité globale d'un jeu de données raster. Les valeurs gamma inférieures à un (1) diminuent le contraste dans les zones plus sombres et augmentent le contraste dans les zones plus claires. L'image est ainsi assombrie sans qu'il y ait saturation des zones sombres ou claires de l'image. Cela permet de mettre les détails en valeur dans les entités plus claires. Inversement, les valeurs gamma supérieures à un (1) augmentent le contraste dans les zones plus sombres. En outre, la valeur gamma modifie non seulement la luminosité, mais également les ratios de rouge, de vert et de bleu (ESRI, 2017).

9. Rehaussement du contraste

a. Histogramme d'une image

Les photographies aériennes sont composées de pixels. Chacun de ces pixels est caractérisé par une valeur d'intensité variant de 0 à 255 pour les images de huit bits. Les valeurs les plus petites correspondent au noir et les valeurs les plus grandes, aux blancs.

L'histogramme d'une image montre le nombre de pixels (axe des Y) correspondant pour chaque valeur d'intensité (axe des X). Les tons sombres se situent dans la partie gauche du graphe et les tons clairs dans celle de droite. La hauteur de chaque point indique le nombre de pixels correspondant (Figure 11).

Une image parfaitement exposée avec un bon niveau de contraste affichera une gamme de tonalités allant du noir au blanc et dans laquelle la plupart des pixels se trouvent dans la zone des tons moyens. Dans les photos sous-exposées, les pixels sont regroupés à gauche alors que dans celles qui sont surexposées ils sont regroupés à droite. Les pixels des images à faible contraste sont regroupés en bloc alors que ceux des photos à fort contraste sont répartis dans tout le spectre.

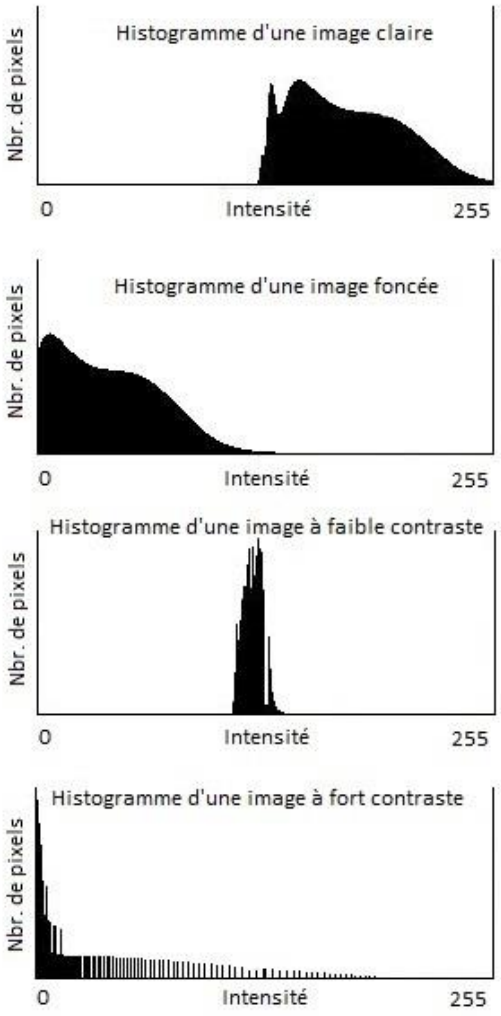


Figure 11. Exemples d'histogrammes d'images foncée, claire, à faible contraste et à fort contraste.

Intuitivement, il est raisonnable de conclure qu'une image dont les pixels occupent le plus large intervalle d'intensité possible, uniformément distribués, sera très contrastée, présentera une grande variété de tons et comportera, de ce fait, un plus grand nombre de détails.

En distribuant les niveaux d'intensité différemment, il est possible d'obtenir différents types de rehaussement. Plusieurs méthodes permettent de rehausser le contraste et les détails d'une image.

b. Rehaussement linéaire du contraste (Contrast Strech, Std Dev)

La méthode la plus simple consiste en un rehaussement linéaire du contraste qui étire l'intervalle de façon uniforme afin d'utiliser la totalité des valeurs de 0 à 255. Ce procédé rehausse le contraste en pâlissant davantage les régions claires et en assombrissant davantage les régions foncées. Dans certaines circonstances, cela facilite l'interprétation visuelle. La figure 12 montre le contraste avant et après un rehaussement linéaire (RNCan, 2017).

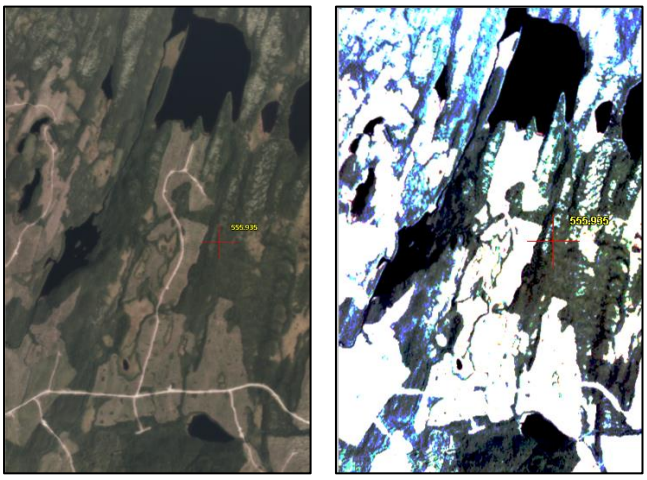


Figure 12. Exemple d'une photographie originale (à gauche) et d'une photographie avec un rehaussement linéaire de contraste maximal (à droite).

Pour appliquer cette méthode, on trouve les limites d'intensité supérieures et inférieures sur l'histogramme (les valeurs minimales et maximales) et, à l'aide d'une transformation linéaire, on étend ces valeurs à l'ensemble des valeurs disponibles (RNCan, 2017).

Le logiciel Summit Evolution détermine les valeurs minimales et maximales à l'aide de l'écart-type à la moyenne des valeurs d'intensité. Les valeurs sous la limite inférieure (ex. : écart-type de -1) se verront attribuer la valeur « 0 » et les valeurs au-dessus de la limite supérieure (ex. : écart-type de +1) se verront attribuer la valeur « 255 ».

Cette méthode est à privilégier avec des histogrammes dont la distribution est normale et qui ne comportent qu'un mode.

Elle est de plus reconnue pour augmenter considérablement les contrastes.

Il est possible d'utiliser le rehaussement linéaire du contraste en cochant la case « *Constrast Strech, Std Dev* » et en déplaçant le curseur.

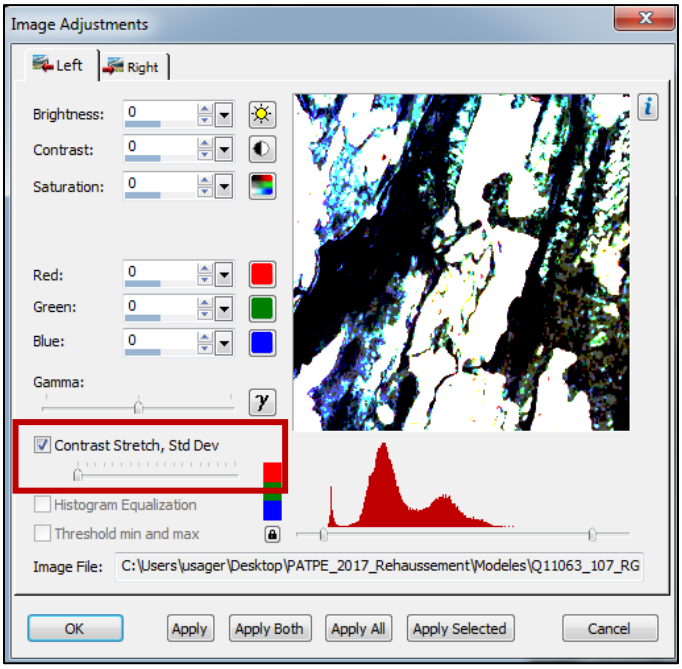


Figure 13. Rehaussement linéaire du contraste dans la fenêtre « Image Adjustments ».

c. Égalisation d'histogramme (*Histogram Equalization*)

La fonction « Histrogram Equalization » est une technique de rehaussement non linéaire du contraste. Elle diffère des autres techniques de rehaussement, les données étant redistribuées selon un histogramme des fréquences cumulées. Un algorithme est appliqué à toutes les valeurs de luminosité permettant d'appliquer le plus grand rehaussement à l'intervalle le plus populeux. Cela réduit automatiquement le contraste dans les parties les plus pâles ou les plus sombres de l'image (Jensen, 2016).

L'utilisation de la fonction « Histogram Equalization » dans le logiciel Summit peut être faite selon deux méthodes.

<u>Histogram Equalization</u>

La première méthode applique un algorithme qui utilise par défaut toutes les valeurs de luminosité (de 0 à 255). Contrairement à la méthode « *Threshold min and max* »,

elle ne permet pas d'exclure certaines régions du spectre.

Pour activer cette méthode, il faut cocher la case « Histogram Equalization » (Figure 14). Notez que les curseurs de l'histogramme se positionnent sous les valeurs 0 et 255 et que leur déplacement n'a aucun impact sur l'image.

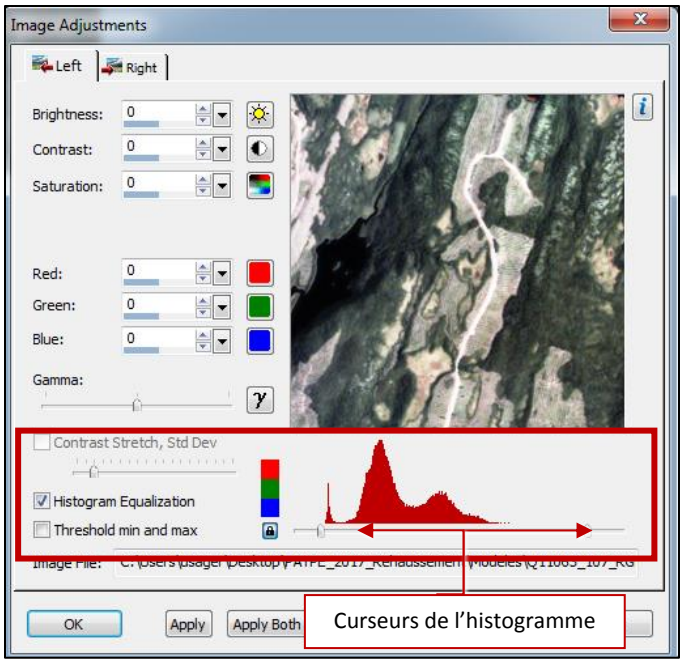


Figure 14. Rehaussement non linéaire du contraste dans la fenêtre « Image Adjustments » (Histogram Equalization).

Threshold min and max

Cette seconde méthode permet d'exclure certaines valeurs situées aux extrémités de l'histogramme (zones claires et foncées).

Il est possible d'exclure des valeurs extrêmes pour chacune des trois bandes composant l'image (rouge, verte et bleue). L'histogramme de chacune des bandes peut être visualisé en cliquant sur l'icône de la bande (Figure 15).

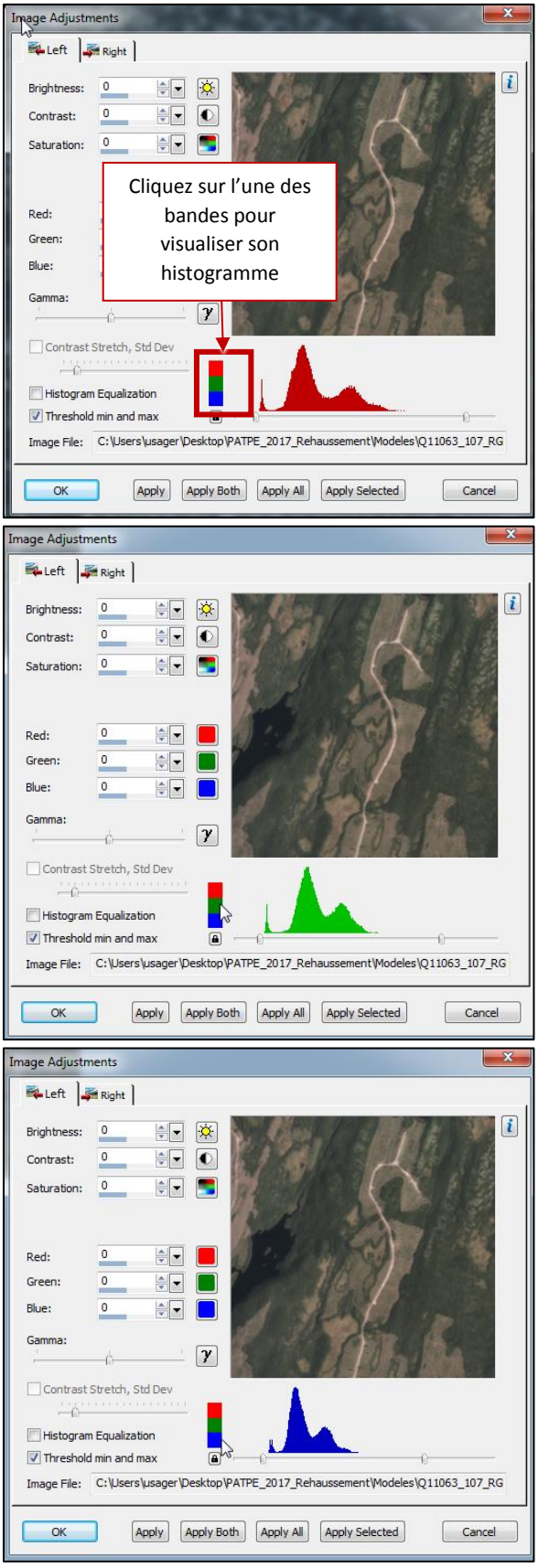


Figure 15. Histogrammes des bandes rouge, verte et bleue d'une même image.

Pour exclure les valeurs extrêmes de l'histogramme, cochez la case « *Threshold min and max* » et sélectionnez la bande dont vous voulez modifier les limites de calcul en cliquant sur sa case. Puis, ajustez les curseurs afin de délimiter les valeurs à utiliser pour l'histogramme (Figure 16).

Il est possible de régler les valeurs pour les trois bandes de l'image (rouge, verte, bleue) de façon indépendante.

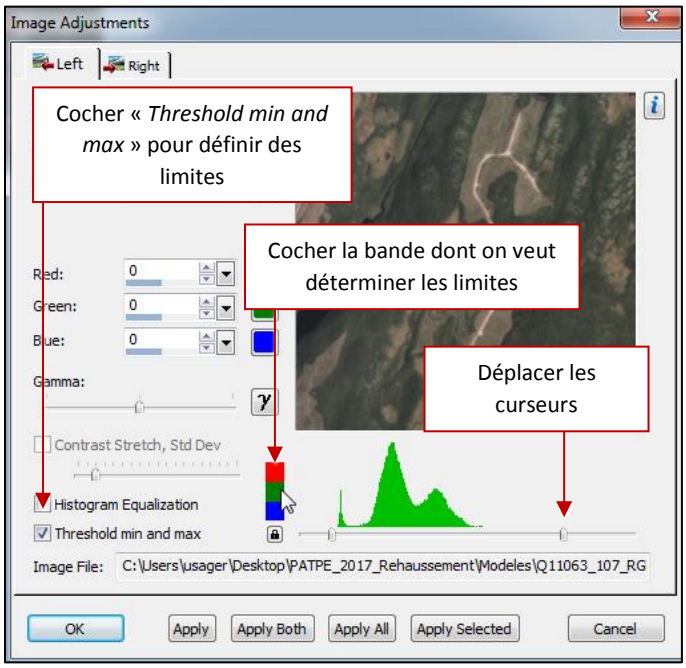


Figure 16. Réglage de la fonction « *Threshold min and max* » (une bande à la fois).

Il est aussi possible de modifier les limites de l'histogramme de façon simultanée pour les trois bandes de l'image. Pour ce faire, avant de déplacer les curseurs, cochez l'icône représentant un cadenas (Figure 17).

Après avoir exclu les valeurs extrêmes, vous pouvez réégaliser l'histogramme. Il suffit de cocher la case « *Histogram Equalization* ».

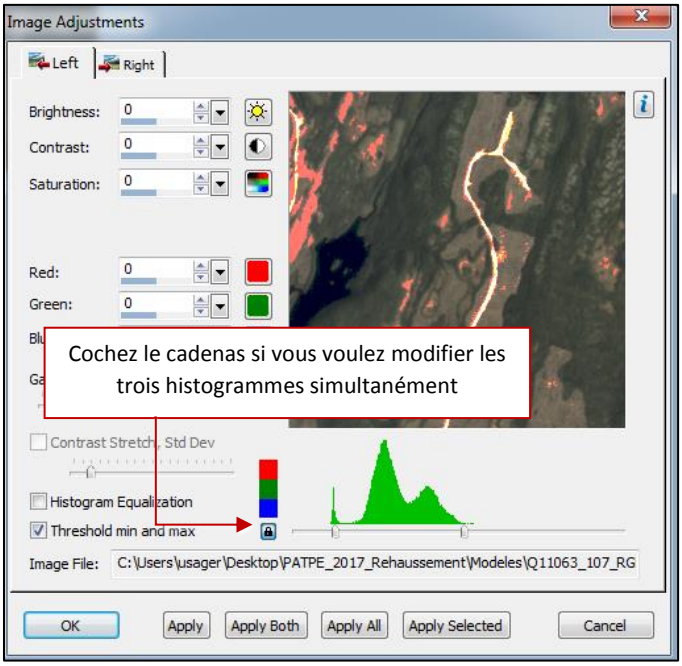


Figure 17. Réglage de la fonction « *Threshold min and max* » (trois bandes simultanément).

10. Outils « Localized Histogram »

Les outils « Localized Histogram » situés dans la barre d'outils « Imagery » permettent d'appliquer des rehaussements automatisés.

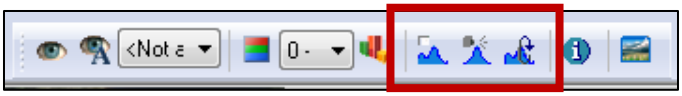


Figure 18. Outils « Localized Histogram » de la barre d'outils « Imagery ».

L'outil « Adjust Localized Image Now » active une égalisation d'histogramme (*histogram equalization*) basée sur les caractéristiques de la portion d'image située exactement sous le curseur. Le rehaussement sera appliqué à toute l'image jusqu'à ce qu'un changement de modèle soit apporté. Un changement de modèle stéréoscopique désactive le rehaussement.

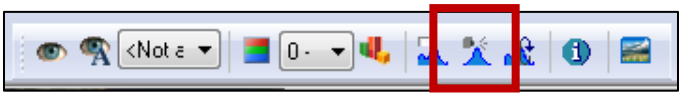


Figure 19. Outil « Adjust Localized Image Now » de la barre d'outils « Imagery ».

L'outil « Automatic Localized Histogram » active une égalisation d'histogramme (*histogram equalization*) basée sur les caractéristiques de la portion d'image située exactement sous le curseur. L'histogramme de

l'image sera constamment modifié avec les déplacements du curseur. Un changement de modèle stéréoscopique ne désactive pas cette fonction.

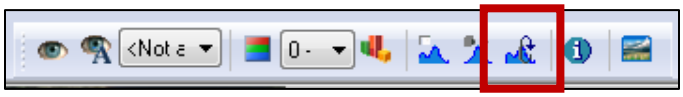


Figure 20. Outils « Auto Localized Histogram » de la barre d'outils « Imagery ».

L'icône « Turn off Localized Image Adjustment » annule les fonctions « Adjust Localized Image Now» et « Automatic Localized Histogram ».

Figure 21. Outils « Turn off Localized Image Adjustment » de la barre d'outils « Imagery ».

Cas n° 1

Rehaussement de base dans une forêt mature

Érablière à bouleau jaune de l'Ouest

1. Identification des essences clés

Ce premier cas illustre un rehaussement de base qui peut servir de point de départ à tout projet de photo-interprétation écoforestière.

En premier lieu, il importe de localiser un secteur où le rehaussement sera expérimenté et de choisir une photographie. Le rehaussement des photographies aériennes sera optimal dans un secteur représentatif du territoire à l'étude où se côtoient plusieurs essences. Une façon simple de procéder consiste à trouver un endroit qui comporte plusieurs degrés d'inclinaison (ex. : haut de pente, milieu de pente, bas de pente, terrain plat) où poussent, dans la mesure du possible, à la fois des résineux et des feuillus.

Le travail se fera à différentes échelles. D'abord à petite échelle (ex. : 1/10 000) afin de constater les paramètres des photographies à corriger, ensuite à grande échelle (ex. : 1/1000) afin de distinguer les diverses essences présentes sur le territoire.

Dans un contexte de photo-interprétation forestière, nous proposons de désigner certaines essences par l'expression « essences clés ». Ces dernières, choisies en raison de leur omniprésence sur le territoire québécois, ou de la confusion possible qu'elles peuvent créer les unes par rapport aux autres, seront utilisées pour le rehaussement. Une fois ces essences identifiées, il sera souvent facile de caractériser les autres essences présentes.

Pour les feuillus, les « essences clés » proposées sont l'érable à sucre, l'érable rouge et le bouleau jaune. Dans la très grande majorité des cas, après rehaussement, le bouleau jaune paraîtra vert foncé alors que les érables paraîtront plus clairs. C'est la texture qui permettra ensuite de distinguer l'érable à sucre de l'érable rouge. Quant aux résineux, les épinettes (blanche, noire ou rouge) et le sapin baumier sont les « essences clés » retenues. Après rehaussement, le sapin aura tendance à afficher une teinte plus verte et les épinettes une teinte plus jaune comme l'indiquent Leboeuf et Vaillancourt (2013).

2. Rehaussement de base

La seconde étape consiste à appliquer un rehaussement de base qui servira de point de départ pouvant être modulé au gré des situations. Ce rehaussement, qui peut se faire peu importe l'endroit où le projet se déroule au Québec, devrait être appliqué à petite échelle (entre 1/10 000 et 1/5000). Il a été développé à la suite de nombreux essais et ne constitue pas une panacée. D'autres rehaussements de base peuvent mieux convenir à certains utilisateurs. Les valeurs des paramètres de rehaussement de base proposés dans le présent ouvrage sont présentées à la figure 22 alors que les figures 24 et 25 illustrent une même photographie aérienne avec et sans rehaussement.

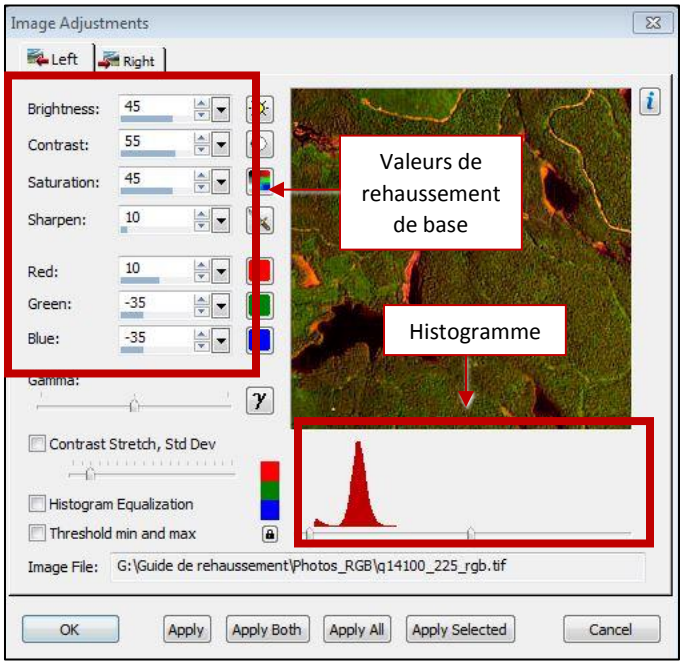


Figure 22. Paramètres de rehaussement de base appliqué en forêt mature.

3. Constats et solutions

Le secteur retenu pour cet exemple est situé dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest où l'on observe une grande variété d'essences. Une zone possédant à la fois des résineux et des feuillus a été retenue pour appliquer le rehaussement de base.

Une analyse sommaire de l'histogramme indique une image dont les teintes sont moyennement claires (concentrées à gauche) et le contraste plutôt faible. On remarque également un petit sommet à gauche du sommet principal causé par la présence d'un plan d'eau de couleur noire sur la photographie (Figure 22).

Dans cet exemple, le rehaussement de base modifie les photographies de manière satisfaisante. On constate notamment que les détails de chaque essence sont bien perceptibles, chaque individu peut être distingué de ses voisins, aucune couleur ne semble dominer exagérément les autres, les résineux et les feuillus ont des teintes qui leur sont propres, l'image est nette, etc. (Figure 25). À plus grande échelle, il est même possible de distinguer les principales essences présentes (Figure 26).

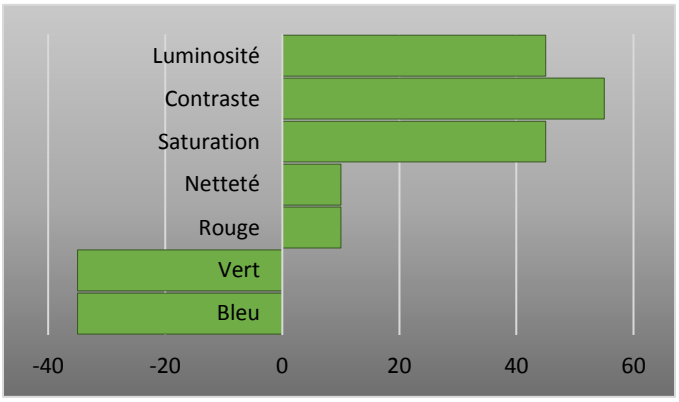


Figure 23. Résumé graphique des paramètres de rehaussement de base en forêt mature.

Les figures 24 à 26 présentent le résultat d'un rehaussement de base dans un secteur feuillu de l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest alors que les figures 27 et 28 présentent le résultat d'un rehaussement de base dans un secteur résineux du même sous-domaine bioclimatique.

Les photographies de cet exemple ont bien réagi au rehaussement de base et permettent de distinguer facilement les essences. Ce rehaussement de base induit des teintes fidèles à celles décrites par Leboeuf et Vaillancourt (2013) (Tableau 1).

Tableau 1. Teintes des pins blanc et rouge, du chêne rouge, des frênes, de l'érable à sucre, du peuplier, du pin rouge, de l'épinette noire et du sapin baumier après rehaussement de base.

Essence	Teinte
Pin blanc	Vert grisâtre clair
Pin rouge	Brun rougeâtre à rosé
Chêne rouge	Vert brunâtre à brun verdâtre
Frênes	Vert clair
Érable à sucre	Vert clair à vert bleuté
Peuplier à grandes dents	Vert brunâtre à brun pâle
Épinette noire	Vert jaunâtre à jaune brunâtre
Sapin baumier	Bleu foncé (mature) à vert très foncé bleuté (jeune)

Cependant, le rehaussement de base ne conduira pas dans tous les cas à une reconnaissance immédiate des essences forestières. Souvent, il devra être amélioré, car malgré son application l'interprétation des photographies peut s'avérer ardue. Lorsque les valeurs des paramètres doivent être modifiées, nous proposons de le faire par bonds de 10 unités (10, 20, 30, etc.) jusqu'à l'obtention d'une image satisfaisante pour l'utilisateur.

Les problématiques et les constats les plus fréquents sont traités dans ce document à partir des différents cas réels que voici :

- Cas n^{o} 1 : Photographie sans problématique
- Cas n^{o} 2 : Photographie trop lumineuse
- Cas n^{o} 3 : Photographie avec omniprésence de jaune – nord du Québec
- Cas n^{o} 4 : Photographie avec omniprésence de jaune – sud du Québec
- Cas n^{o} 5 : Photographie avec omniprésence de rouge
- Cas n^{o} 6 : Photographie avec omniprésence de vert
- Cas n^{o} 7 : Photographie voilée
- Cas n^{o} 8 : Photographie prise l'automne

Figure 24. Exemple d'une photographie aérienne non rehaussée dans un secteur feuillu de l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest (Outaouais). Échelle approximative : 1/3000.

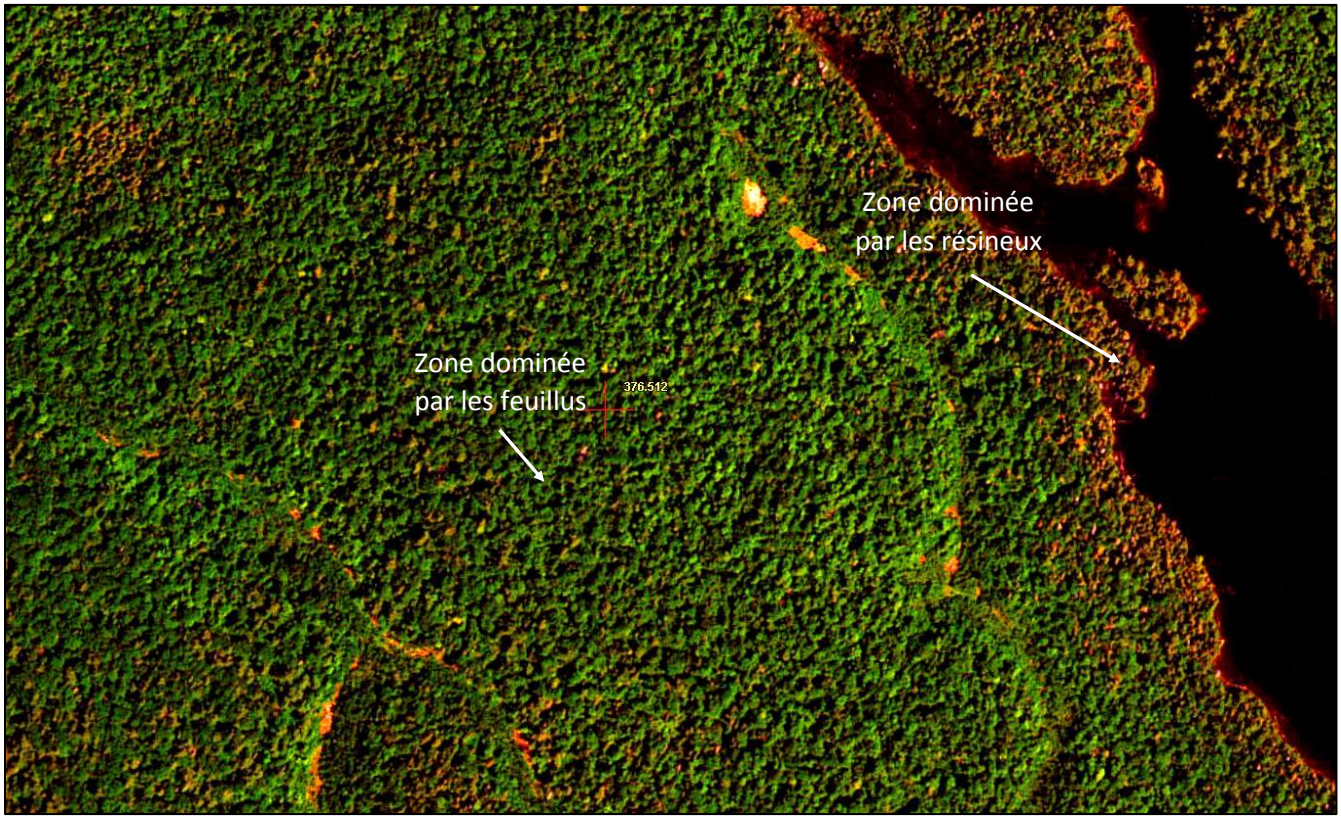


Figure 25. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans un secteur feuillu de l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/3000.

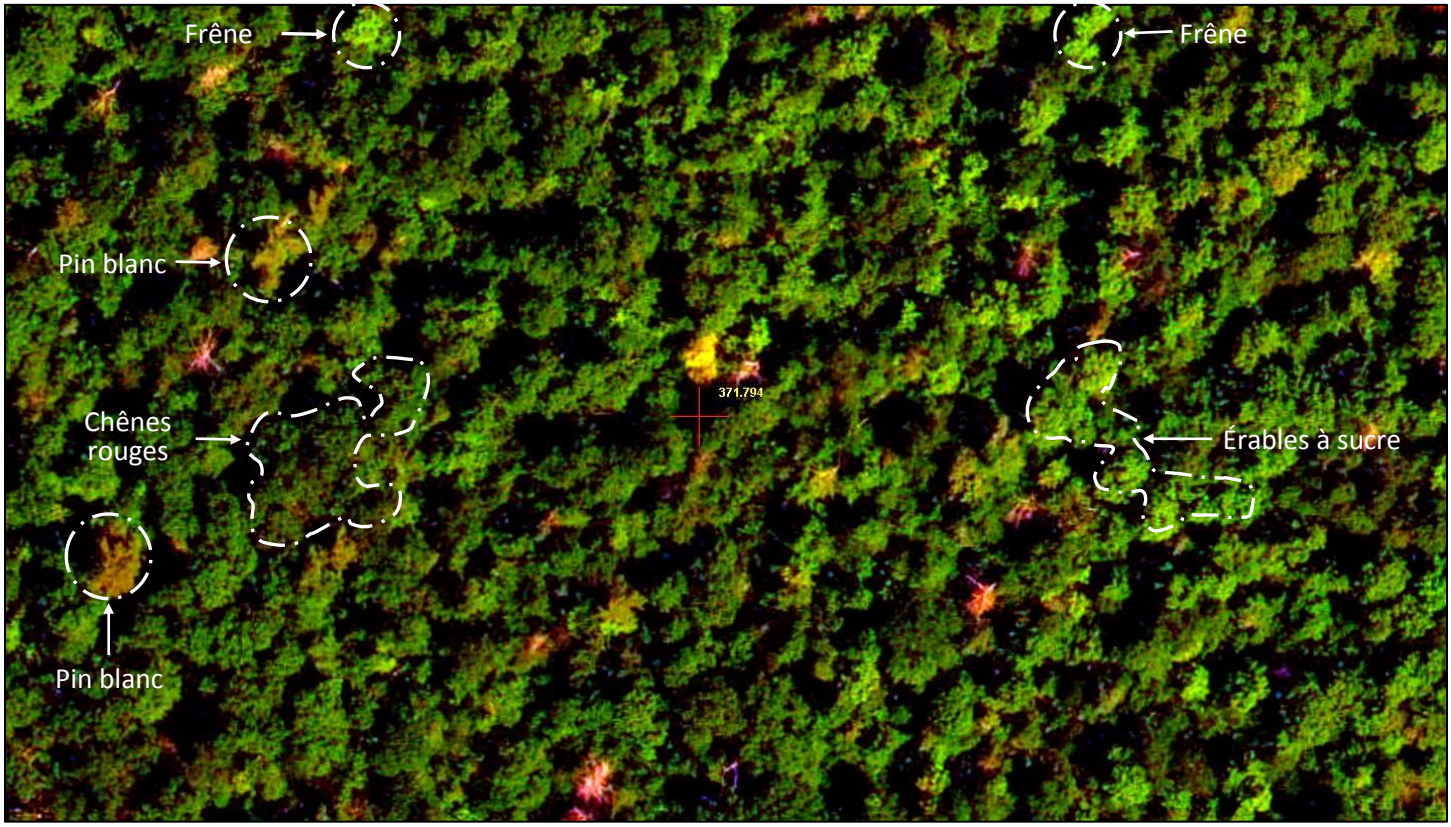


Figure 26. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié dans un secteur feuillu de l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : 40; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/600.

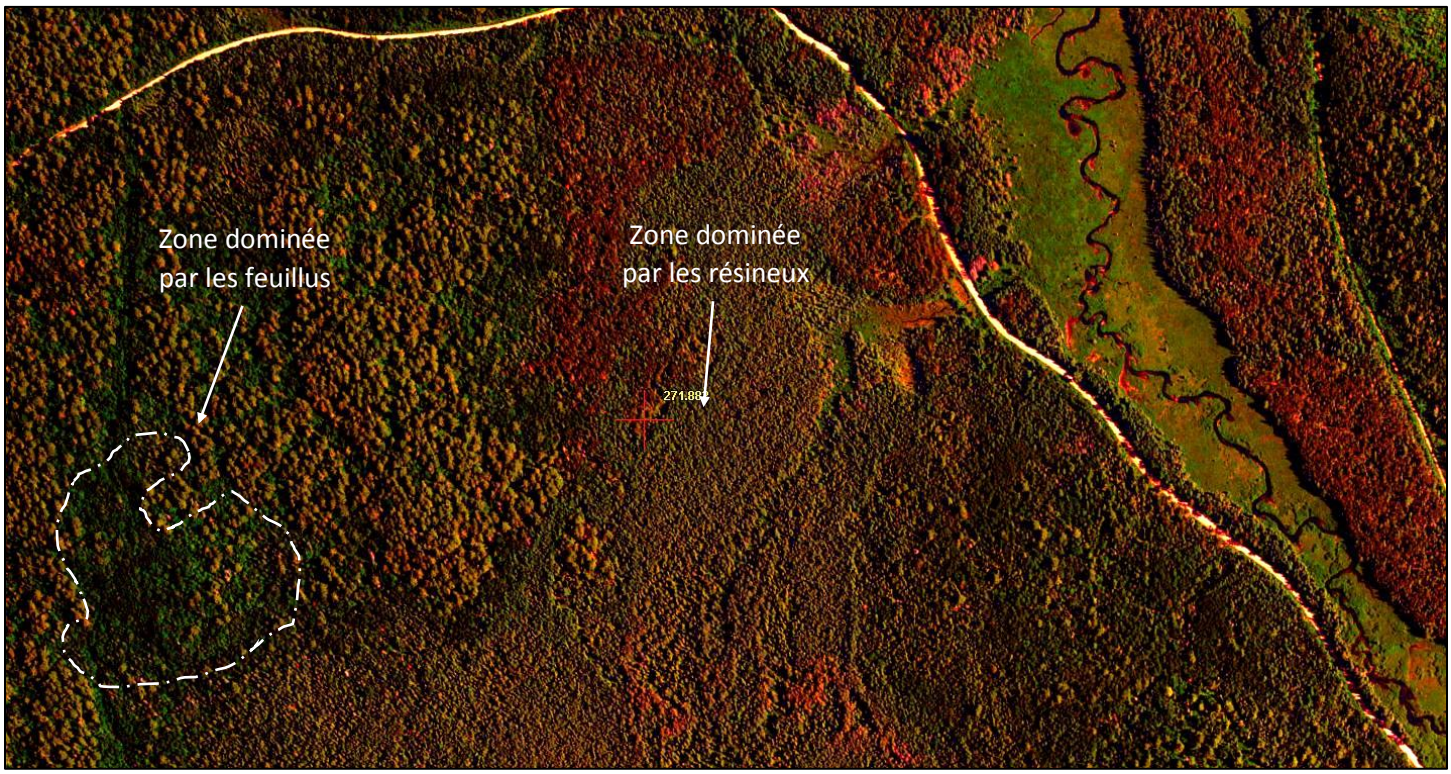


Figure 27. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans un secteur résineux de l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/5000.

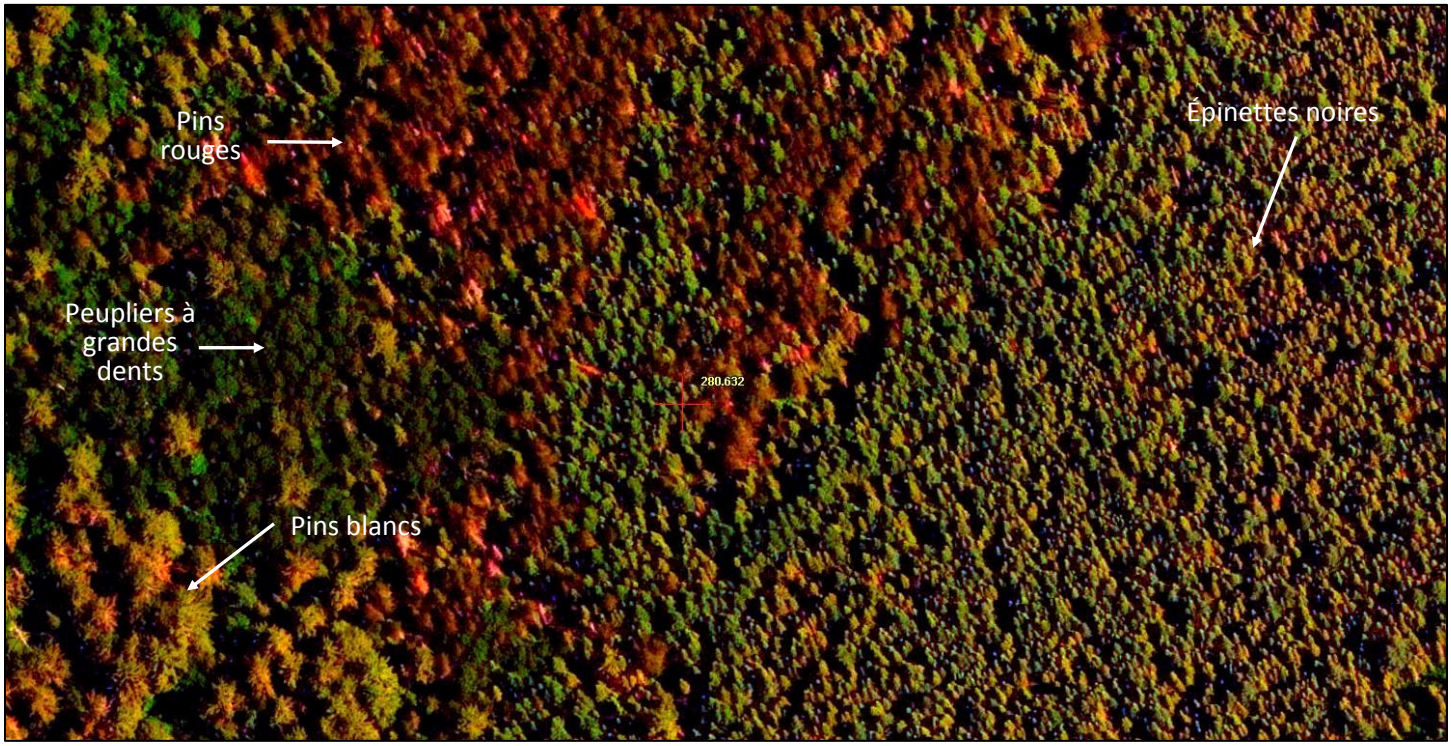


Figure 28. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans un secteur résineux de l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/1000.

Cas n° 2

Rehaussement d'une image avec une forte luminosité

Sapinière à bouleau blanc de l'Est

1. Identification des essences clés

Les photographies utilisées dans l'exemple qui suit viennent d'un territoire situé dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est. Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre sur le rehaussement de base, la première étape consiste à localiser un secteur où croissent plusieurs essences forestières. Une façon simple de procéder consiste à trouver un endroit qui comporte plusieurs degrés d'inclinaison (ex. : haut de pente, milieu de pente, bas de pente, terrain plat).

Dans ce secteur, les essences clés qui permettent l'optimisation de l'interprétation sont le bouleau jaune, les épinettes et le sapin baumier. Le bouleau à papier sera aussi identifié.

2. Rehaussement de base

La seconde étape consiste à appliquer un rehaussement de base qui servira de point de départ. Ce rehaussement a été présenté dans le chapitre « Rehaussement de base ». Les figures 32 et 33 montrent une même photographie de la sapinière à bouleau blanc de l'Est, l'une, non rehaussée, l'autre, rehaussée suivant les paramètres du rehaussement de base proposés.

3. Constats ou problématiques

Le rehaussement de base entraîne une surexposition qui donne aux teintes un aspect étincelant et la suppression de détails dans les zones de lumière. (Figure 33).

Dans une telle situation, la première intervention consiste à diminuer la luminosité par bonds de dix unités (Figures 29 et 33). Le résultat n'est toutefois pas suffisant, car la distinction entre le sapin baumier et l'épinette noire, deux espèces clés, demeure difficile. Le sapin baumier affiche une teinte vert-jaune alors que l'épinette noire arbore une teinte jaune.

Afin d'accentuer l'écart entre ces deux essences, une portion de vert sera retirée par bonds de dix unités (Figure 30). La modification de ce paramètre se traduit par une teinte blanc-violet pour le sapin et une teinte jaune pour l'épinette noire (Figures 36 et 37). Quant au bouleau jaune, il apparaît vert foncé alors que le bouleau à papier devient plus jaune et plus flou.

Chez les sapins, les épinettes, les bouleaux à papier et les bouleaux jaunes, ce rehaussement induit des teintes fidèles à celles décrites par Leboeuf et Vaillancourt (2013) (Tableau 2, Figures 41 et 42). Les autres paramètres ne seront pas modifiés.

Tableau 2. Teintes de l'épinette noire, du sapin baumier, du bouleau jaune et du bouleau à papier après rehaussement de base modifié.

Essence	Teinte
Épinette noire	Vert jaunâtre à jaune brunâtre
Sapin baumier	Bleu foncé (mature) à vert très foncé bleuté (jeune)
Bouleau à papier	Vert foncé avec une touche de jaune qui donne un aspect brunâtre, plus clair que le bouleau jaune
Bouleau jaune	Vert foncé

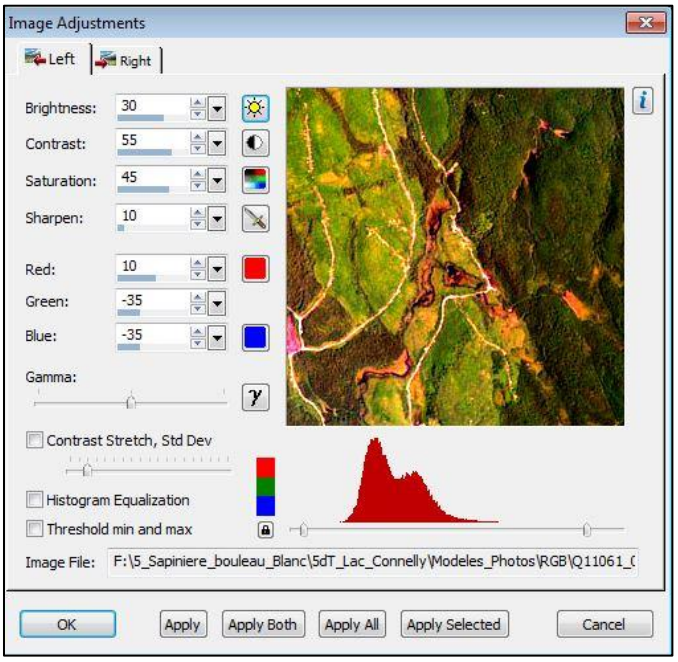


Figure 29. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image trop lumineuse – Essai 1.

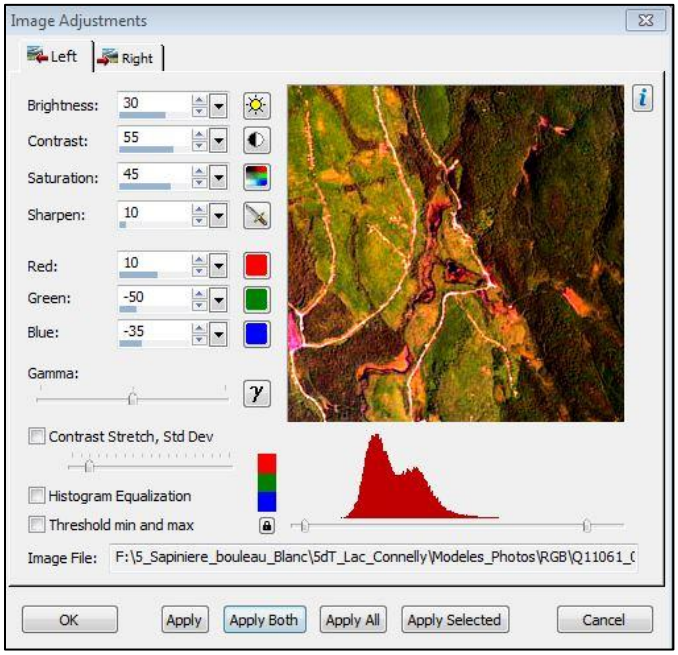


Figure 30. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image trop lumineuse – Essai 2.

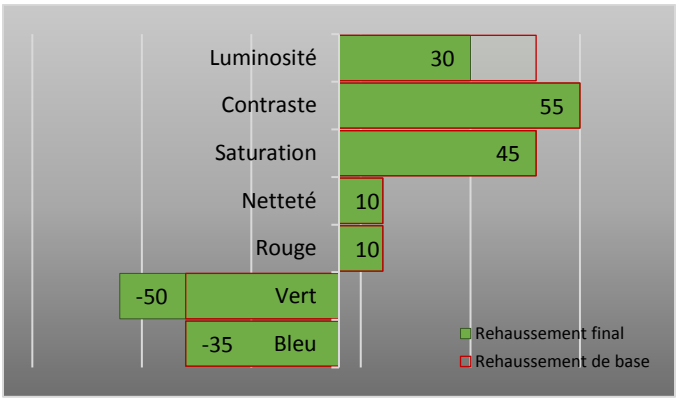


Figure 31. Résumé graphique des paramètres finaux de rehaussement pour une image ayant une forte luminosité.

Figure 32. Exemple d'une photographie aérienne non rehaussée dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est. Échelle approximative : 1/5000.

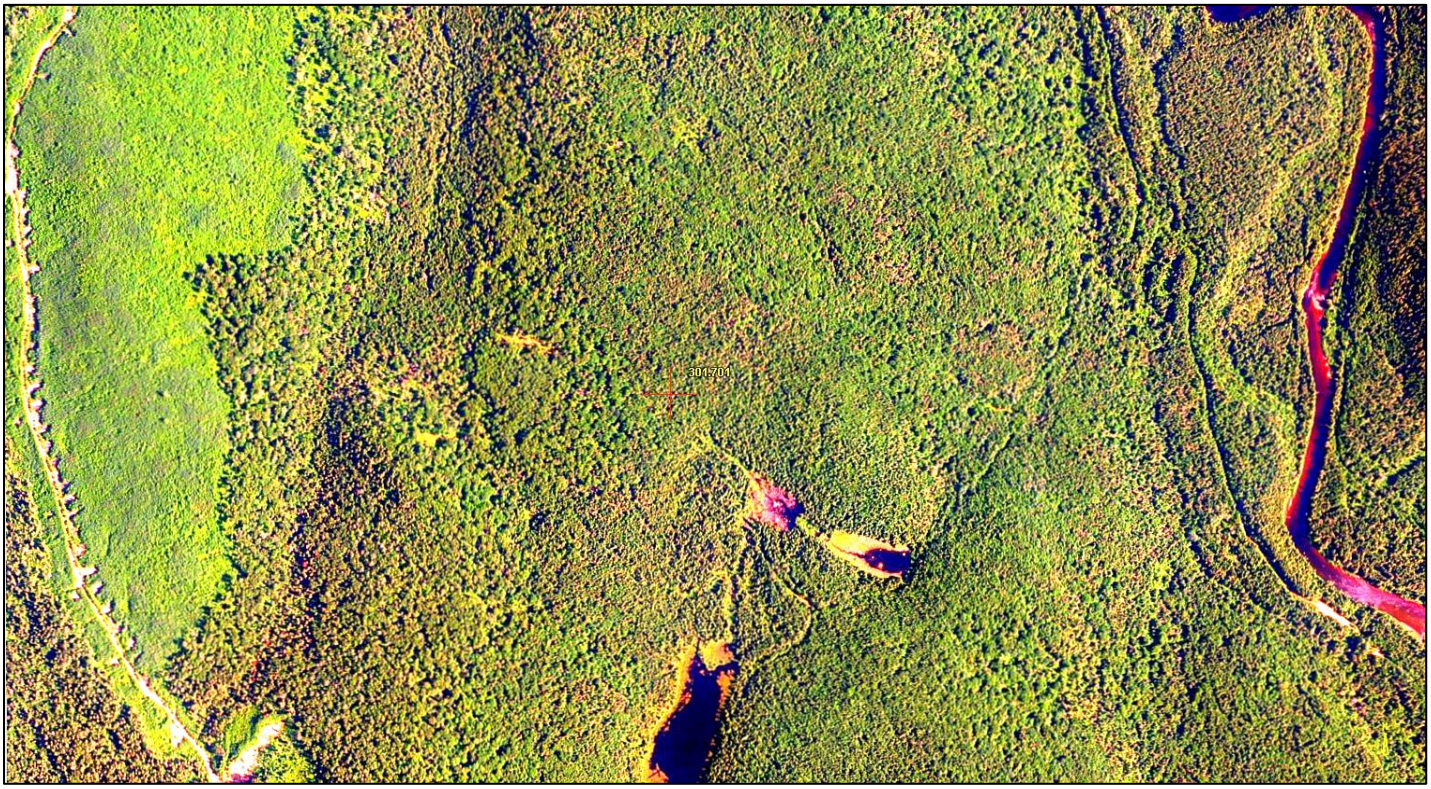


Figure 33. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/5000.

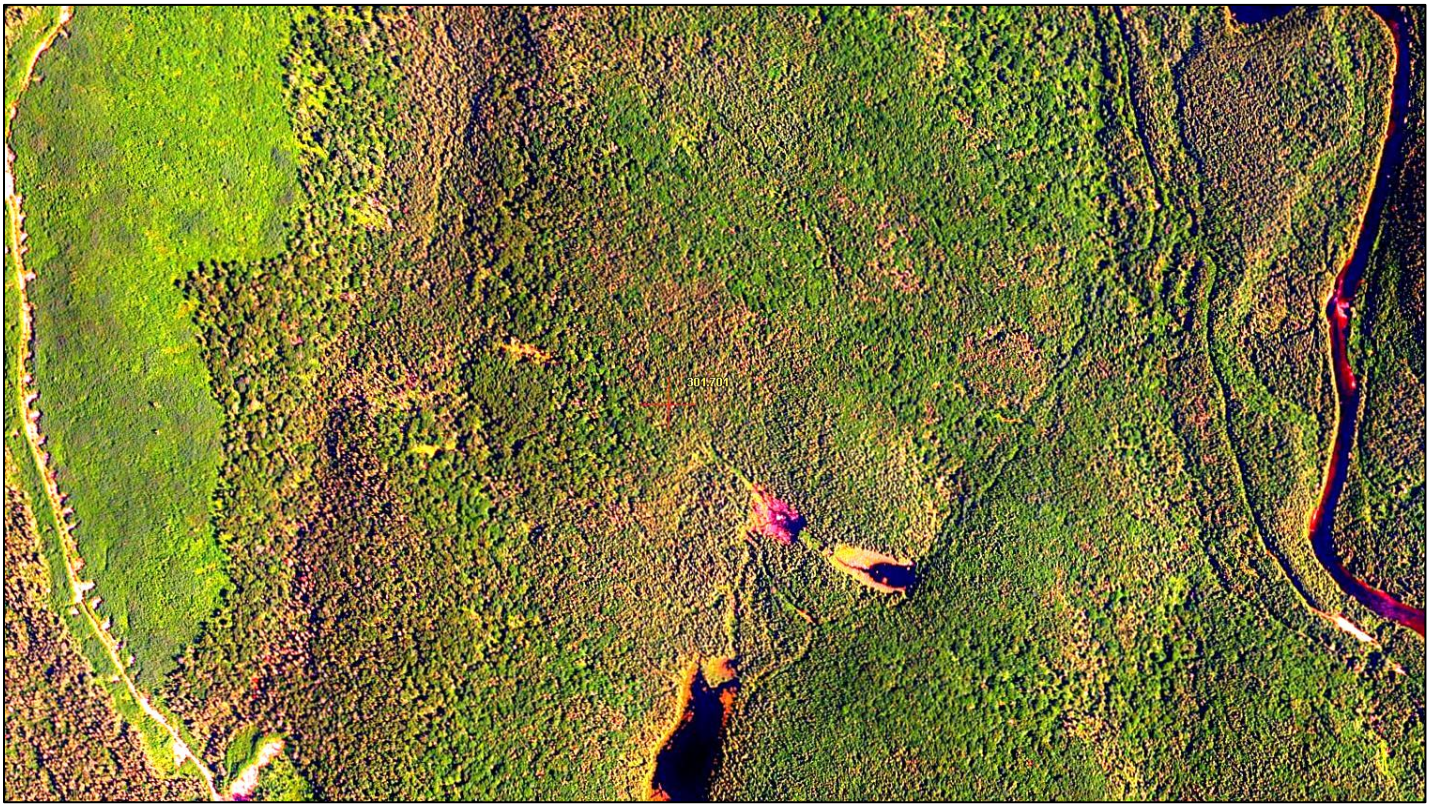


Figure 34. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 30; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/6000.

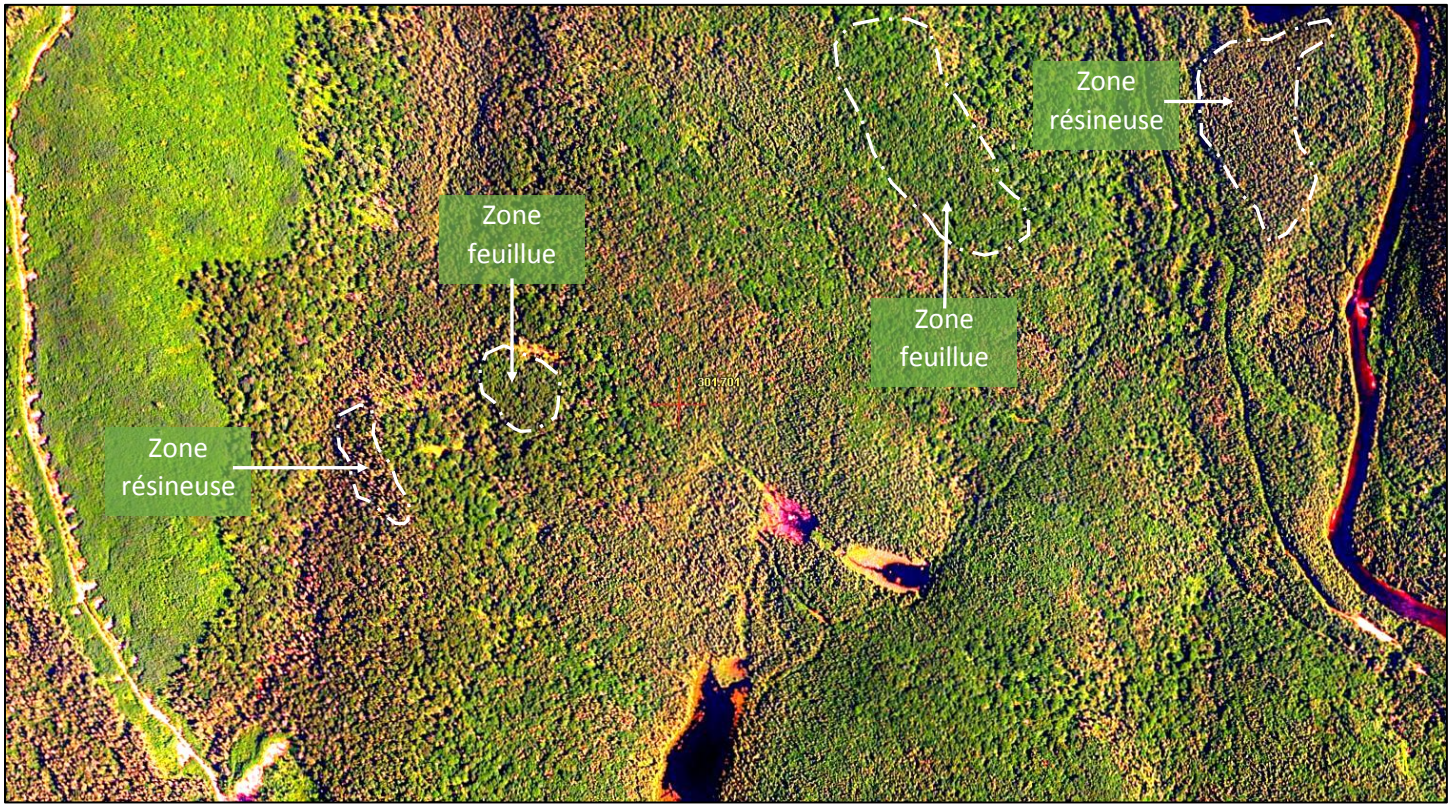


Figure 35. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 30; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -50; bleu : -35). Échelle approximative : 1/6000.

Figure 36. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 30; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -50; bleu : -35). Échelle approximative : 1/1000.

Figure 37. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 30; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -50; bleu : -35). Échelle approximative : 1/500.

Cas n° 3

Rehaussement d'une image avec une dominance de jaune

Pessière à mousse de l'Est

1. Identification des essences clés

Les photographies utilisées dans l'exemple qui suit viennent d'un territoire situé dans la pessière à mousse de l'Est. Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre sur le rehaussement de base, la première étape consiste à localiser un secteur où croissent plusieurs essences forestières. Une façon simple de procéder consiste à trouver un endroit qui comporte plusieurs degrés d'inclinaison (ex. : haut de pente, milieu de pente, bas de pente, terrain plat).

Dans ce secteur, les essences clés qui permettent l'optimisation de l'interprétation sont l'épinette noire et le sapin baumier.

2. Rehaussement de base

La seconde étape consiste à appliquer un rehaussement de base qui servira de point de départ. Ce rehaussement a été présenté dans le chapitre « Rehaussement de base ». Les figures 38 et 39 montrent une même photographie de la pessière à mousse de l'Est, l'une, non rehaussée, l'autre, rehaussée suivant les paramètres du rehaussement de base proposés.

3. Constats et solutions

Dans l'ensemble, au premier coup d'œil (échelle entre 1/5000 et 1/10 000) les teintes apparaissent trop jaunes (Figure 41).

Une analyse sommaire de l'histogramme indique une image dont les teintes sont moyennement sombres (concentrées à gauche) et le contraste plutôt faible. On remarque également un petit sommet à gauche du sommet principal causé par la présence d'un plan d'eau de couleur noire sur la photographie (Figure 38).

Dans pareil cas, une diminution de la luminosité (par bonds de 10) est recommandée (Figure 38) afin d'atténuer le jaune et d'accentuer le contraste. À la suite de la modification de ce paramètre, le sapin baumier devient plus vert et l'épinette noire, plus jaune (Figure 43).

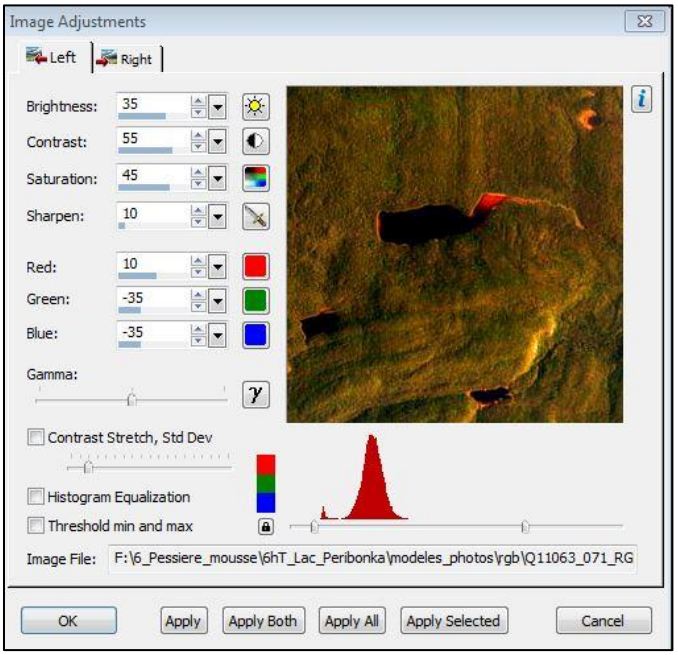


Figure 38. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de jaune – Essai 1.

À plus grande échelle (1/1000 à 1/500), il est possible d'accentuer la différence entre ces deux espèces en abaissant la valeur du vert (Figure 39). Cela permet au rouge de s'exprimer, modifie la couleur de l'épinette noire (jaune-brun) tout en conservant le vert du sapin. Dans cet exemple, la valeur du bleu a été abaissée pour rendre l'épinette un peu plus jaune (Figures 39 et 44). Malgré cette modification majeure, le bleu reste très peu apparent.

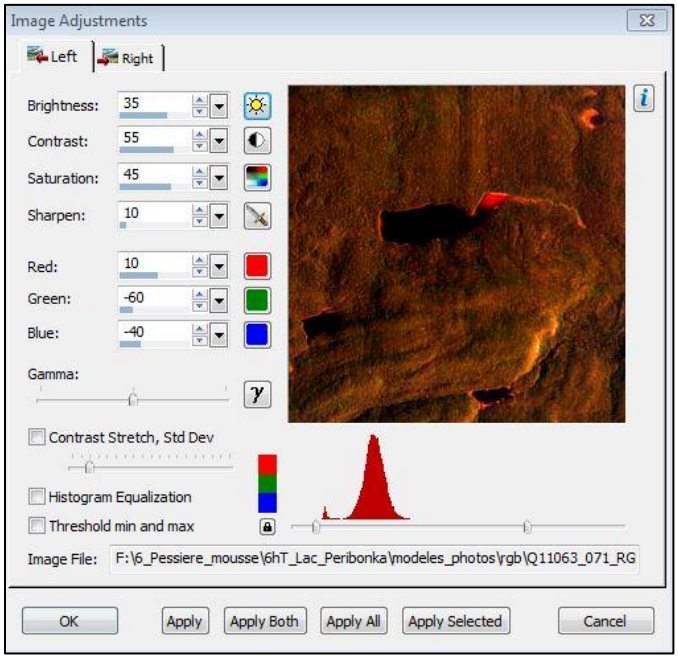


Figure 39. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de jaune – Essai 2.

Ce rehaussement induit, chez ces deux essences, des teintes fidèles à celles décrites par Leboeuf et Vaillancourt (2013) (Tableau 3, Figure 44).

Tableau 3. Teintes de l'épinette noire et du sapin baumier après rehaussement de base modifié.

Essence	Teinte
Épinette noire	Vert jaunâtre à jaune brunâtre
Sapin baumier	Bleu foncé (mature) à vert très foncé bleuté (jeune)

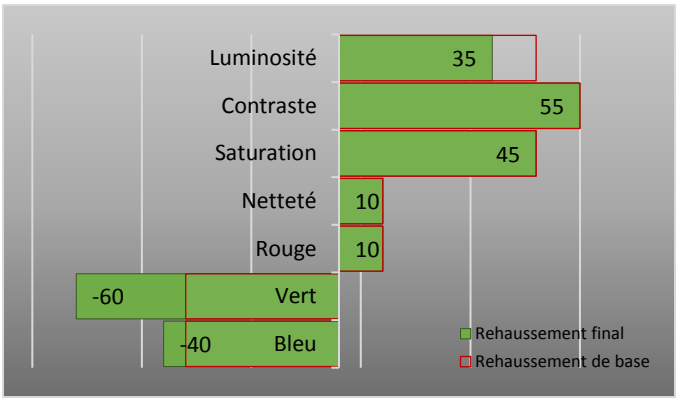


Figure 40. Résumé graphique des paramètres finaux de rehaussement pour une image avec dominance de jaune.

Figure 41. Exemple d'une photographie aérienne non rehaussée dans la pessière à mousse de l'Est. Échelle approximative : 1/5000.

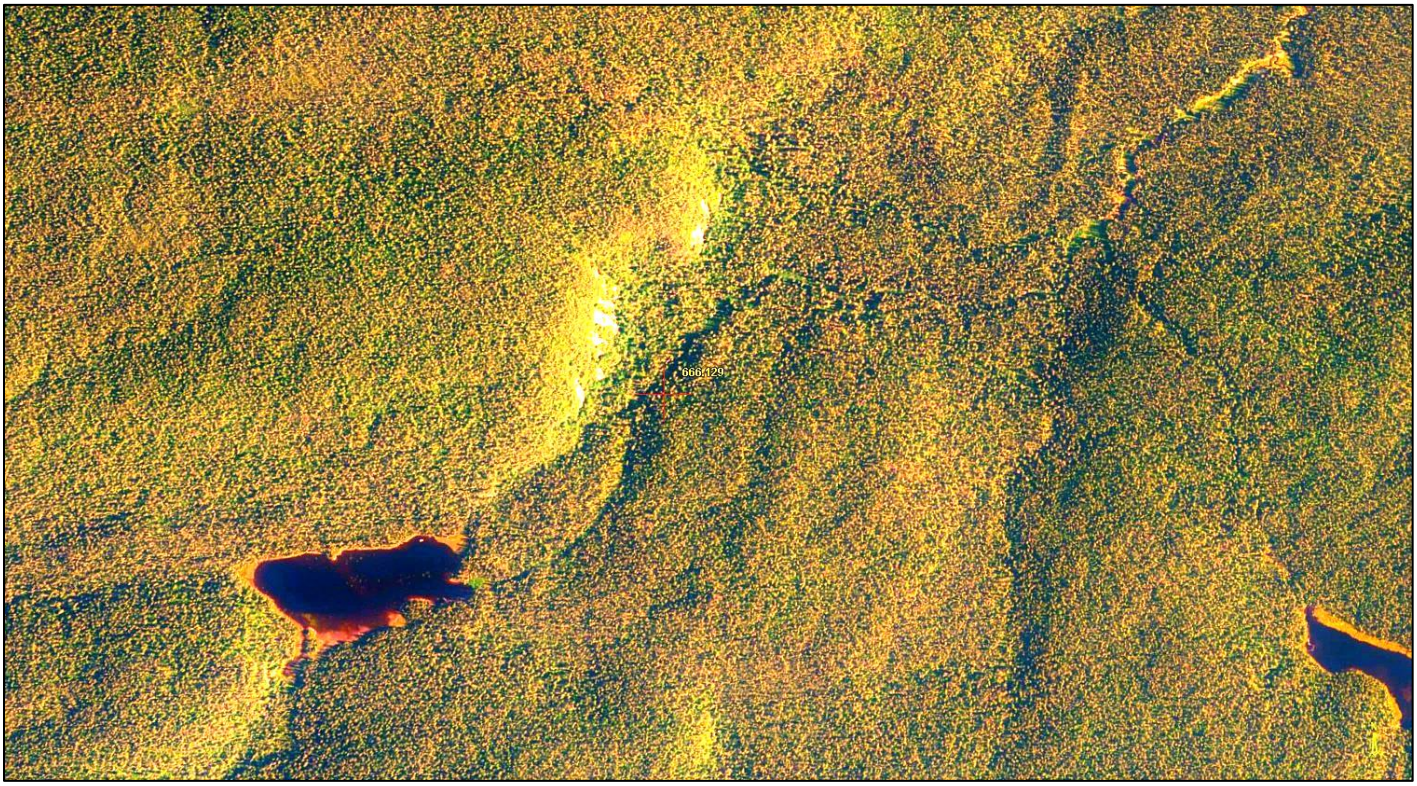


Figure 42. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans la pessière à mousse de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/5000.

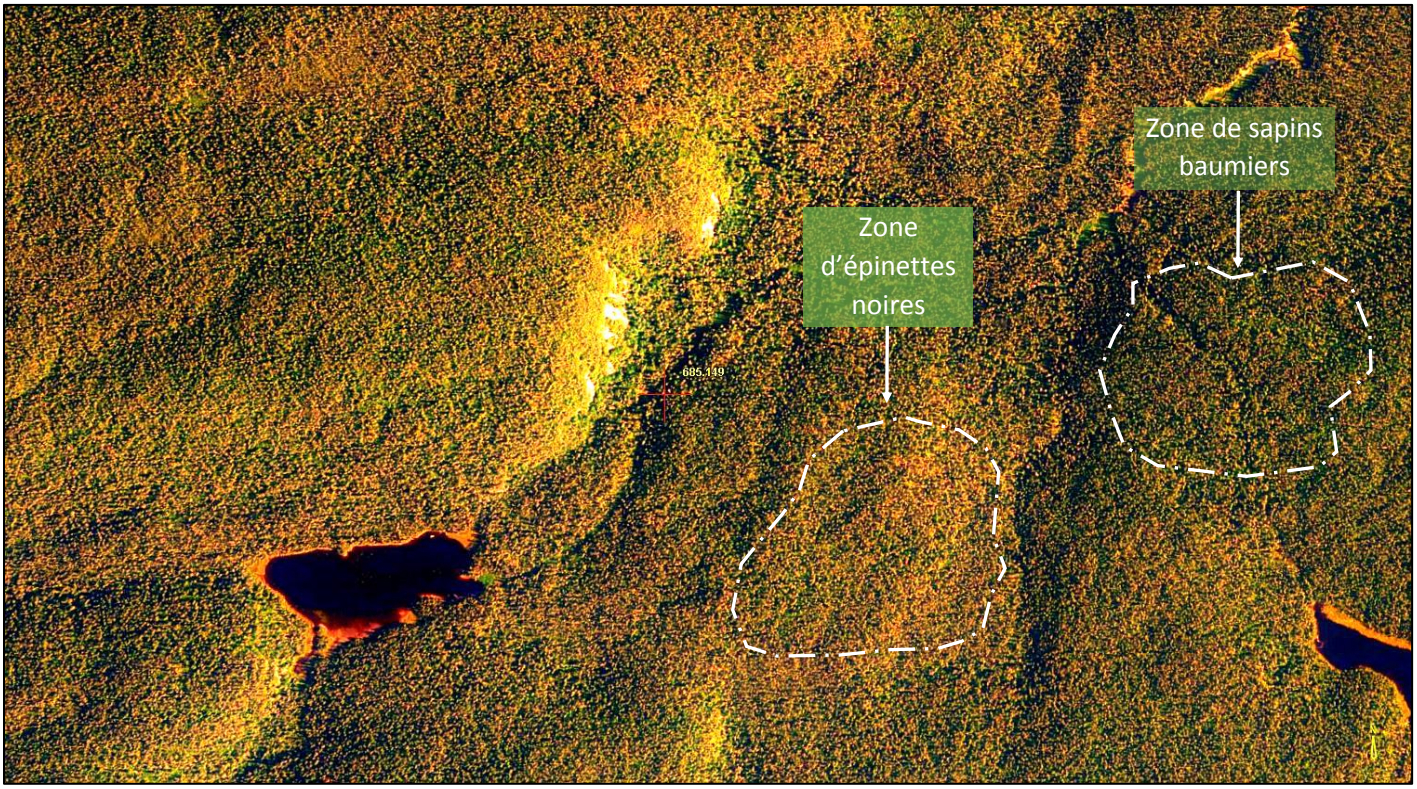


Figure 43. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 1) dans la pessière à mousse de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 35; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/5000.

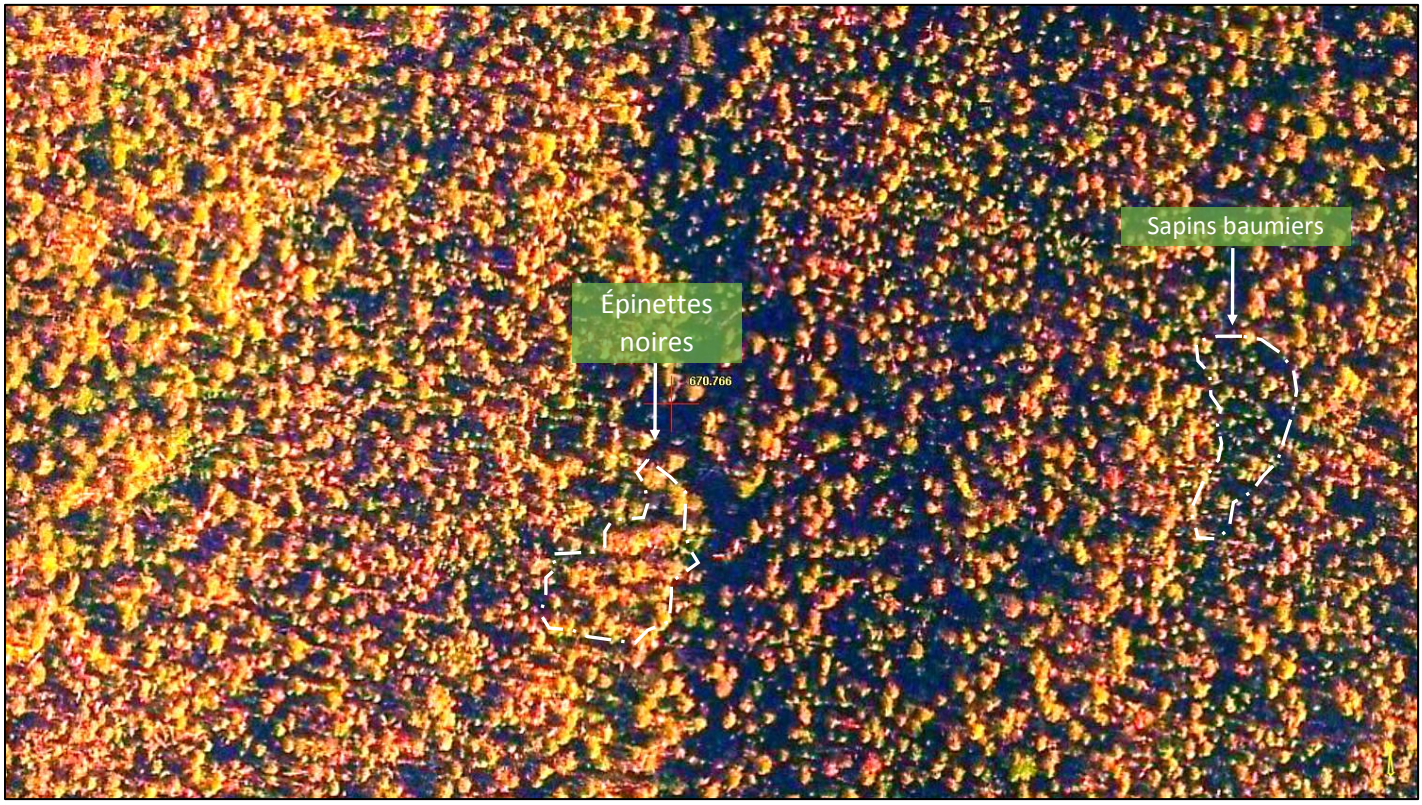


Figure 44. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 2) dans la pessière à mousse de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 35; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -60; bleu : -40). Échelle approximative : 1/700.

Cas n° 4

Rehaussement d'une image avec une dominance de jaune

Sapinière à bouleau jaune de l'Est

1. Identification des essences clés

Les photographies utilisées dans l'exemple qui suit viennent d'un territoire situé dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est. Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre sur le rehaussement de base, la première étape consiste à localiser un secteur où croissent plusieurs essences forestières. Une façon simple de procéder consiste à trouver, si possible, un endroit qui comporte plusieurs degrés d'inclinaison (ex. : haut de pente, milieu de pente, bas de pente, terrain plat).

Dans ce secteur, les essences clés qui permettent l'optimisation de l'interprétation sont l'érable à sucre, l'érable rouge et le bouleau jaune. Cet exemple permet également d'identifier le peuplier faux-tremble.

2. Rehaussement de base

La seconde étape consiste à appliquer un rehaussement de base qui servira de point de départ. Ce rehaussement a été présenté dans le chapitre « Rehaussement de base ». Les figures 49 et 50 montrent une même photographie de la sapinière à bouleau jaune de l'Est, l'une, non rehaussée, l'autre, rehaussée suivant les paramètres du rehaussement de base proposés.

3. Constats et solutions

Dans l'ensemble, au premier coup d'œil (échelle entre 1/5000 et 1/10 000) les teintes de l'image apparaissent trop jaunes (Figure 50). Un constat amplifié par la présence de champs agricoles dans le secteur. La forme de l'histogramme montre une bonne répartition des valeurs qui devrait faciliter le paramétrage des caractéristiques de l'image.

À plus grande échelle (1/1000 à 1/500), il est proposé de diminuer le vert par bonds de 10 unités (Figure 45) afin de faire ressortir davantage le rouge. Déjà, ce rehaussement permet de distinguer les secteurs de résineux et de feuillus (Figures 51 et 52).

Afin de raffiner le rehaussement, du bleu est retiré par bonds de 10 unités jusqu'à satisfaction de l'utilisateur (Figures 47 et 53).

Ce rehaussement donne au bouleau jaune, à l'érable à sucre, au peuplier faux-tremble et à l'érable rouge des teintes fidèles à celles décrites par Leboeuf et Vaillancourt (2013) (Tableau 4).

Tableau 4. Teintes du bouleau jaune, de l'érable à sucre, de l'érable rouge et du peuplier faux-tremble après rehaussement.

Essence	Teinte
Bouleau jaune	Vert foncé
Érable à sucre	Vert clair à vert bleuté
Peuplier faux-tremble	Vert bleuté
Érable rouge	Vert clair (plus pâle que l'érable à sucre), parfois brillant

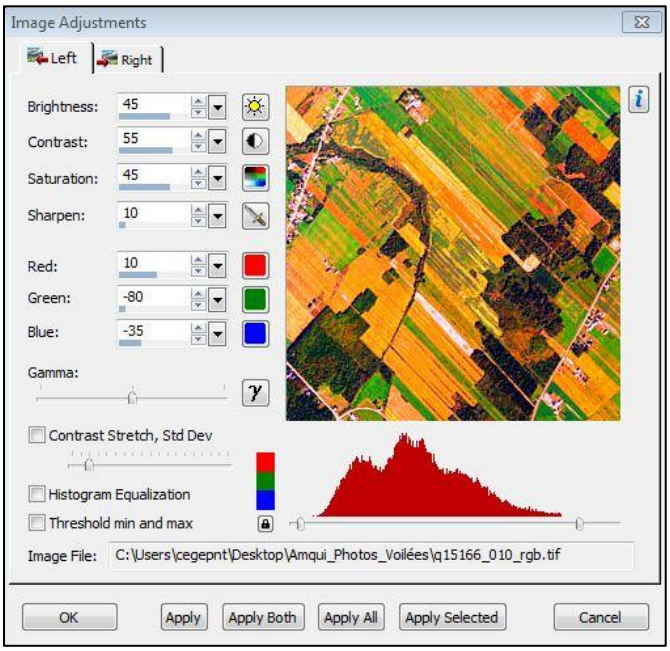


Figure 45. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de jaune – Essai 1.

Figure 46. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement.

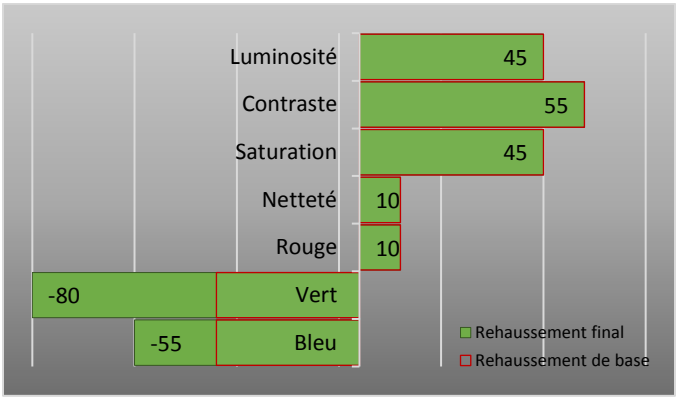


Figure 48. Résumé graphique des paramètres finaux de rehaussement pour une image avec dominance de jaune.

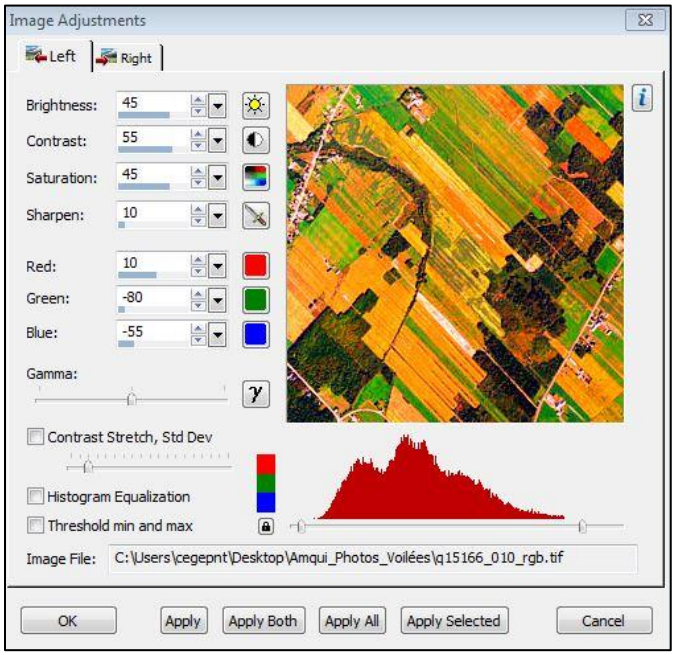


Figure 47. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de jaune – Essai 2.

Figure 49. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est. Échelle approximative : 1/7000.

Figure 50. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/7000.

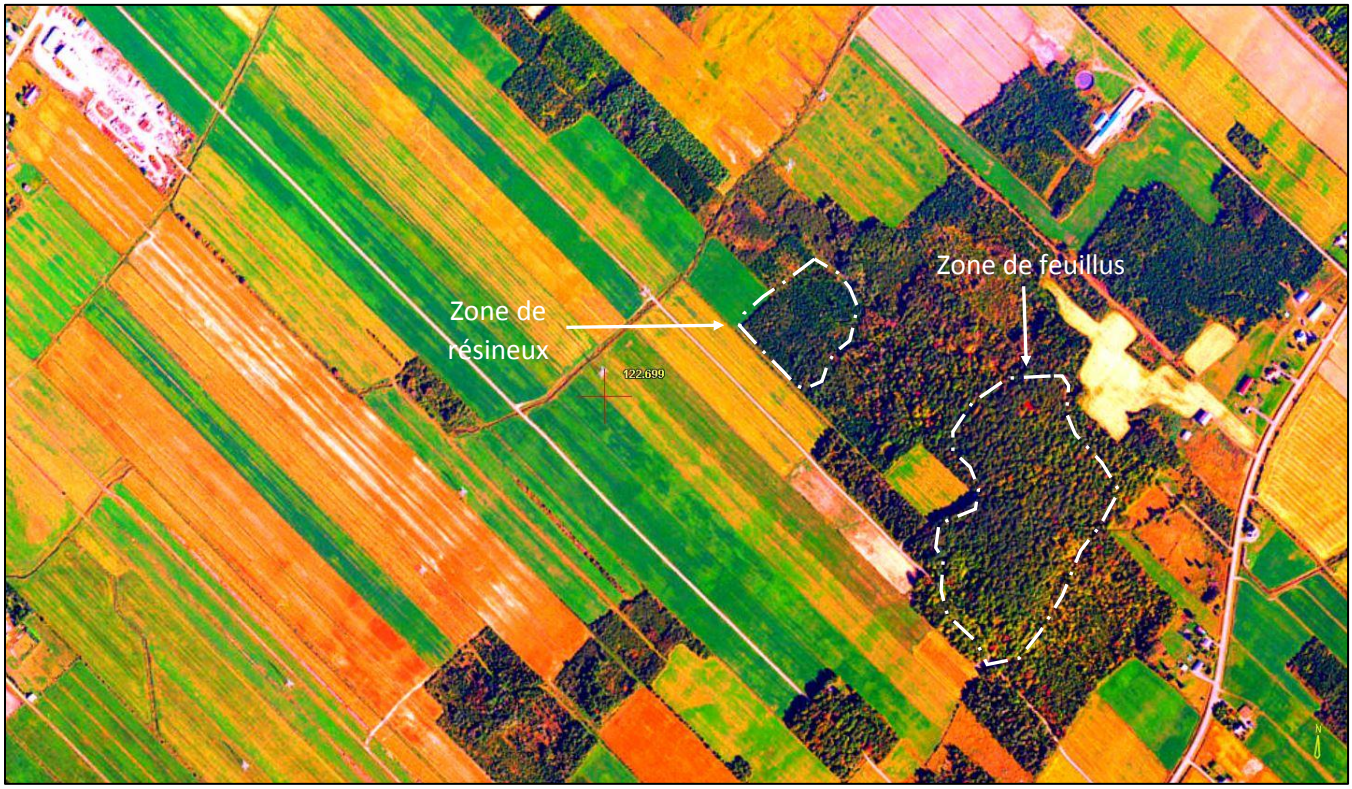


Figure 51. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -80; bleu : -35). Échelle approximative : 1/7000.

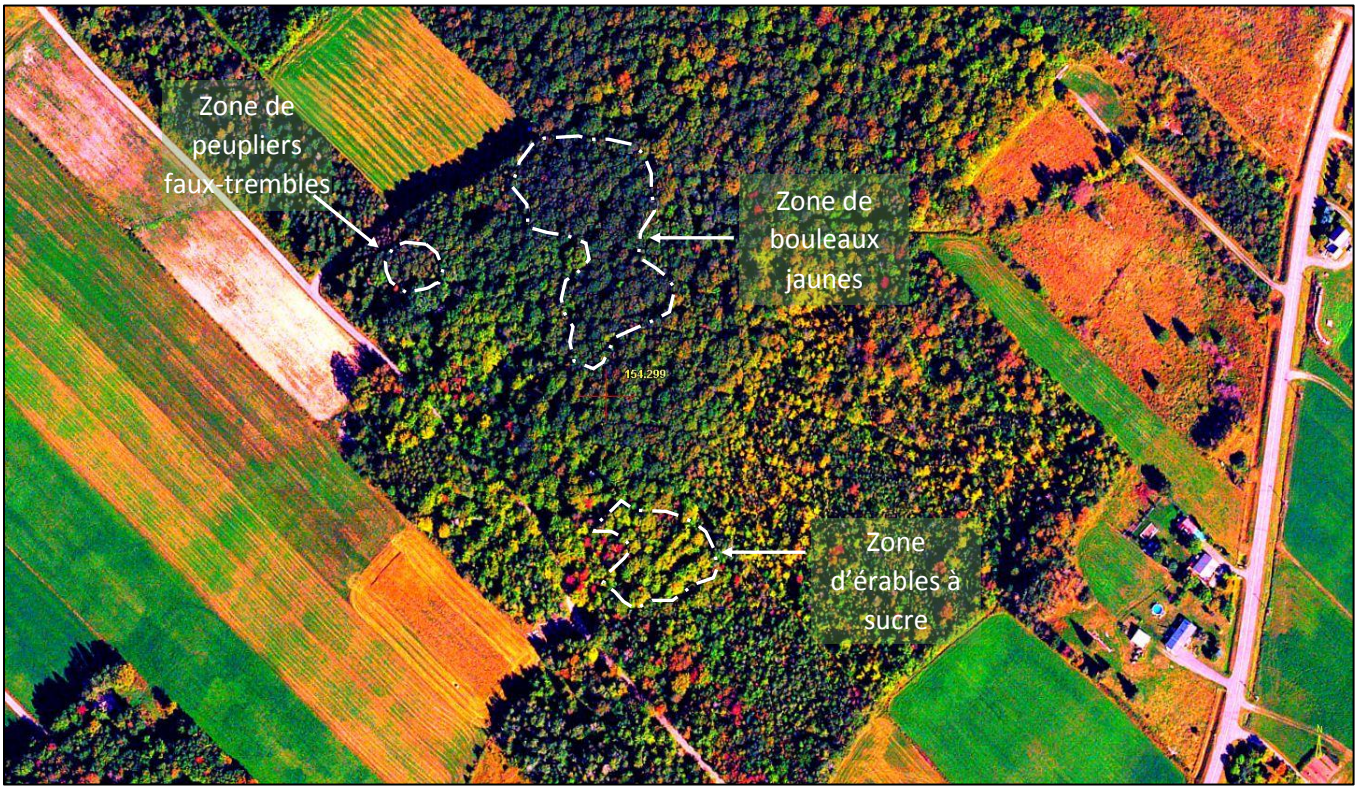


Figure 52. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -80; bleu : -35). Échelle approximative : 1/2000.

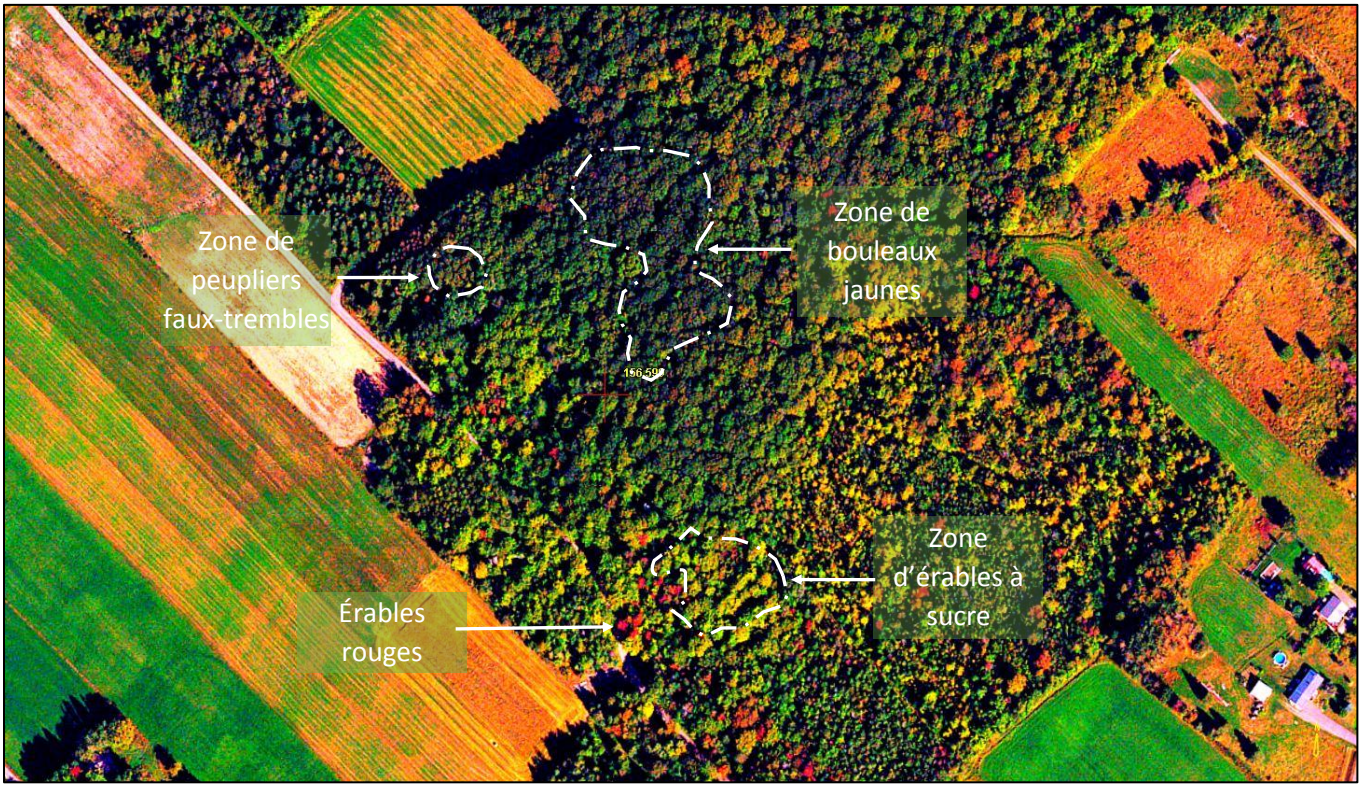


Figure 53. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -80; bleu : -55). Échelle approximative : 1/2000.

Cas n^{o} 5

Rehaussement d'une image avec une dominance de rouge

Sapinière à bouleau jaune de l'Est

1. Identification des essences clés

Les photographies utilisées dans l'exemple qui suit viennent d'un territoire situé dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est. Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre sur le rehaussement de base, la première étape consiste à localiser un secteur où croissent plusieurs essences forestières. Une façon simple de procéder consiste à trouver un endroit qui comporte plusieurs degrés d'inclinaison (ex. : haut de pente, milieu de pente, bas de pente, terrain plat).

Dans ce secteur, les essences clés qui permettent l'optimisation de l'interprétation sont l'érable à sucre, le bouleau jaune, l'épinette rouge et le sapin baumier.

2. Rehaussement de base

La seconde étape consiste à appliquer un rehaussement de base qui servira de point de départ. Ce rehaussement a été présenté dans le chapitre « Rehaussement de base ». Les figures 54 et 55 montrent une même photographie de la sapinière à bouleau jaune de l'Est, l'une, non rehaussée, l'autre, rehaussée suivant les paramètres du rehaussement de base proposés.

3. Constats et solutions

Dans l'ensemble, au premier coup d'œil (échelle entre 1/5000 et 1/10 000) les teintes de l'image apparaissent trop rouges (Figure 55). Afin de corriger cet effet, une diminution du rouge et de la luminosité est recommandée (Figure 56). Toutefois, malgré cette modification, même les types de couverts s'avèrent difficiles à distinguer, car l'image demeure fade et sans éclat.

Une analyse sommaire de l'histogramme indique une image dont les teintes sont relativement bien distribuées, mais où le contraste est faible (Figure 56).

Figure 54. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est. Échelle approximative : 1/20 000.

En second lieu, le contraste et le vert ont été haussés (Figure 57). Ce dernier changement donne de bons résultats. Les massifs résineux se distinguent aisément des massifs feuillus (Figures 60 à 63).

À grande échelle (1/1000 approximativement), on constate que le bouleau jaune, l'érable à sucre, l'érable rouge, l'épinette rouge et le sapin baumier affichent des teintes fidèles à celles décrites par Leboeuf et Vaillancourt (2013) (Tableau 5).

Figure 55. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement de base dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est. Échelle approximative : 1/20 000.

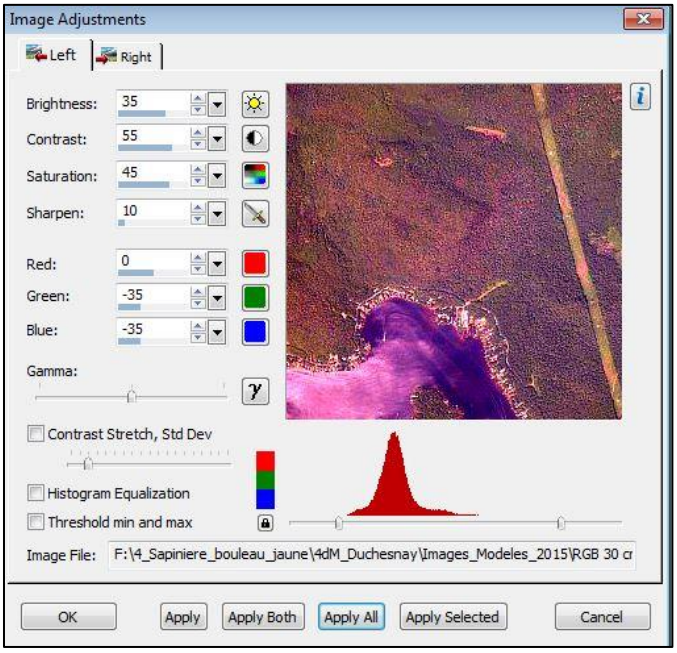


Figure 56. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de rouge – Essai 1.

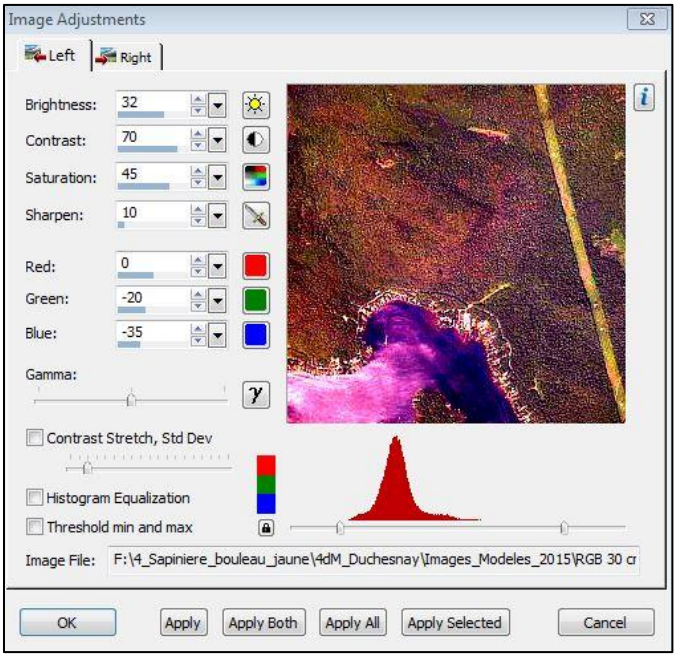


Figure 57. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de rouge – Essai 2.

Tableau 5. Teintes de l'érable à sucre et de l'érable rouge, du bouleau jaune, du sapin baumier et de l'épinette rouge après rehaussement de base modifié.

Essence	Teinte
Érable à sucre	Vert clair à vert bleuté
Bouleau jaune	Vert foncé
Érable rouge	Vert clair (plus pâle que l'érable à sucre), parfois brillant
Sapin baumier	Bleu foncé (mature) à vert très foncé bleuté (jeune)
Épinette rouge	Rouge jaunâtre

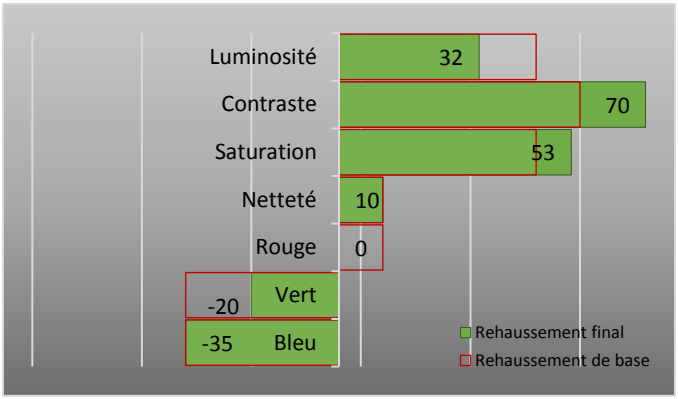


Figure 58. Résumé graphique des paramètres finaux de rehaussement pour une image avec dominance de jaune.

Figure 59. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 35; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 0; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/5000.

Figure 60. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 32; contraste : 70; saturation : 53; netteté : 10; rouge : 0; vert : -20; bleu : -35). Échelle approximative : 1/5000.

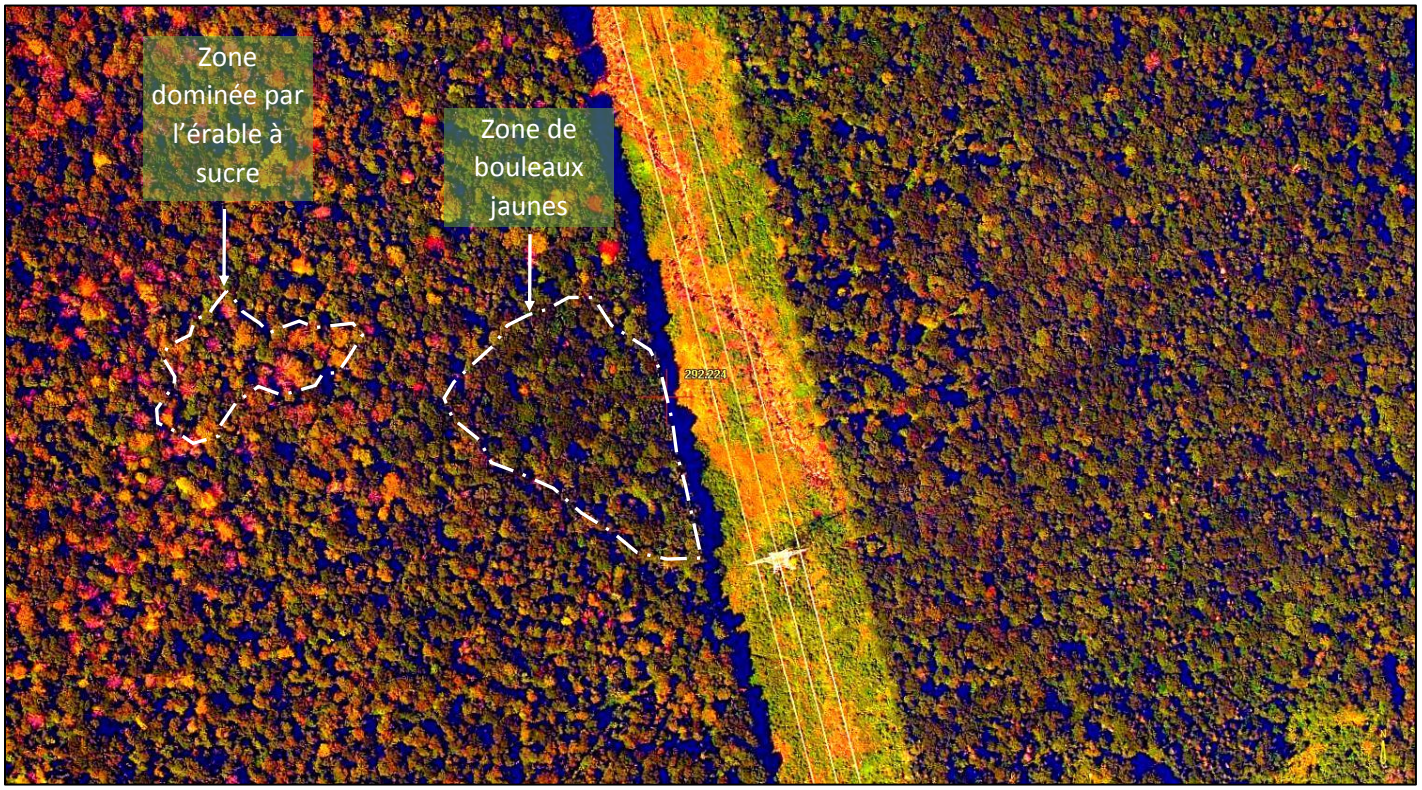


Figure 61. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 32; contraste : 70; saturation : 53; netteté : 10; rouge : 0; vert : -20; bleu : -35). Échelle approximative : 1/2000.

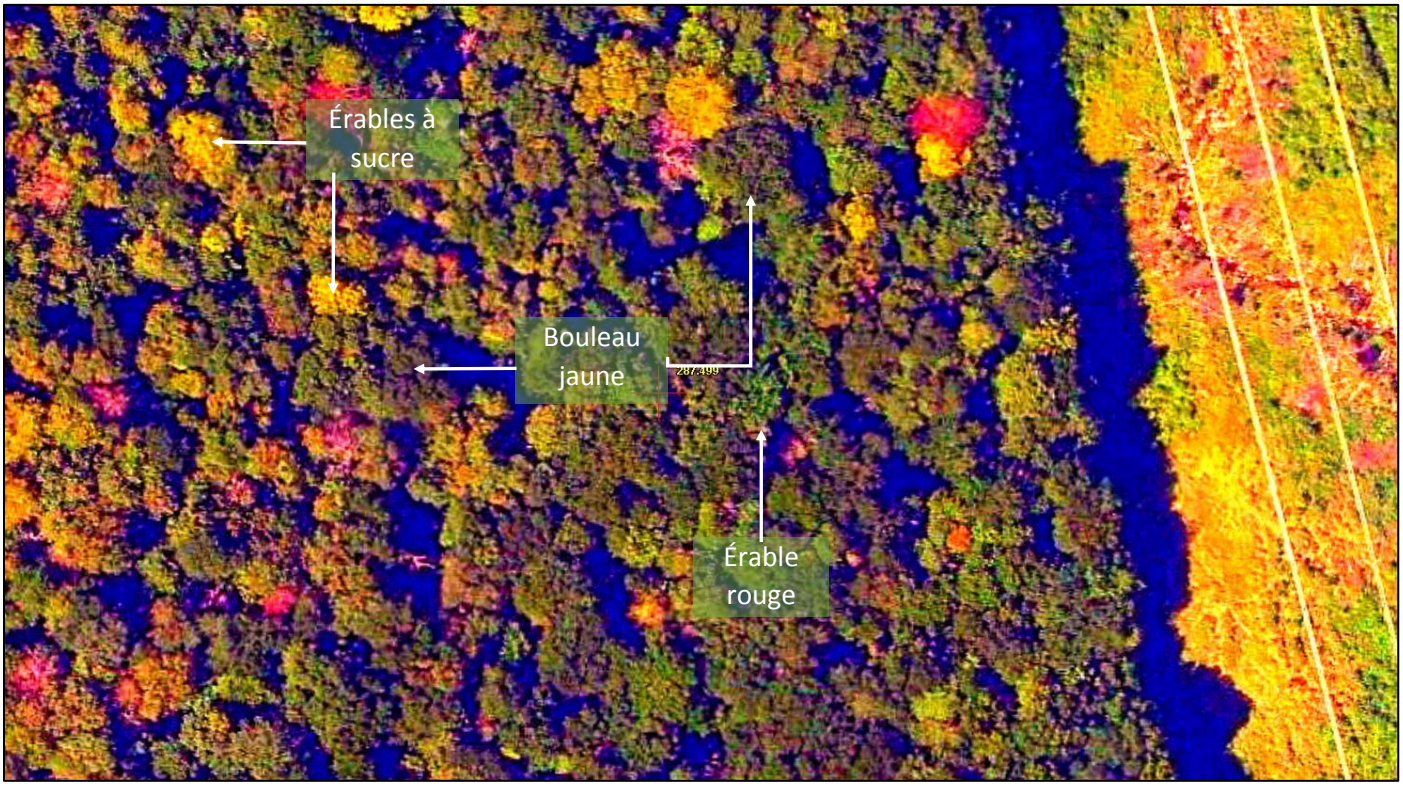


Figure 62. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 32; contraste : 70; saturation : 53; netteté : 10; rouge : 0; vert : -20; bleu : -35). Échelle approximative : 1/700.

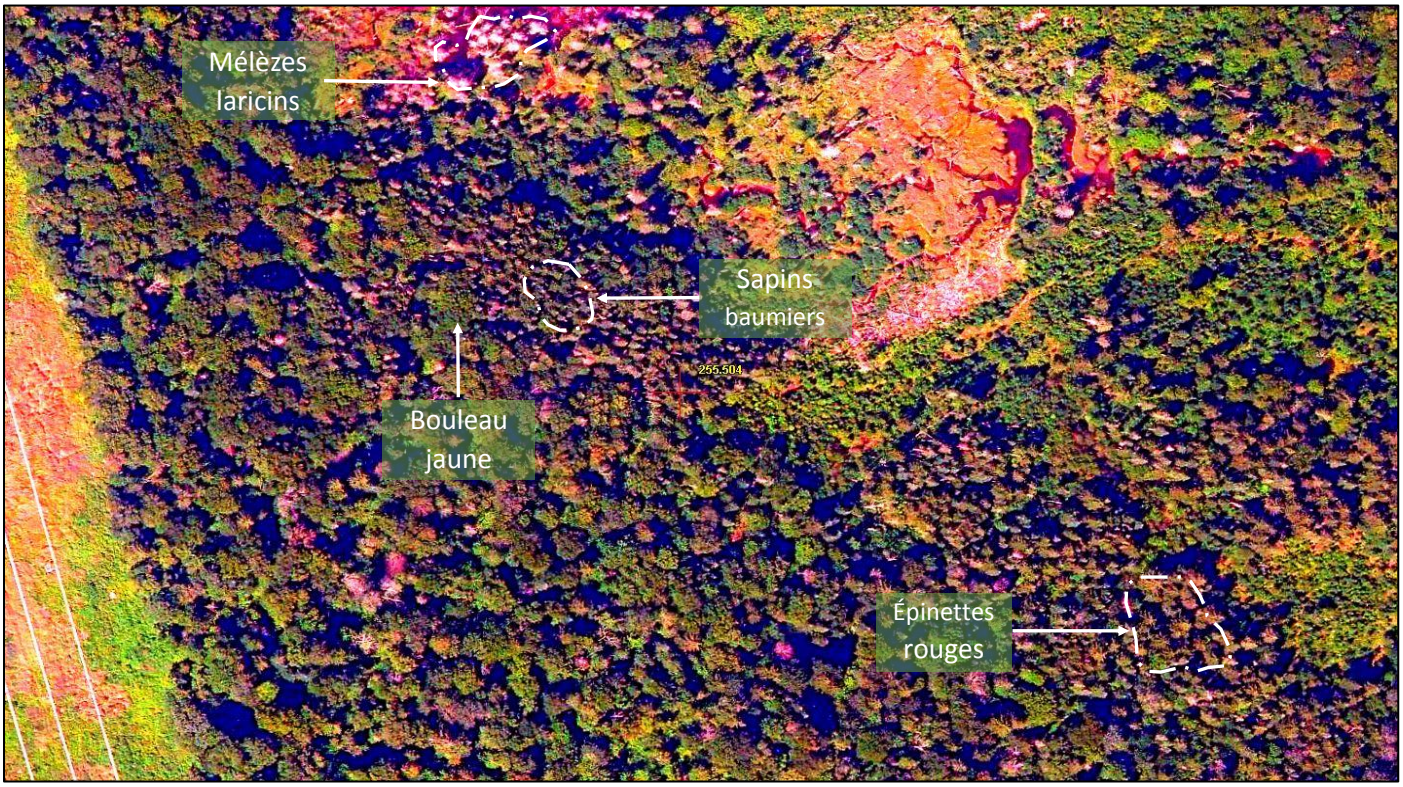


Figure 63. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 32; contraste : 70; saturation : 53; netteté : 10; rouge : 0; vert : -20; bleu : -35). Échelle approximative : 1/700.

Cas n° 6

Rehaussement d'une image avec une dominance de vert

Sapinière à bouleau jaune de l'Ouest

1. Identification des essences clés

Les photographies utilisées dans l'exemple qui suit viennent d'un territoire situé dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest. Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre sur le rehaussement de base, la première étape consiste à localiser un secteur où croissent plusieurs essences forestières. Une façon simple de procéder consiste à trouver un endroit qui comporte plusieurs degrés d'inclinaison (ex. : haut de pente, milieu de pente, bas de pente, terrain plat).

Dans ce secteur, les essences clés qui permettent l'optimisation de l'interprétation sont l'érable à sucre et l'érable rouge, le bouleau jaune, les épinettes et le sapin.

2. Rehaussement de base

La seconde étape consiste à appliquer un rehaussement de base qui servira de point de départ. Ce rehaussement a été présenté dans le chapitre « Rehaussement de base ». Les figures 69 et 70 montrent une même photographie de la sapinière à bouleau jaune de l'Est, l'une, non rehaussée, l'autre, rehaussée suivant les paramètres du rehaussement de base proposés.

3. Constats et solutions

À petite échelle (entre 1/10 000 et 1/5000), l'application du rehaussement de base induit une omniprésence des teintes vertes. Il est possible de discriminer les types de couverts (feuillu et résineux), mais il demeure ardu de distinguer les essences les unes des autres (Figure 70).

L'histogramme des photographies propose des teintes moyennement claires (concentrées à gauche). On remarque également un petit sommet à gauche du sommet principal causé par la présence d'un plan d'eau de couleur noire sur la photographie. (Figure 64)

Dans une telle situation, on diminue considérablement le vert (par bonds de 10) dans le but de faire ressortir le rouge. Toutefois, malgré cette modification, le rouge n'est pas plus apparent (Figure 64et l'image devient très sombre (Figures 71).

L'augmentation de la luminosité pour contrebalancer cet assombrissement n'engendre pas les résultats escomptés, car l'image devient voilée (laiteuse) (Figures 65 et 72).

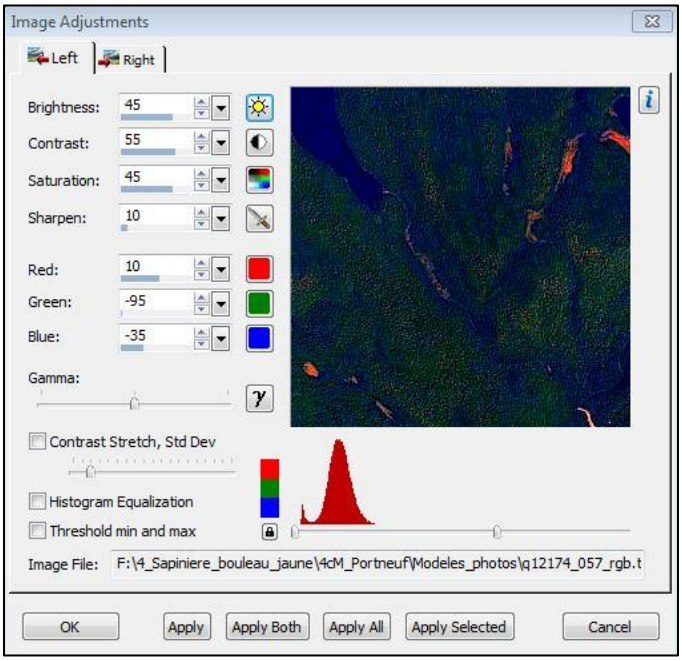


Figure 64. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image trop verte – Essai 1.

Il appert que ces images sont difficiles à rehausser. Il n'existe pas de paramétrage parfait permettant une distinction simple des essences. L'une des causes possibles est l'image faiblement contrastée de l'histogramme. Dans ce cas, il est proposé d'appliquer le rehaussement de base et de retirer un maximum de vert et de bleu afin de distinguer l'épinette noire du sapin baumier (Figures 67 et 73). Chez ces deux essences, le rehaussement induit néanmoins des teintes fidèles à celles décrites par Leboeuf et Vaillancourt (2013) (Tableau 6), une teinte plus jaune pour les épinettes et plus verte pour les sapins.

Tableau 6. Teintes de l'épinette noire et du sapin baumier après rehaussement de base.

Essence	Teinte
Épinette noire	Vert jaunâtre à jaune brunâtre
Sapin baumier	Bleu foncé (mature) à vert très foncé bleuté (jeune)
Bouleau jaune	Vert foncé
Érable à sucre	Vert clair à vert bleuté
Peuplier faux-tremble	Vert bleuté
Érable rouge	Vert clair (plus pâle que l'érable à sucre), parfois brillant

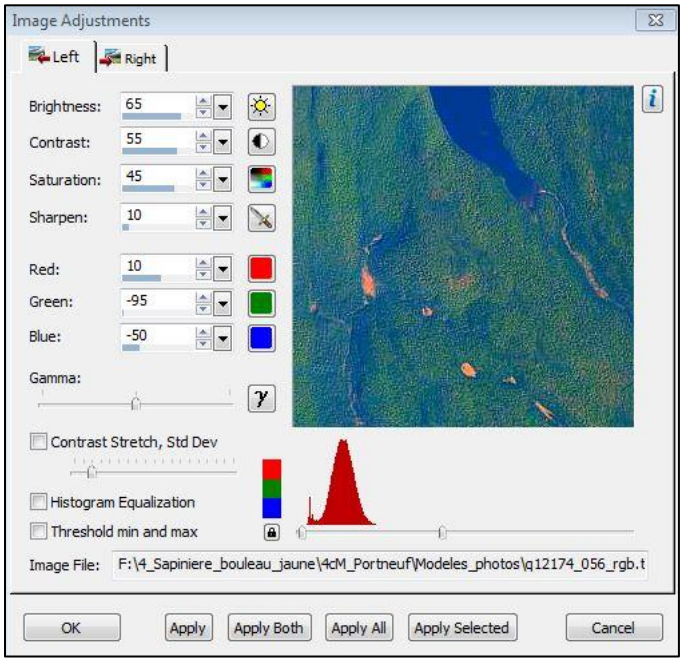


Figure 65. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image trop verte – Essai 2 (résineux).

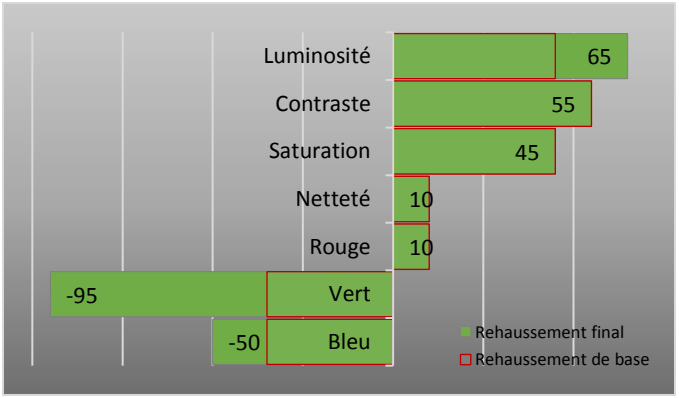


Figure 66. Résumé graphique des paramètres finaux de rehaussement pour une image avec dominance de vert (résineux).

La faible qualité des images nous oblige à imaginer un second rehaussement pour distinguer les feuillus (Figure 67). La prise de vue a probablement eu lieu à la fin de l'été ou au début de l'automne, car les images réagissent de la même manière que celles qui ont été prises à cette période de l'année (voir le cas n° 8).

Bien que le vert et le bleu aient été fortement atténués, l'amélioration est peu perceptible. Toutefois, en ajoutant du rouge les essences prennent des teintes satisfaisantes. L'érable rouge devient alors rouge flamboyant, l'érable à sucre prend une couleur jaune ocre - orangé et le bouleau jaune, la couleur verte (Figures 74 et 75).

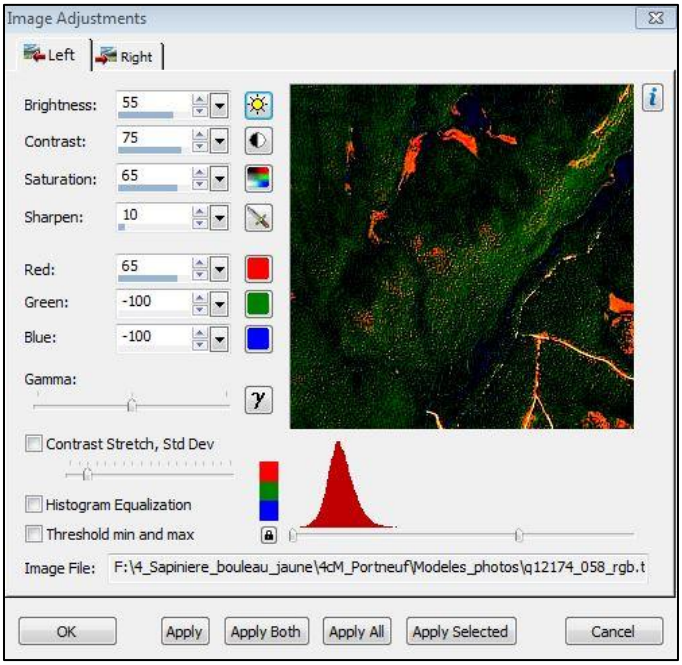


Figure 67. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image trop verte – Essai 3 (feuillus)

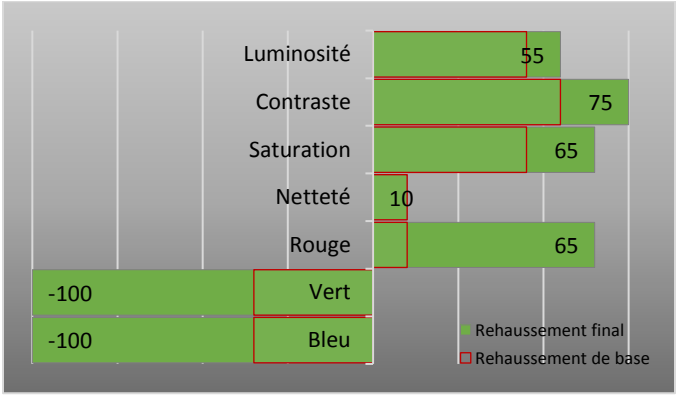


Figure 68. Résumé graphique des paramètres finaux de rehaussement pour une image avec dominance de vert (feuillus).

Figure 69. Exemple d'une photographie aérienne non rehaussée dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (Portneuf). Échelle approximative : 1/6000.

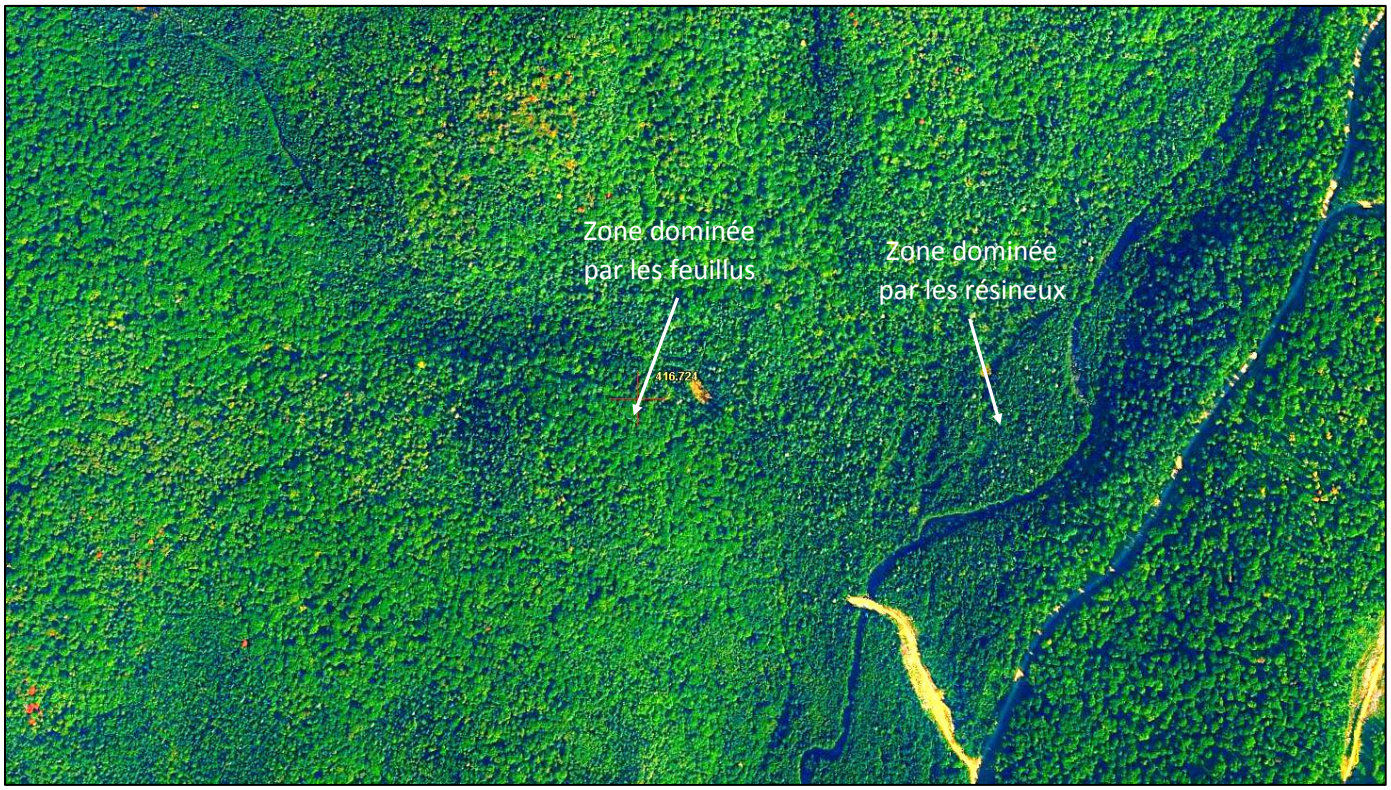


Figure 70. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/6000.

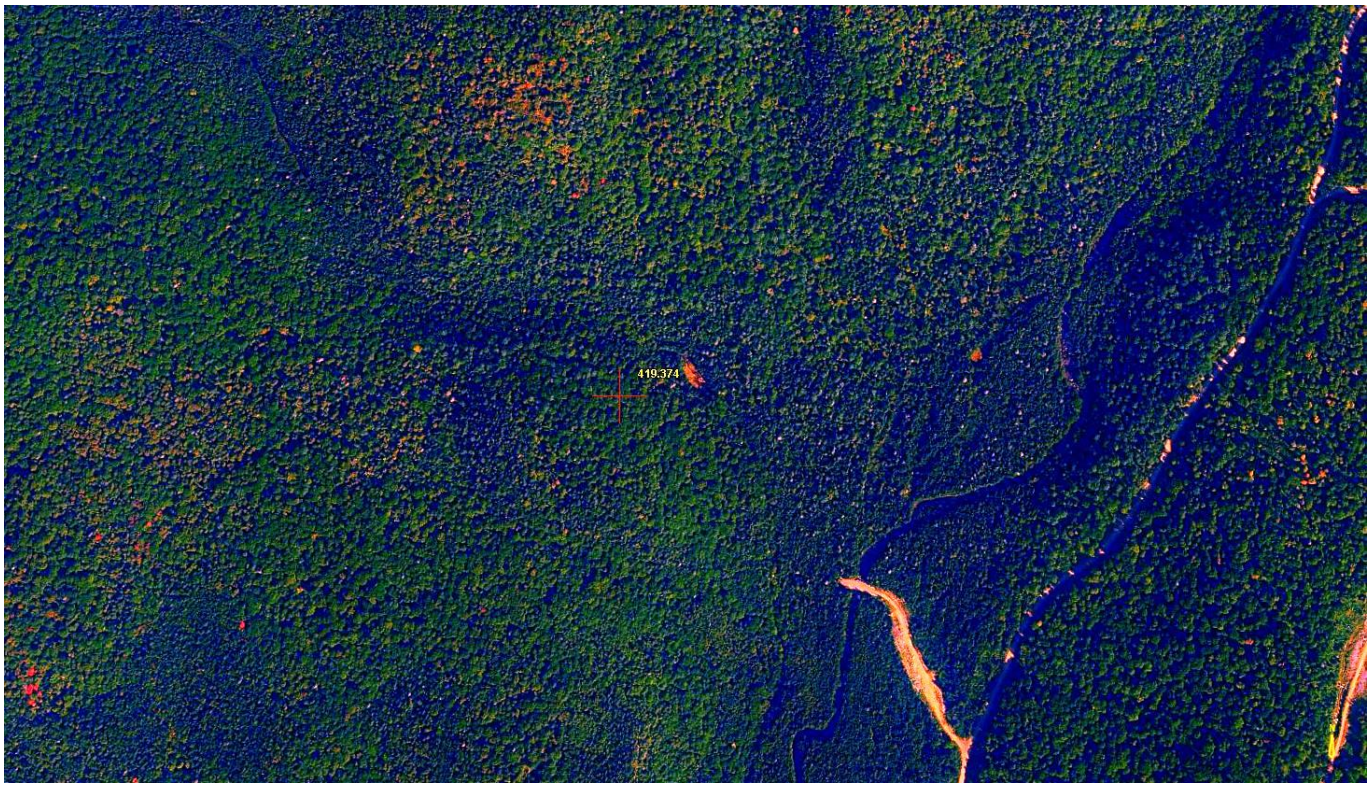


Figure 71. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -35). Échelle approximative : 1/6000.

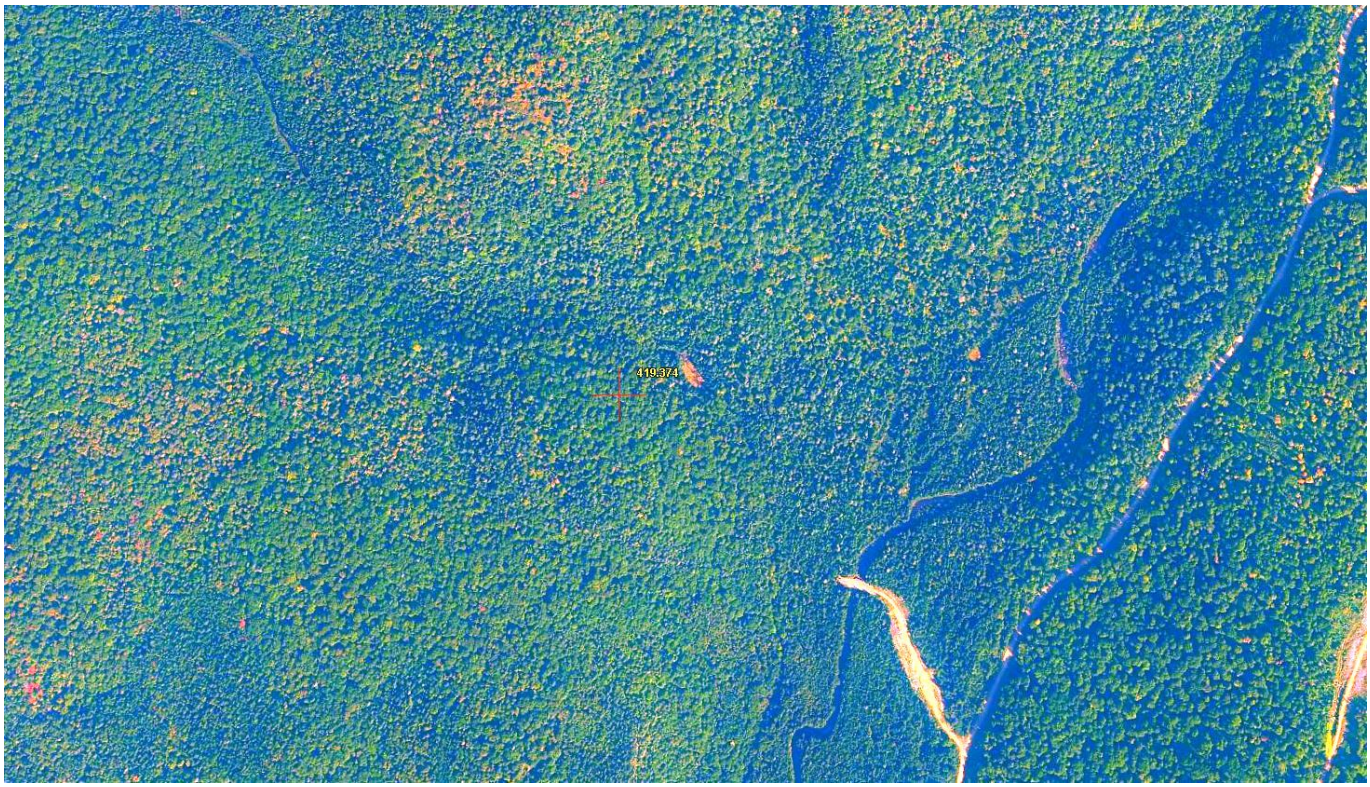


Figure 72. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 65; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -35). Échelle approximative : 1/6000.

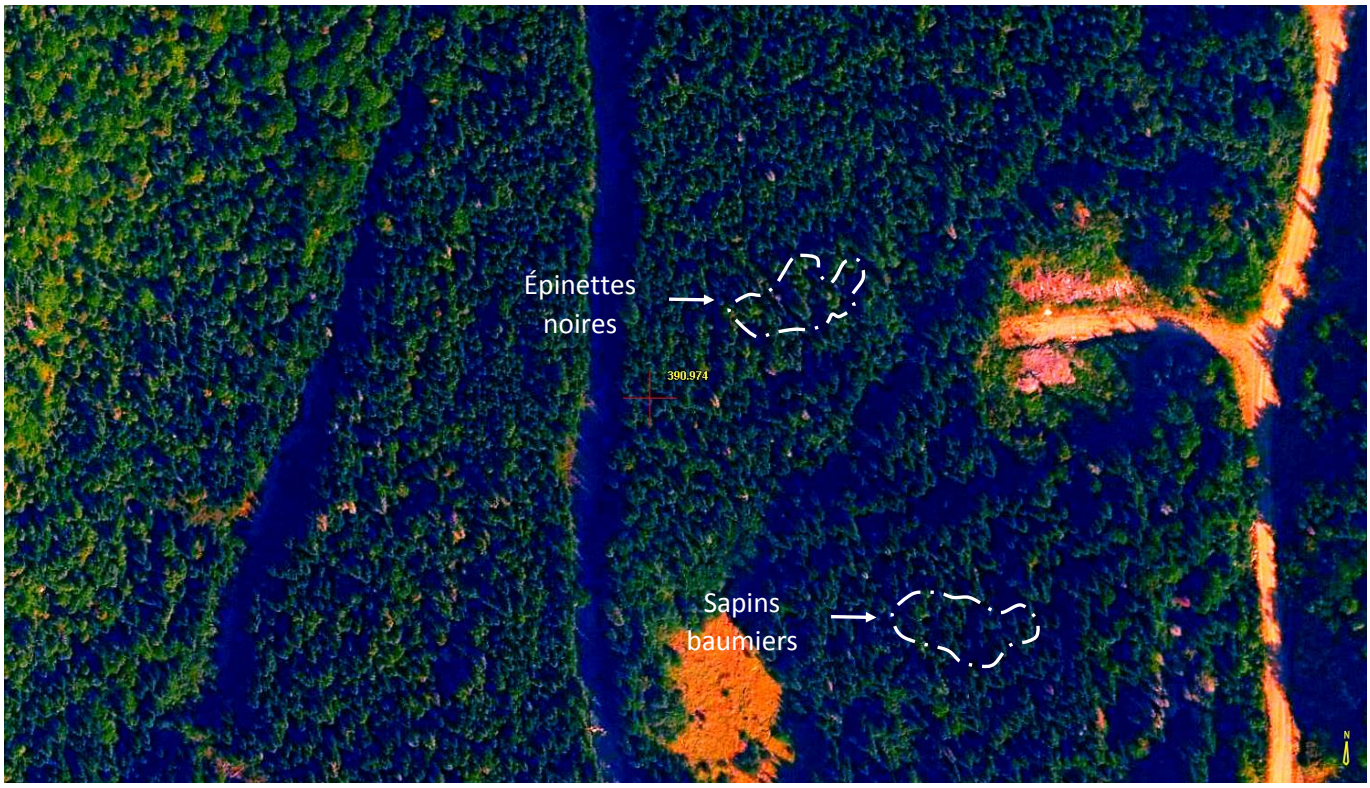


Figure 73. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 65; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -50). Échelle approximative : 1/1000.

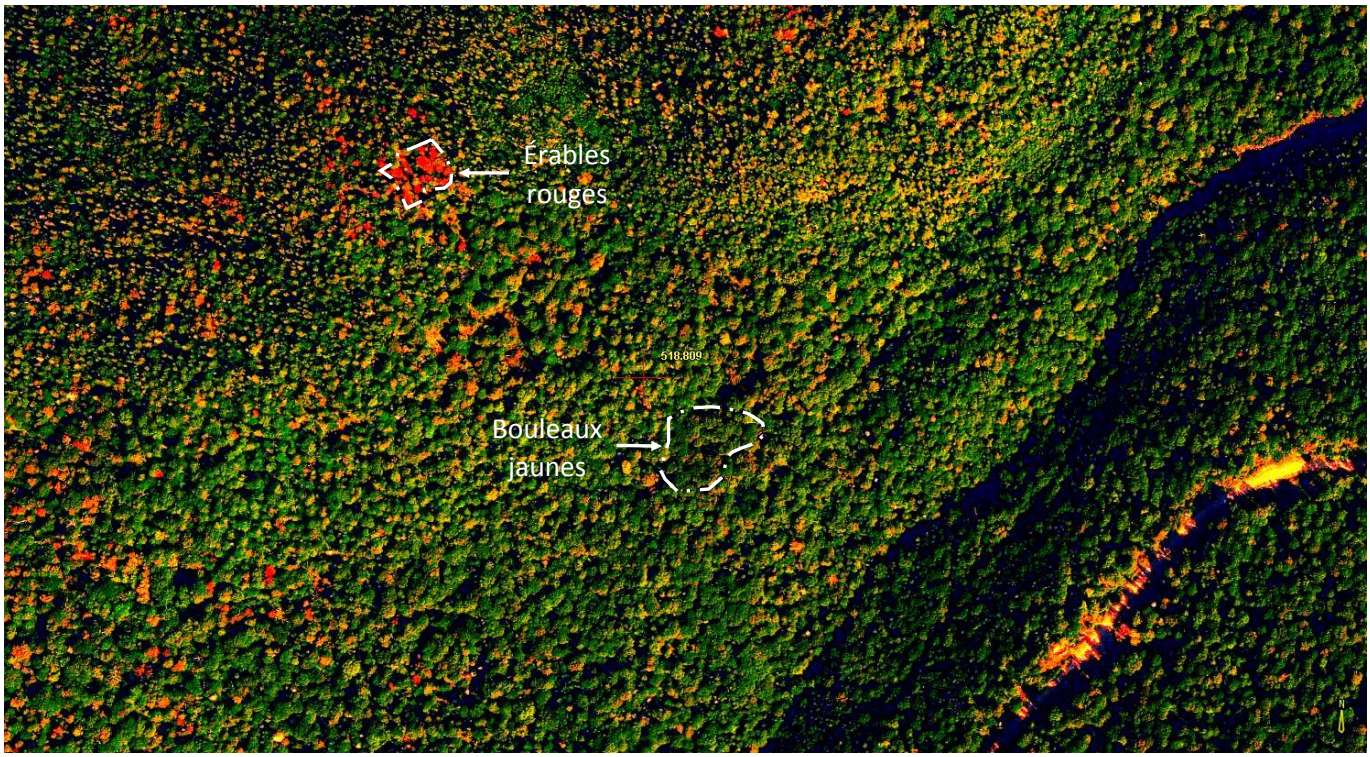


Figure 74. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 3 – feuillus) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 55; contraste : 75; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 65; vert : -100; bleu : -100). Échelle approximative : 1/2000.

Figure 75. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 3 – feuillus) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 55; contraste : 75; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 65; vert : -100; bleu : -100). Échelle approximative : 1/1000.

Cas n^{o} 7

Rehaussement d'une image voilée

Sapinière à bouleau jaune de l'Est

1. Identification des essences clés

Les photographies utilisées dans l'exemple qui suit viennent d'un territoire situé dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est. Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre sur le rehaussement de base, la première étape consiste à localiser un secteur où croissent plusieurs essences forestières. Une façon simple de procéder consiste à trouver, si possible, un endroit qui comporte plusieurs degrés d'inclinaison (ex. : haut de pente, milieu de pente, bas de pente, terrain plat).

Dans ce secteur, les essences clés qui permettent l'optimisation de l'interprétation sont l'érable rouge, les épinettes et le sapin. Cet exemple permet également d'identifier le peuplier faux-tremble.

2. Rehaussement de base

La seconde étape consiste à appliquer un rehaussement de base qui servira de point de départ. Ce rehaussement a été présenté dans le chapitre « Rehaussement de base ». Les figures 76 et 77 montrent une même photographie de la sapinière à bouleau jaune de l'Est, l'une, non rehaussée, l'autre, rehaussée suivant les paramètres du rehaussement de base proposés.

Figure 76. Exemple d'une photographie aérienne non rehaussée dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est. Échelle approximative : 1/23 000.

3. Constats et solutions

Au premier coup d'œil (échelle 1/20 000), un halo bleuté apparaît en périphérie de l'image (Figure 77). Ce halo s'explique par les conditions météorologiques particulières qui prévalaient lors de la prise de vue. De plus, l'aspect foncé de l'image provient de la couleur verte trop dominante.

Une analyse sommaire de l'histogramme indique une image dont les teintes sont moyennement sombres (concentrées à gauche) et le contraste plutôt faible (Figure 78).

Figure 77. Exemple d'une photographie aérienne voilée avec un rehaussement de base.

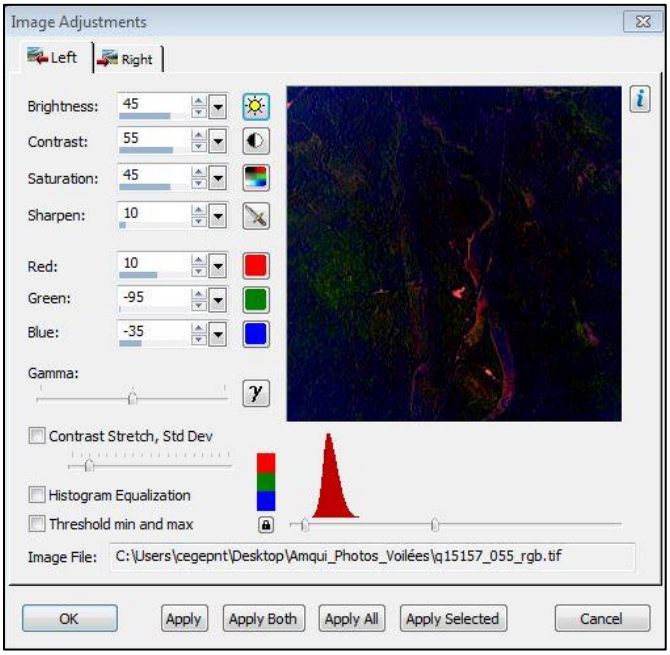


Figure 78. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image voilée – Essai 1.

En présence d'une image voilée, on recommande d'abord d'atténuer le vert (Figure 78). À plus grande échelle (1/1000 à 1/500), l'image reste bleutée, mais devient plus foncée (Figure 82). Pour atténuer cet effet, il faut améliorer la luminosité (Figures 79 et 83). Il devient alors possible de distinguer des zones de résineux et de feuillus, mais l'identification des essences demeure ardue. L'image comporte toujours trop de bleu que l'on atténue par bonds de dix jusqu'à l'obtention d'un résultat satisfaisant (Figure 80). Cette recette de rehaussement semble être la plus appropriée pour ce secteur (Figures 84 à 86).

Le rehaussement donne à l'érable rouge, au peuplier faux-tremble, au sapin baumier et à l'épinette noire des teintes fidèles à celles décrites par Leboeuf et Vaillancourt (2013) (Tableau 7).

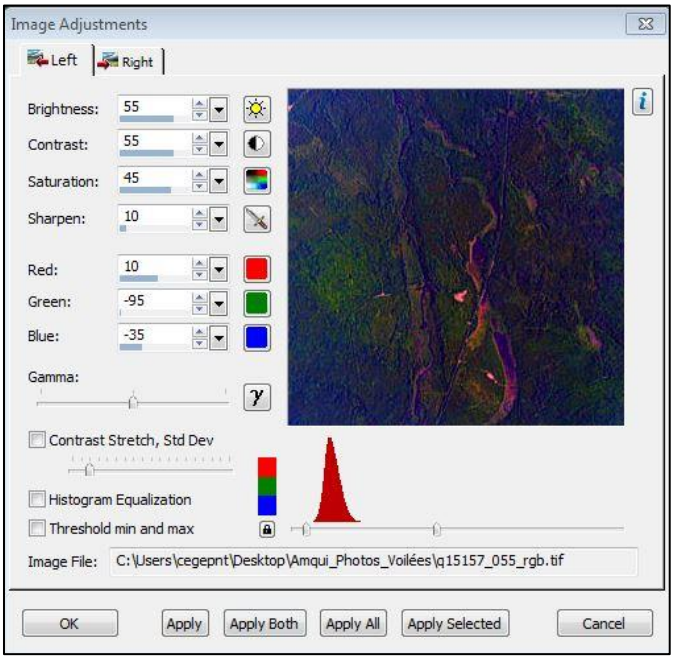


Figure 79. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de jaune – Essai 2.

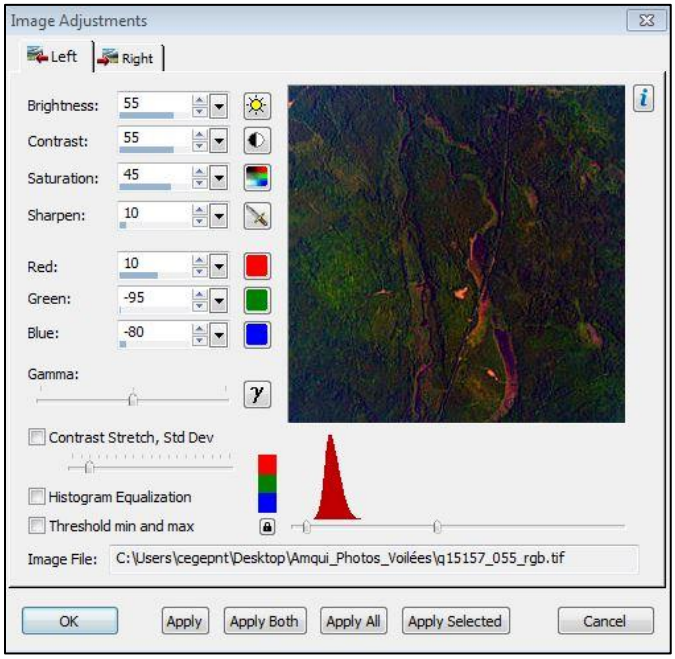


Figure 80. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image avec dominance de jaune – Essai 3.

Tableau 7. Teintes de l'érable rouge, du peuplier faux-tremble, du sapin baumier et de l'épinette noire après rehaussement de base.

Essence	Teinte
Érable rouge	Vert clair (plus pâle que l'érable à sucre), parfois brillant
Peuplier faux-tremble	Vert bleuté
Sapin baumier	Bleu foncé (mature) à vert très foncé bleuté (jeune)
Épinette noire	Vert jaunâtre à jaune brunâtre

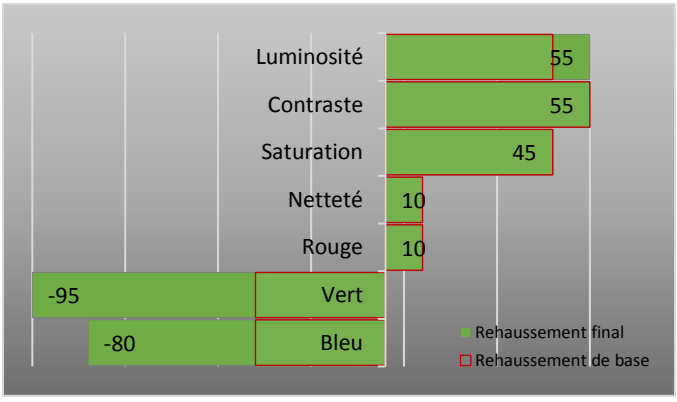


Figure 81. Résumé graphique des paramètres finaux de rehaussement pour une image avec dominance de jaune.

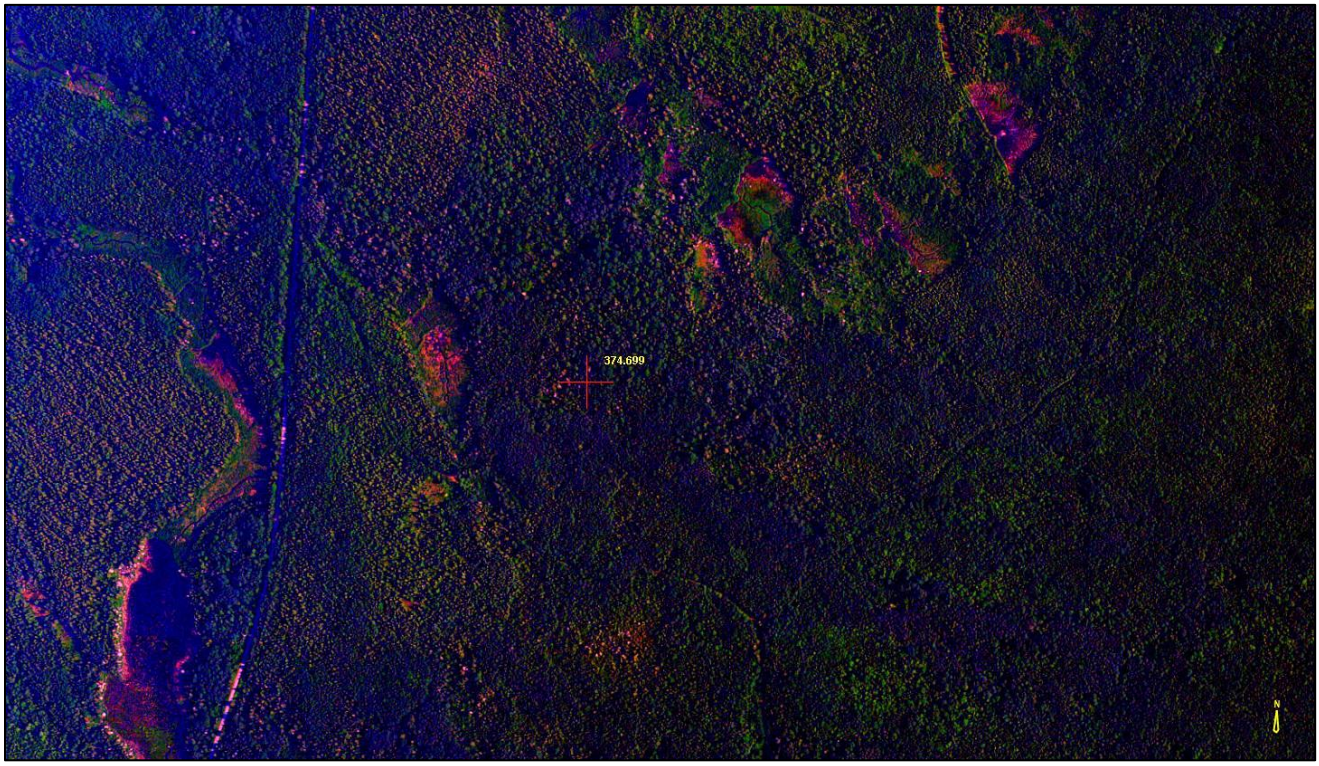


Figure 81. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -35). Échelle approximative : 1/7000.

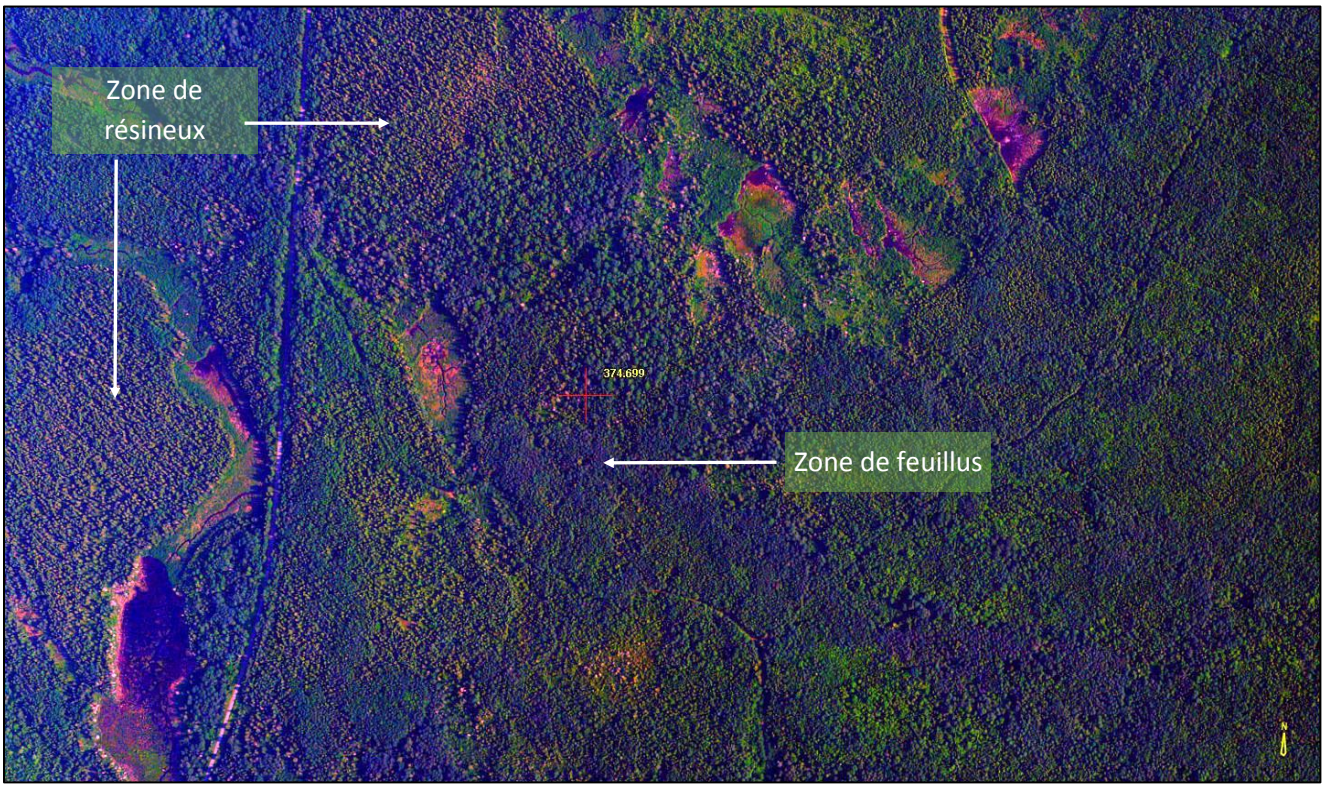


Figure 82. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 55; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -35). Échelle approximative : 1/5000.

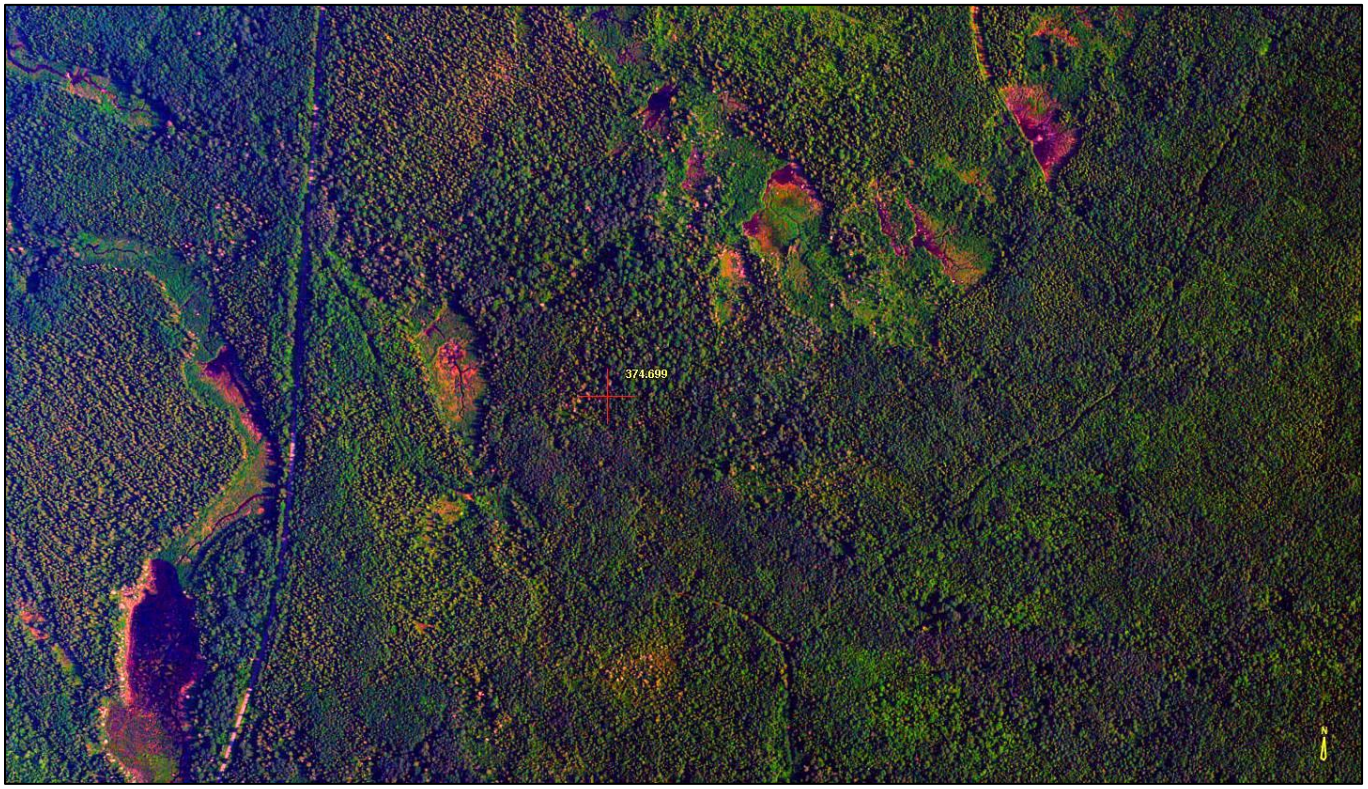


Figure 83. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 3) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 55; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -80). Échelle approximative : 1/5000.

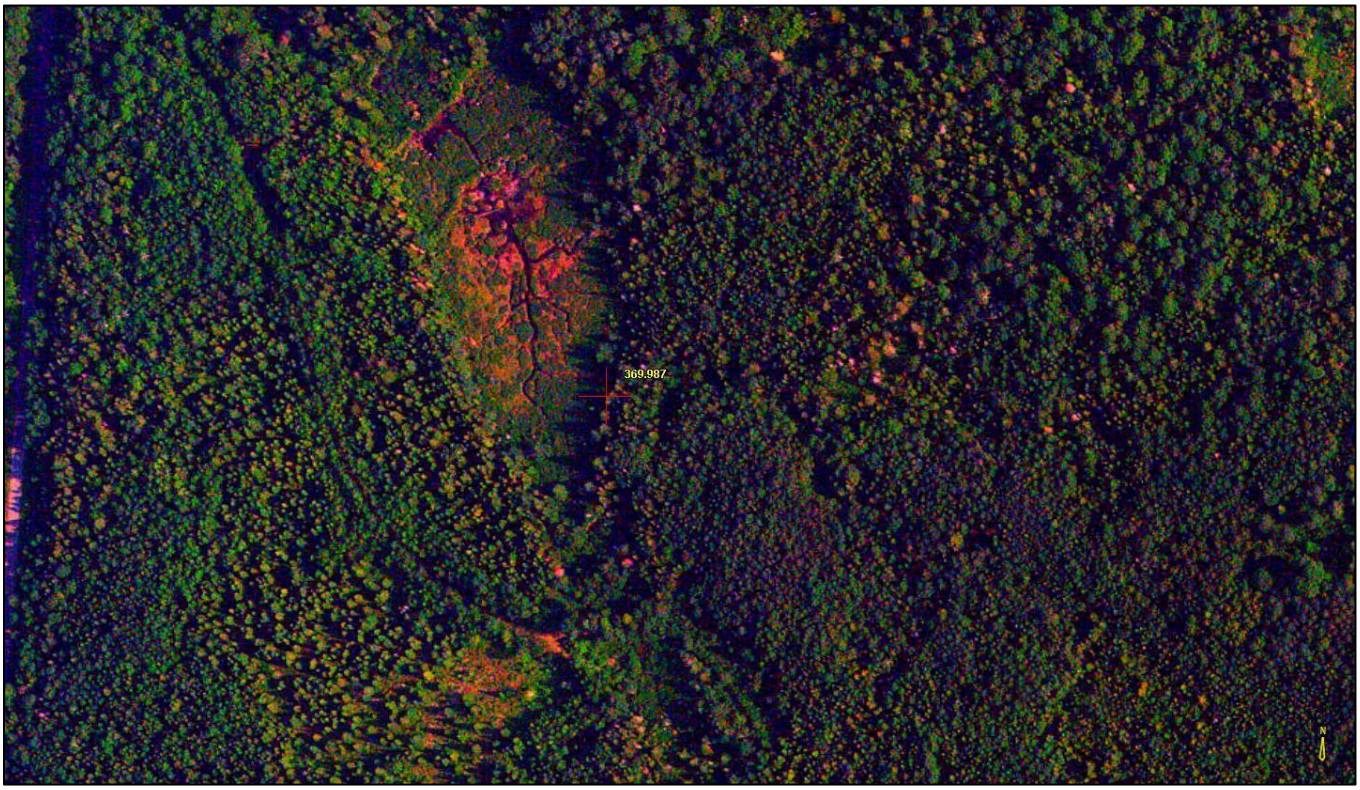


Figure 84. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 3) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 55; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -80). Échelle approximative : 1/1500.

Figure 85. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 3) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 55; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -80). Échelle approximative : 1/900.

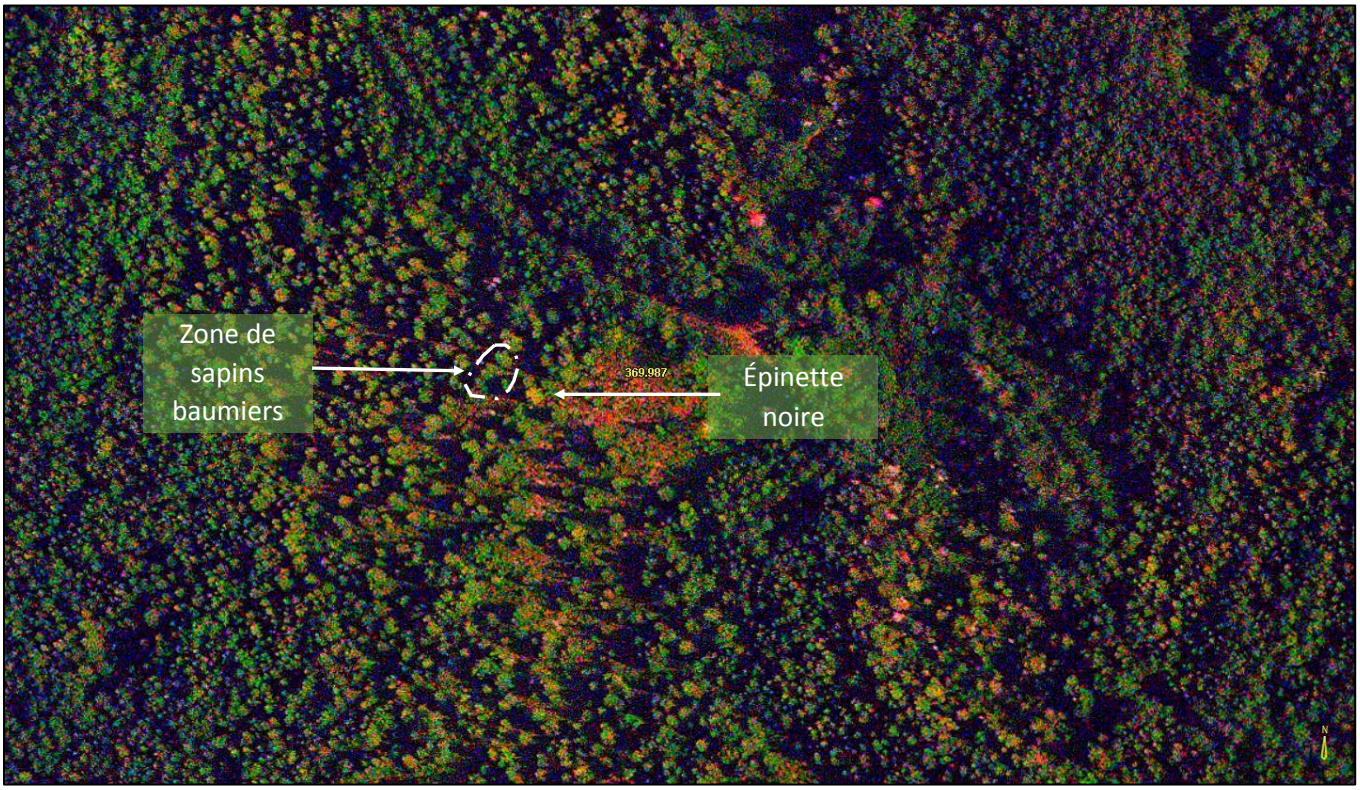


Figure 86. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 3) dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est (paramètres de rehaussement : luminosité : 55; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -95; bleu : -80). Échelle approximative : 1/900.

Cas n° 8

Rehaussement d'une image prise l'automne

Sapinière à bouleau jaune de l'Ouest

1. Identification des essences clés

Les photographies utilisées dans l'exemple qui suit viennent d'un territoire situé dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest. Elles ont la particularité d'avoir été prises à l'automne à une période où les feuilles des arbres ont commencé à changer de couleur. Même sans rehaussement, on peut constater le changement de teintes sur les photographies (Figure 90). Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre sur le rehaussement de base, la première étape consiste à localiser un secteur où croissent plusieurs essences forestières. Une façon simple de procéder consiste à trouver, si possible, un endroit qui comporte plusieurs degrés d'inclinaison (ex. : haut de pente, milieu de pente, bas de pente, terrain plat).

Dans ce secteur, les essences clés qui permettent l'optimisation de l'interprétation sont l'érable à sucre, l'érable rouge et le bouleau jaune. Cet exemple permet également d'identifier l'épinette rouge.

2. Rehaussement de base

La seconde étape consiste à appliquer un rehaussement de base qui servira de point de départ. Ce rehaussement a été présenté dans le chapitre « Rehaussement de base ». Les figures 90 et 91 montrent une même photographie, l'une, non rehaussée, l'autre, rehaussée suivant les paramètres du rehaussement de base proposés.

3. Constats et solutions

Au premier coup d'œil (échelle entre 1/5000 et 1/10 000), le rehaussement de base amplifie les distinctions entre les essences. Les résineux conservent leurs teintes vertes et les feuillus présentent des couleurs plus chaudes (jaune, orange et rouge) (Figure 91).

À plus grande échelle (1/1000 à 1/500), on suggère de modifier légèrement quelques paramètres afin d'optimiser la distinction entre les essences (Figures 88, 92 et 93). Contrairement aux autres cas mentionnés précédemment, les photographies d'automne ne donnent pas aux essences les teintes mentionnées par Leboeuf et Vaillancourt (2013). Le tableau 8 énumère les couleurs des principales essences sur les photographies à l'étude.

Tableau 8. Teintes des érables et du bouleau jaune après rehaussement de photographies prises l'automne.

Essence	Teinte
Bouleau jaune	Vert
Érable à sucre	Jaune ocre - orangé
Érable rouge	Rouge flamboyant

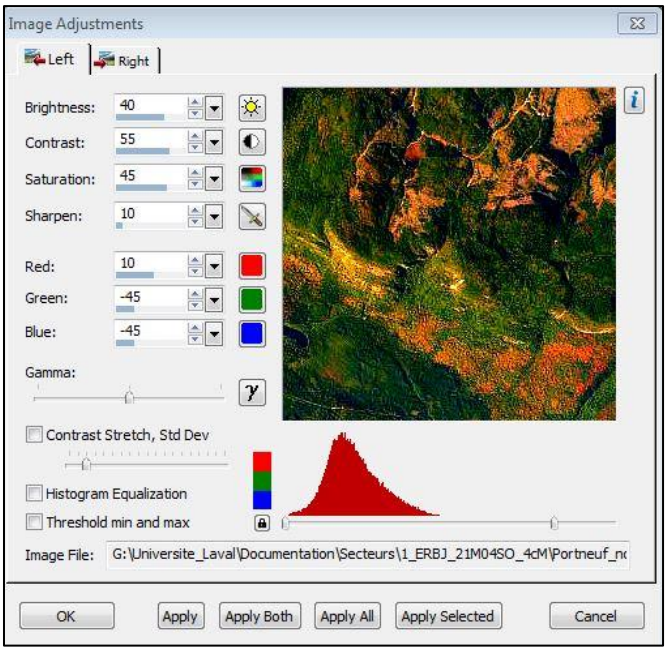


Figure 87. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image prise l'automne – Essai 1.

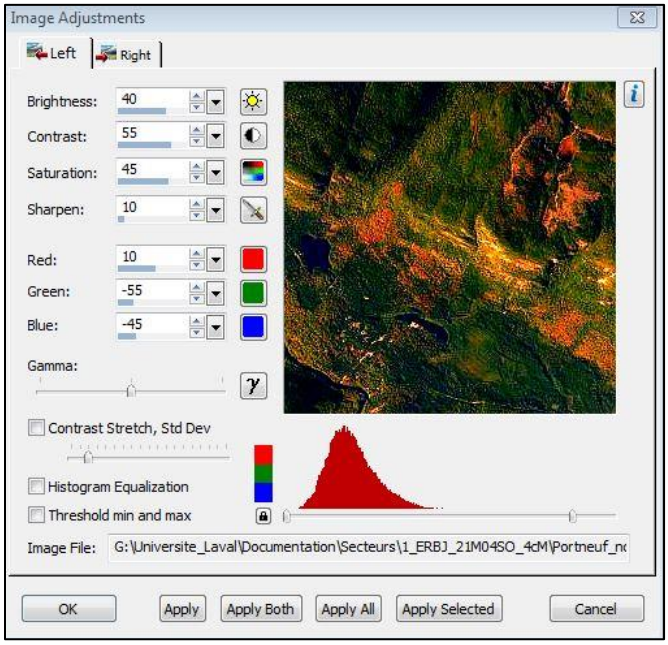


Figure 88. Paramètres de rehaussement pour correction d'une image prise l'automne – Essai 2.

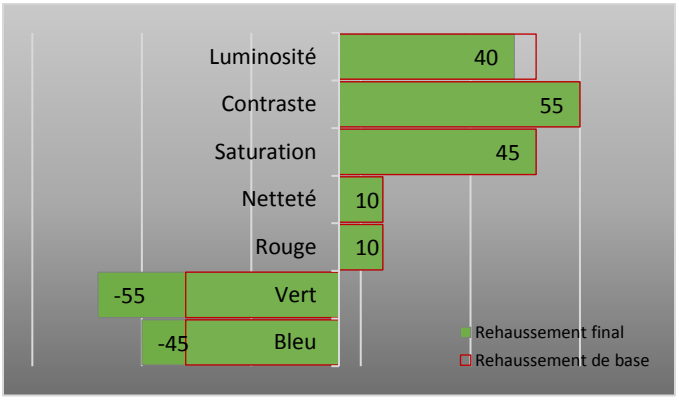


Figure 89. Résumé graphique des paramètres finaux de rehaussement pour une image avec dominance de jaune.

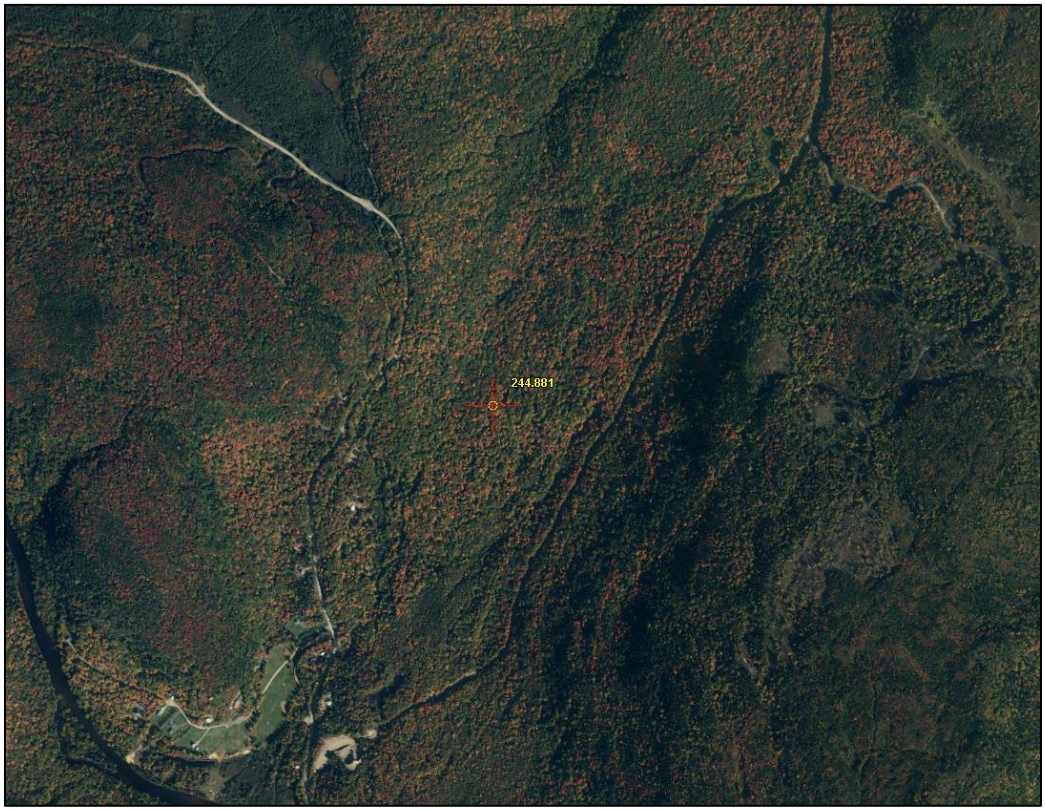


Figure 90. Exemple d'une photographie aérienne prise l'automne sans rehaussement dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest. Échelle approximative : 1/10 000.

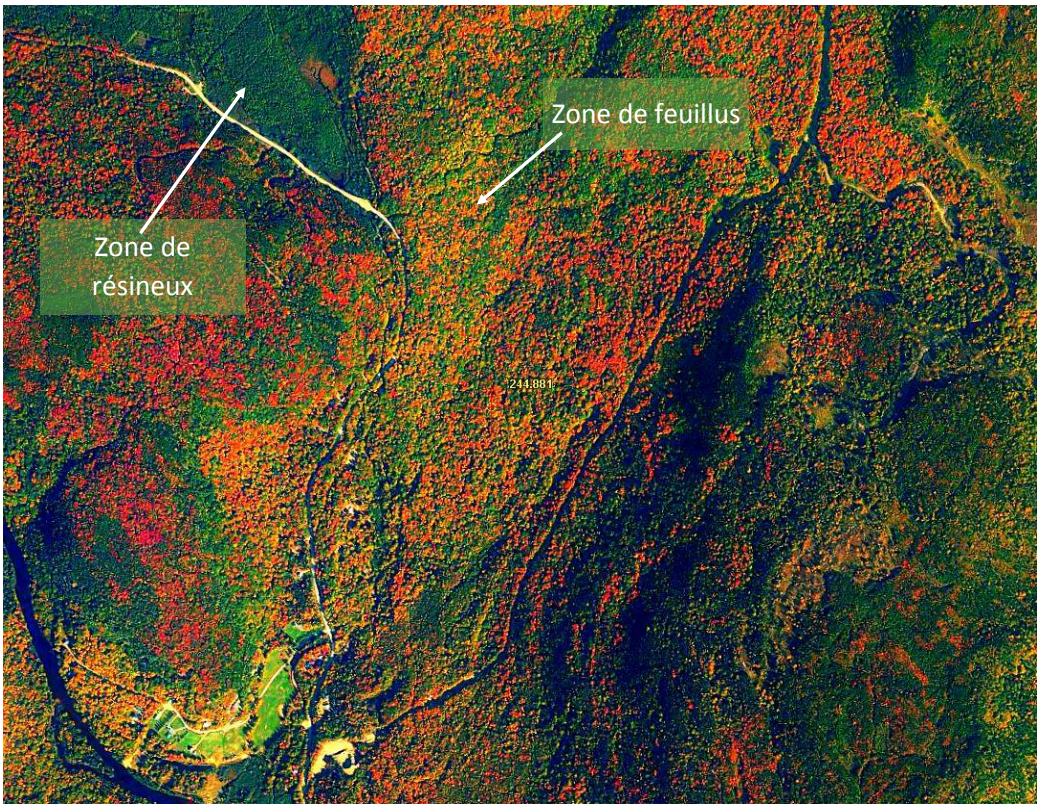


Figure 91. Exemple d'une photographie aérienne prise l'automne avec un rehaussement de base dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : 45; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -35; bleu : -35). Échelle approximative : 1/10 000.

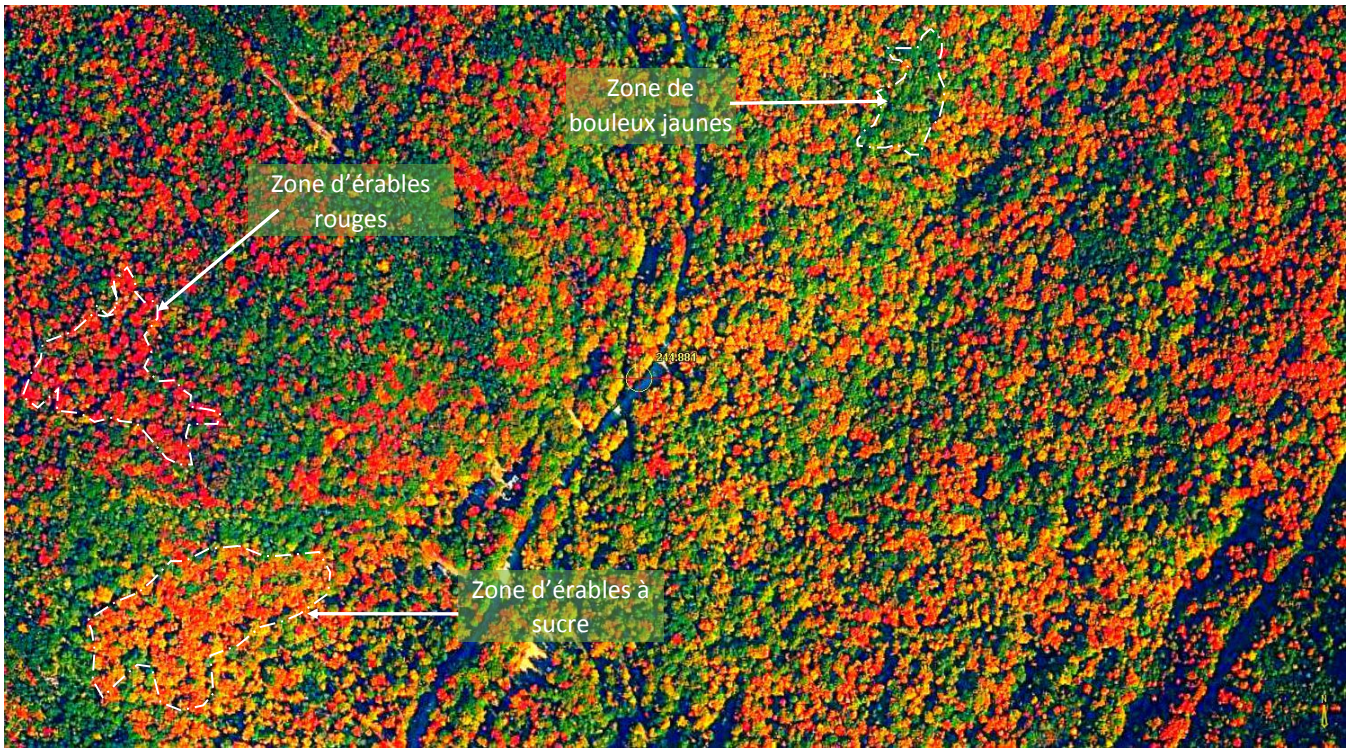


Figure 92. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : 40; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -55; bleu : -45). Échelle approximative : 1/7000.

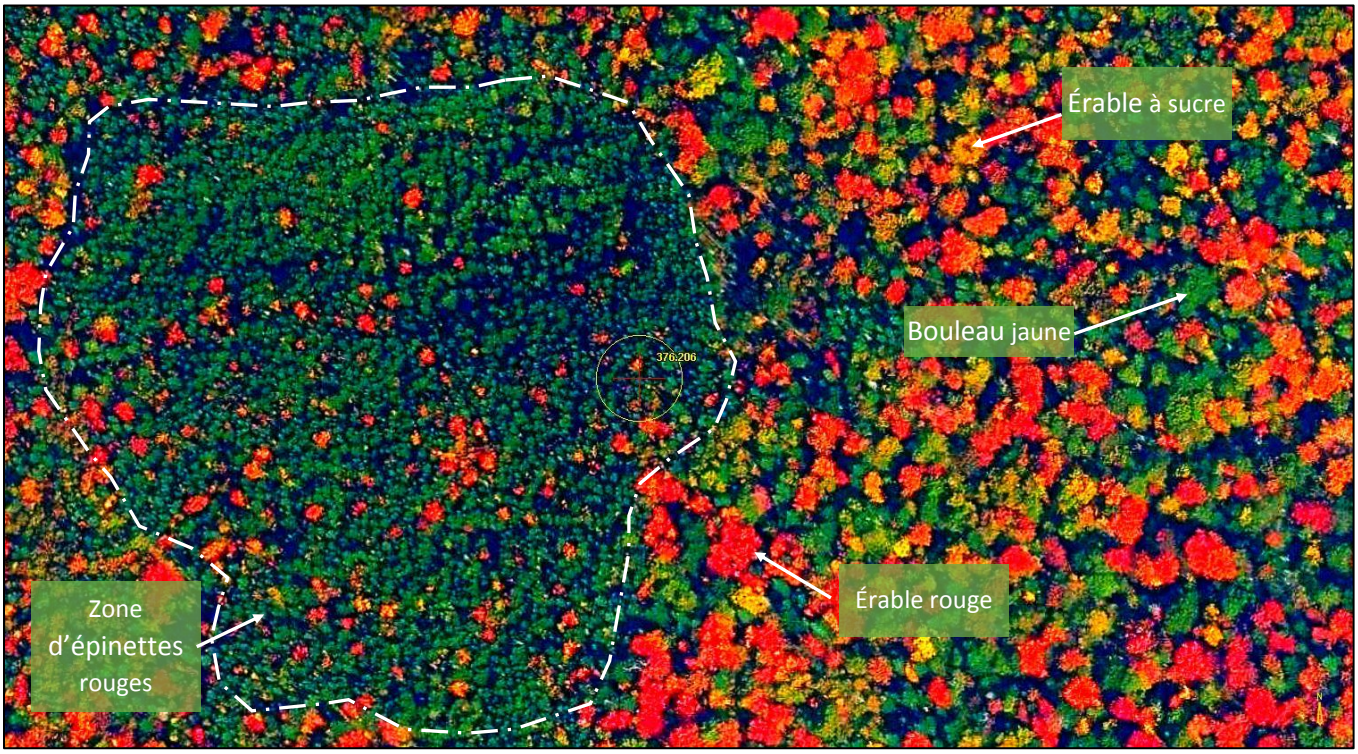


Figure 93. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement modifié (Essai 1) dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : 40; contraste : 55; saturation : 45; netteté : 10; rouge : 10; vert : -55; bleu : -45). Échelle approximative : 1/2000.

Cas n° 9

Rehaussement de base en forêt juvénile

Pessière à mousse de l'Ouest

Dans les jeunes peuplements, la signature spectrale des différentes essences diffère de celle en forêt mature. Un rehaussement adapté à ces peuplements est donc de mise. L'âge, le site d'implantation et la vigueur des tiges sont aussi des facteurs qui font varier la signature spectrale des essences. Il faut donc adapter le rehaussement selon les caractéristiques de l'image. Les cas 9 à 12 proposent des exemples de rehaussement en forêt juvénile. Pour en savoir davantage sur la signature spectrale des essences de moins de sept mètres, consultez Gagnon, Lessard et Tremblay Boulet (2016).

1. Identification d'un secteur témon

En premier lieu, il importe de localiser un secteur où le rehaussement sera expérimenté et de choisir une photographie. Tant au stade semis qu'au stade gaulis, il est nécessaire de trouver un secteur composé de différents éléments à identifier (ex. : débris ligneux, régénération, essences variées).

Le travail se fera à différentes échelles. D'abord à petite échelle, afin de constater les paramètres des photographies à corriger, et ensuite à grande échelle, afin de distinguer les divers critères qui seront interprétés.

2. Rehaussement de base

La seconde étape consiste à appliquer un rehaussement de base pouvant être modulé au gré des situations. Ce rehaussement doit être appliqué dans un secteur représentant bien le contexte à photo-interpréter et ce à une échelle d'environ 1/4000. Ce rehaussement a été développé à la suite de nombreux essais et ne constitue pas une panacée. D'autres rehaussements de base peuvent mieux convenir à certains utilisateurs et à certaines collections de photos. Les paramètres de rehaussement de base proposés dans le présent ouvrage sont présentés aux figures 94 et 95 alors que les figures 96 et 97 illustrent une même photographie aérienne avec et sans rehaussement.

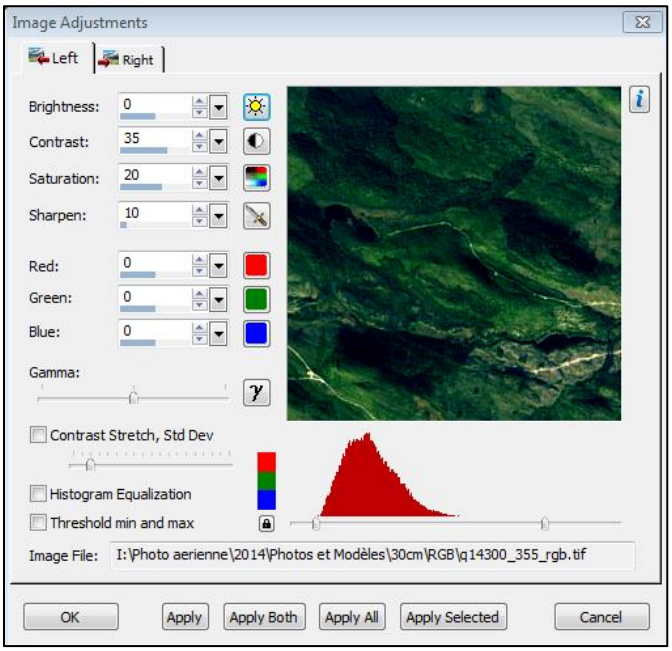


Figure 94. Paramètres de rehaussement de base appliqué en forêt juvénile.

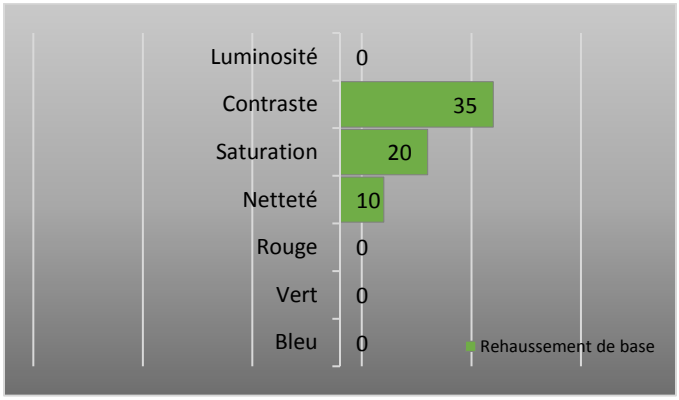


Figure 95. Résumé graphique des paramètres de rehaussement de base en forêt juvénile.

Figure 96. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans la pessière à mousse de l'Ouest. Échelles approximatives : 1/4000 et 1/800.

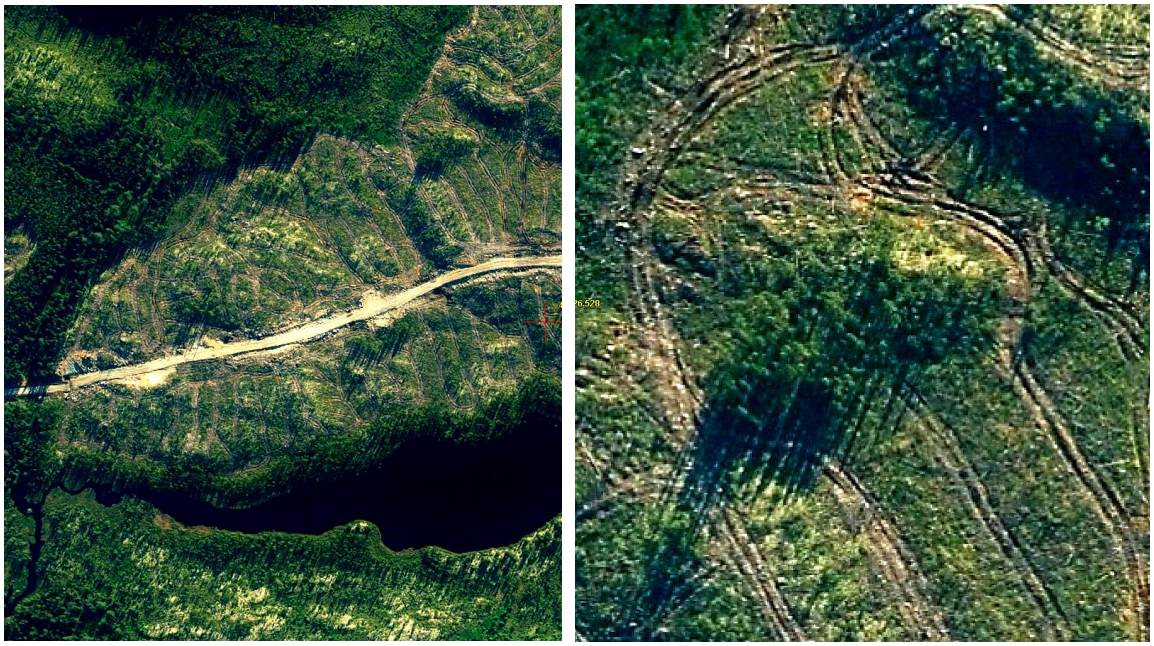


Figure 97. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans un secteur résineux de la pessière à mousse de l'Ouest (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelles approximatives : 1/4000 et 1/800.

3. Constats et solutions

Le rehaussement de base modifie de manière satisfaisante les photographies de cet exemple. Les détails de chacun des critères à interpréter au stade semis et gaulis, la végétation potentielle, le drainage, les essences et les débris ligneux peuvent être distingués. L'image est riche en couleurs et présente une netteté satisfaisante.

Les figures 98 et 99 présentent le résultat d'un rehaussement de base appliqué à d'autres photographies d'un secteur de forêt mixte de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest au stade semis. D'autre part, les figures 100 et 101 présentent le résultat d'un

rehaussement de base dans un secteur mixte de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest dans une plantation au stade gaulis.

Figure 98. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest. Échelle approximative : 1/3000.

Figure 99. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans un secteur en régénération de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/3000.

Figure 100. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans une plantation au stade gaulis de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest. Échelle approximative : 1/2500.

Figure 101. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base plantation au stade gaulis de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/2500.

Les images des figures 96 à 101 ont bien réagi au rehaussement de base et permettent de bien distinguer les critères à interpréter au stade semis et gaulis. Ce rehaussement de base induit à ces critères des teintes fidèles à celles décrites par *Gagnon et coll. (2016)* (Tableau 9).

Cependant, le rehaussement de base ne conduira pas dans tous les cas à une reconnaissance immédiate des essences et critères forestiers. Souvent, celui-ci devra être affiné car malgré son application, l'interprétation des photographies peut demeurer ardue.

Tableau 9. Principaux critères d'identification des essences et autres éléments après rehaussement de base au stade juvénile.

Essences ou éléments	**Caractéristiques**
Sapin baumier	Verdâtre et jaune, forme conique, texture floue
Épinette noire	Petite cime très pointue, verte bleutée
Peuplier faux-tremble	Vert bleutée, cime rugueuse et généralement plus haut que les autres essences
Éricacée	Jaune verdâtre à brun ou vert orangé à rougeâtre, d'aspect moutonneux, parfois flou
Débris ligneux	Lignes blanches au sol, houppiers gris-brun

Cas n^{o} 10

Rehaussement d'une image avec coupe récente

Pessière à mousse de l'Ouest

1. Localisation d'un secteur témoin

L'exemple qui suit propose un rehaussement pour un secteur récemment récolté à l'aide d'une coupe avec protection de la régénération et des sols. Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre sur le rehaussement de base en forêts juvéniles, la première étape consiste à localiser un secteur parmi les photographies à interpréter qui représente bien ce que l'on a à photo-interpréter. Dans ce cas-ci, une coupe forestière typique à notre secteur fera l'affaire.

Encore une fois, l'utilisateur travaillera à différentes échelles. D'abord à petite échelle, afin de constater les paramètres des photographies à corriger, et ensuite à grande échelle, afin de distinguer les divers critères qui seront interprétés à l'intérieur de la coupe.

2. Rehaussement de base

La seconde étape consiste à appliquer un rehaussement de base qui servira de point de départ. Ce rehaussement a été présenté dans le chapitre « Rehaussement de base en forêts juvéniles ». Les figures 103 et 104 montrent une même photographie dans la pessière à mousse de l'Ouest non rehaussée, et l'autre, rehaussée suivant les paramètres du rehaussement de base proposés.

3. Constats ou problématiques

Dans le premier exemple, l'application du rehaussement de base induit à l'image beaucoup trop de luminosité. Il est alors difficile d'interpréter les différents critères de prescriptions sylvicoles et de distinguer le type de couvert (feuillu et résineux). La forte luminosité est un problème fréquent dans une coupe forestière. Cela est le résultat de la grande réflectance du sol mis à nu, du peu de végétation, du type de végétation au sol (ex. : lichen) ou d'autres éléments tels les débris ligneux.

Dans une telle situation, le retrait de luminosité est requis. Cependant, le résultat n'est pas convainquant par cette simple application (Figure 105). Dans ce cas-ci, la diminution de la saturation ainsi que l'ajout d'un peu de bleu pour atténuer la forte dominance du jaune-vert apporte un gain notable (Figures 106 et 107).

Malgré tous ces efforts pour en arriver à un rehaussement optimal, la qualité visuelle de cette image n'est pas idéale. Il appert que ces images sont difficiles à rehausser. Il n'existe pas de paramétrages parfait permettant une distinction simple des essences ainsi que des critères de traitement de remise en production.

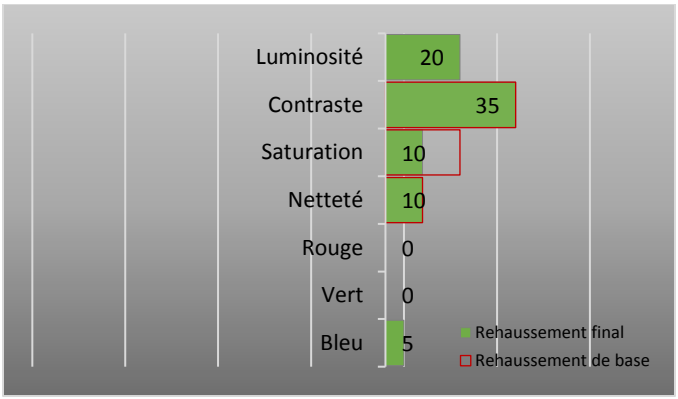


Figure 102. Résumé graphique des paramètres finaux de rehaussement pour une image d'un secteur avec coupe récente.

Figure 103. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans une CPRS de la pessière à mousse de l'Ouest (paramètres de base en forêt juvénile : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/1000.

Figure 104. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base dans une CPRS de pessière à mousse de l'Ouest (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/1000.

Figure 105. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 1) dans une CPRS de la pessière à mousse de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : -20; contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/1000.

Figure 106. Exemple d'une photographie aérienne avec un rehaussement de base modifié (Essai 2) dans une CPRS de la pessière à mousse de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : -20; contraste : 35; saturation : 10; netteté : 10; bleu : 5). Échelle approximative : 1/1000.

Cas n^{o} 11

Rehaussement d'une image avec régénération inférieure à 1,5m

Sapinière à bouleau blanc de l'Ouest

1. Localisation d'un secteur témoin

L'exemple qui suit propose un rehaussement pour un secteur dans lequel la régénération est issue d'une plantation de moins de 5 ans. Comme il a été mentionné dans le chapitre sur le rehaussement de base en forêts juvéniles, la première étape consiste à localiser un secteur parmi les photographies à interpréter qui représente bien ce que l'on a à photo-interpréter. Dans ce cas-ci, une jeune plantation résineuse envahie par la compétition.

Encore une fois, l'utilisateur travaillera à différentes échelles. D'abord à petite échelle, afin de constater les paramètres des photographies à corriger, et ensuite à grande échelle, afin de distinguer les critères de traitement d'éducation.

2. Rehaussement de base

La seconde étape consiste à appliquer un rehaussement de base qui servira de point de départ. Ce rehaussement a été présenté dans le chapitre « Rehaussement de base en forêts juvéniles ». Les figures 107 et 108 montrent une même photographie d'une plantation dans une sapinière à bouleau blanc non rehaussée et ensuite rehaussée suivant les paramètres du rehaussement de base proposés.

3. Constats ou problématiques

L'application du rehaussement de base sur la figure 108 produit un résultat satisfaisant pour déterminer si une plantation résineuse est envahie ou non par le feuillu. Par contre, si on veut aller plus loin et distinguer les essences, il sera approprié d'ajuster quelque peu les paramètres de couleur des images (Figure 109).

Malgré l'effort de rehaussement, il est très difficile d'identifier certaines essences à ce stade. Le suivi de plantation s'effectue généralement très bien avec le rehaussement de base. L'objectif est simplement de déterminer si la plantation est envahie, il n'est pas nécessaire de raffiner davantage le rehaussement.

Les figures 110 et 111 montrent un autre exemple où le rehaussement de base suffit pour évaluer l'envahissement d'une jeune plantation.

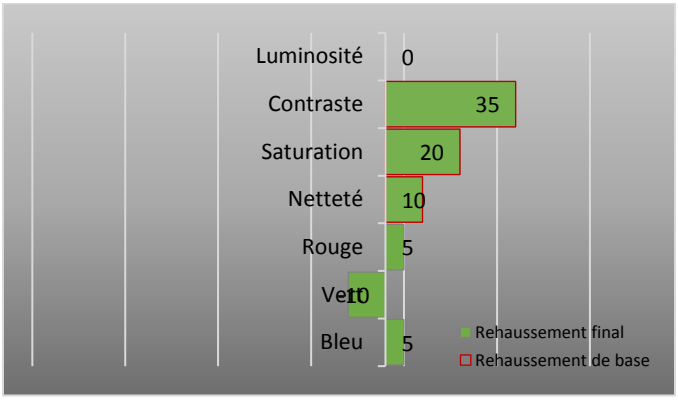


Figure 106. Résumé graphique des paramètres finaux de rehaussement pour une image d'un secteur en suivi de régénération (< 1,5 m).

Figure 107. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans une jeune plantation de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest, plantation de deux ans. Échelle approximative : 1/1000.

Figure 108. Exemple d'une photographie aérienne avec le rehaussement de base dans une jeune plantation de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest, plantation de deux ans (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/1000.

Figure 109. Exemple d'une photographie aérienne avec le rehaussement de base modifié dans une jeune plantation de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest, plantation de deux ans (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10; rouge : 5; vert : -10; bleu : 5). Échelle approximative : 1/1000.

Figure 110. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans une jeune plantation de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest, plantation de deux ans. Échelle approximative : 1/1000.

Figure 111. Exemple d'une photographie aérienne avec le rehaussement de base dans une jeune plantation de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest, plantation de deux ans (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/1000.

Cas n° 12

Rehaussement d'une image avec régénération au stade gaulis (1,5m à 7m)

Sapinière à bouleau blanc de l'Ouest

1. Localisation d'un secteur témoin

L'exemple qui suit propose un rehaussement pour un secteur où le peuplement est au stade de gaulis (hauteur des arbres entre 1,5 et 7 mètres). Comme il a été mentionné dans le chapitre sur le rehaussement de base en forêts juvéniles, la première étape consiste à localiser un secteur parmi les photographies à interpréter qui représente bien ce que l'on a à photo-interpréter. Dans ce cas-ci, un jeune peuplement de 10 à 15 ans a été retenu.

L'utilisateur travaillera à différentes échelles. D'abord à petite échelle, afin de constater les paramètres des photographies à corriger, et ensuite à grande échelle, afin de distinguer les divers critères qui seront interprétés au stade gaulis (essences, type de couvert, densité, etc.).

2. Rehaussement de base

La seconde étape consiste à appliquer un rehaussement de base qui servira de point de départ. Ce rehaussement a été présenté dans le chapitre « Rehaussement de base en forêts juvéniles ». Les figures 112 et 113 présentent une même photographie d'un peuplement au stade de gaulis dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest non rehaussée et ensuite rehaussée suivant les paramètres du rehaussement de base proposés.

3. Constats ou problématiques

Dans l'exemple suivant, bien que l'application du rehaussement de base rend l'image plus facile à interpréter, il demeure néanmoins difficile de distinguer les essences résineuses des essences feuillues. Il serait alors judicieux d'ajuster les couleurs. La figure 113 montre que le rehaussement de base induit à l'image une couleur verte un peu trop dominante. Le rehaussement présenté à la figure 114 propose d'enlever du rouge et du vert et d'ajouter du bleu. De plus, la luminosité a été quelque peu abaissée. Celui-ci n'est peut-être pas parfait, mais convient très bien à la photo-interprétation de secteur au stade gaulis dans l'objectif d'effectuer une éclaircie précommerciale ou un nettoiement.

Au stade gaulis, il est possible de travailler avec des rehaussements plus pointus pour faire ressortir les différentes essences ou le type de couvert. La signature spectrale des essences en forêt juvénile étant différente qu'en forêt mature, différentes recettes ont été élaborées pour ce stade. Les exemples qui suivent présentent des recettes de rehaussement apportant plus de subtilité permettant l'identification de l'essence résineuse et feuillue au stade gaulis.

Les figures 115 et 116 montrent un peuplement mixte avec et sans rehaussement. La recette proposée permet d'identifier autant les essences feuillues (bouleau, peuplier) que les essences résineuses (épinette, sapin, pin).

Les figures 117 et 118 montrent un peuplement traité en éclaircie précommerciale (prise de vue 4 ans suivant le traitement) avec et sans rehaussement. Dans cet exemple, le rehaussement permet de distinguer facilement l'épinette noire qui devient vert turquoise et le sapin baumier vert jaune.

Le prochain exemple se trouve dans un peuplement mixte avec une bonne diversité d'essences : feuillu non-commercial, bouleau, peuplier, sapin, épinette. Les figures 119, 120 et 121 montrent ce peuplement avec et sans rehaussement. Chacune des essences présentent sur l'image de la figure 120 sont bien distinctes malgré l'application d'un rehaussement simple et automatisé. La figure 121, quant à elle, montre le même peuplement mais avec un rehaussement qui peut être ajusté selon ce que l'on veut distinguer : les résineux entre eux ou les feuillus entre eux. Celui-ci permet de distinguer plus facilement les résineux entre eux.

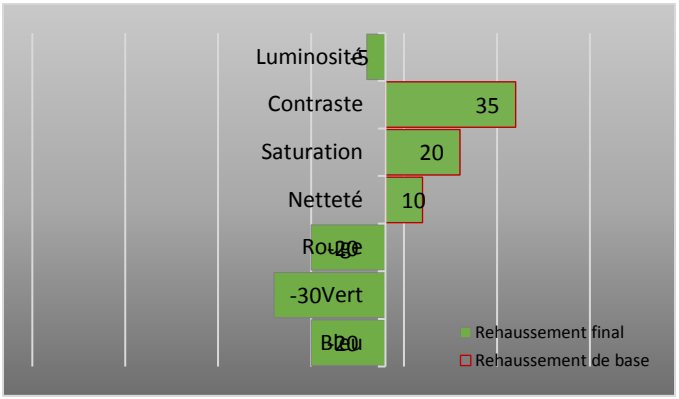


Figure 111. Résumé graphique des paramètres finaux de rehaussement pour une image d'un peuplement au stade de gaulis (1,5 à 7 m).

Figure 112. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans un peuplement au stade de gaulis de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest. Échelle approximative : 1/1400.

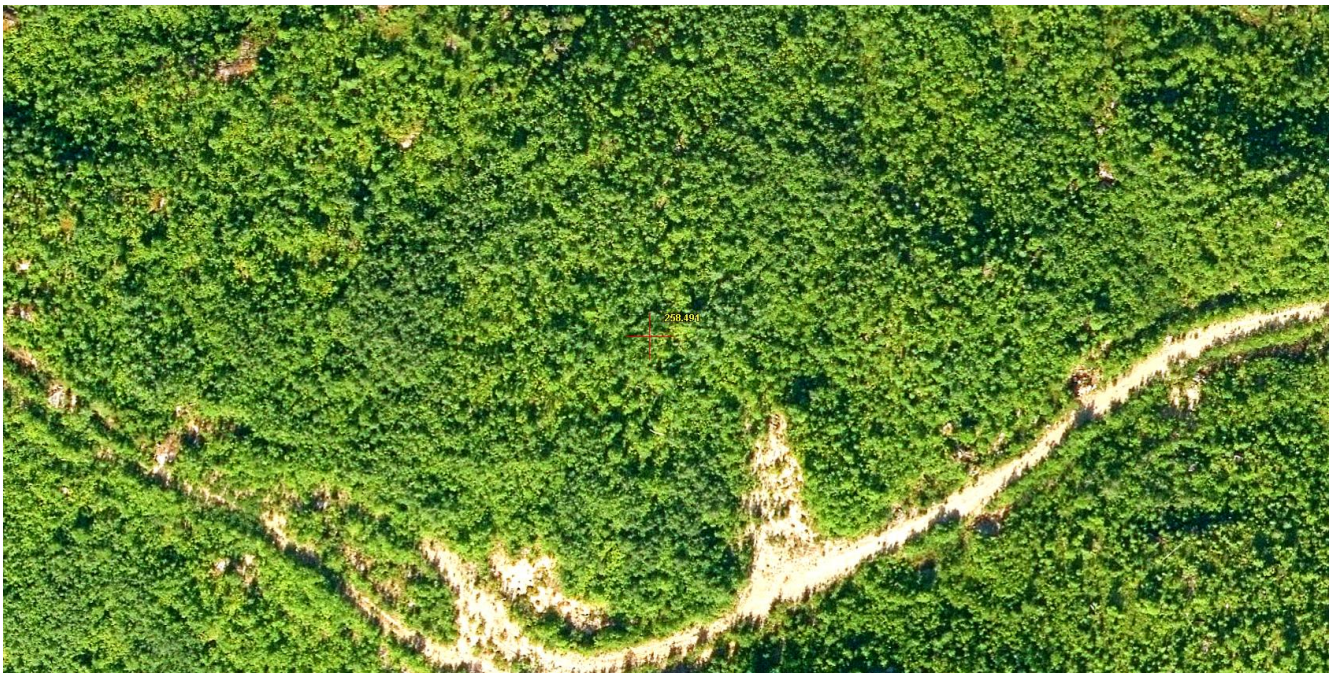


Figure 113. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement de base dans un peuplement au stade de gaulis de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/1400.

Figure 114. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement de base modifié (Essai 1) dans un peuplement au stade de gaulis de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : -5; contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10; rouge : -20; vert : -30; bleu : 20). Échelle approximative : 1/1400.

Figure 115. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement de base dans un peuplement mixte au stade gaulis de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : contraste : 35; saturation : 20; netteté : 10). Échelle approximative : 1/1500.

Figure 116. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement de base modifié (Essai 1) dans un peuplement mixte au stade gaulis de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : -11; contraste : 55; saturation : 33; netteté : 10; coché « Contrast Stretch », Std Dev à 2.7). Échelle approximative : 1/1400.

Figure 117. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement dans un peuplement traité en EPC de la pessière à mousse de l'Ouest. Échelle approximative : 1/1000.

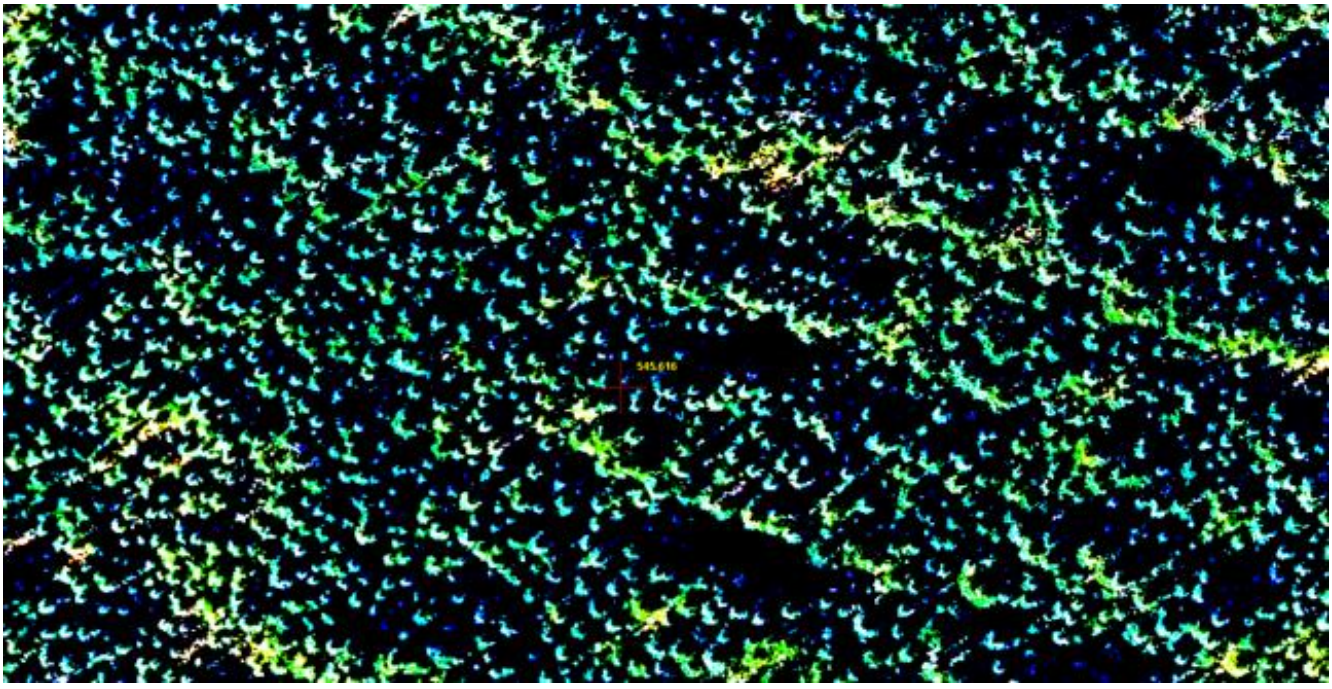


Figure 118. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement dans un peuplement traité en EPC de la pessière à mousse de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : -22; contraste : 70; saturation : 33; netteté : 11; cocher « Histogram Equalization »). Échelle approximative : 1/1000.

Figure 119. Exemple d'une photographie aérienne sans rehaussement d'un peuplement mixte au stade gaulis dans une sapinière à bouleau blanc de l'Ouest. Échelle approximative : 1/1000.

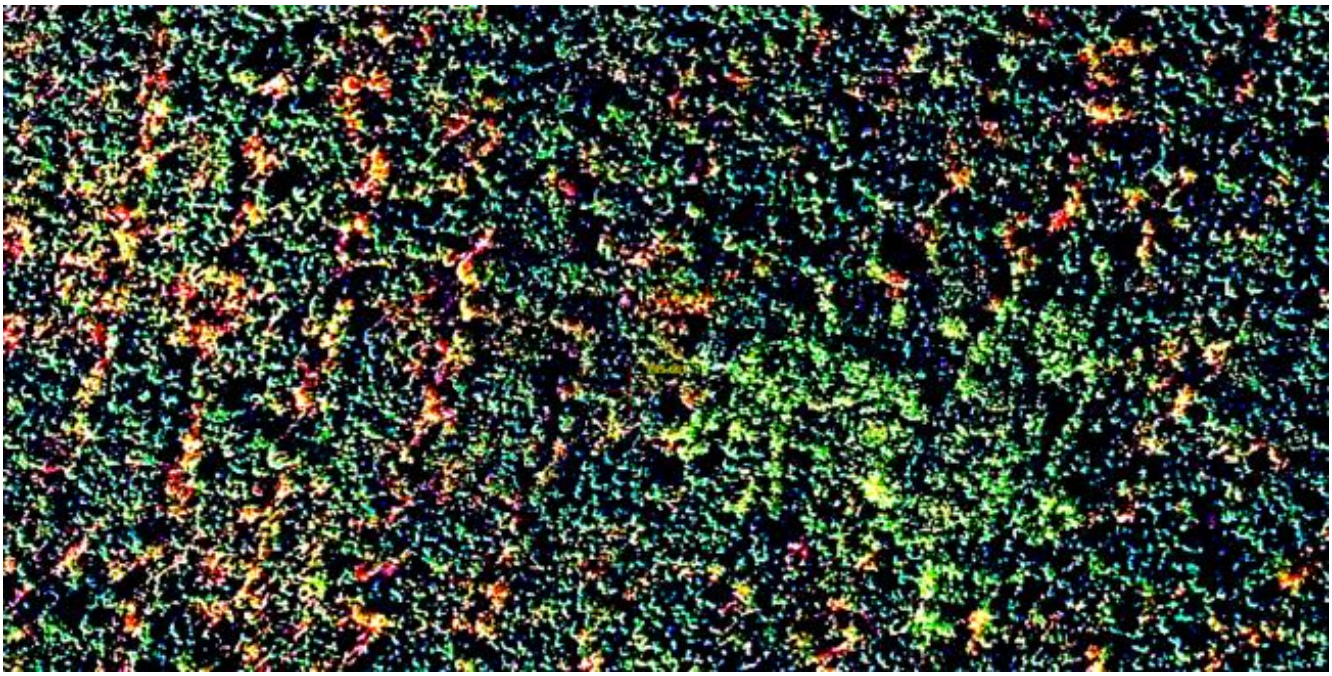


Figure 120. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement d'un peuplement mixte au stade gaulis dans une sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : -33; contraste : 55; saturation : 33; netteté : 11; gamma : 0.650; cocher « Histogram Equalization »). Échelle approximative : 1/1000.

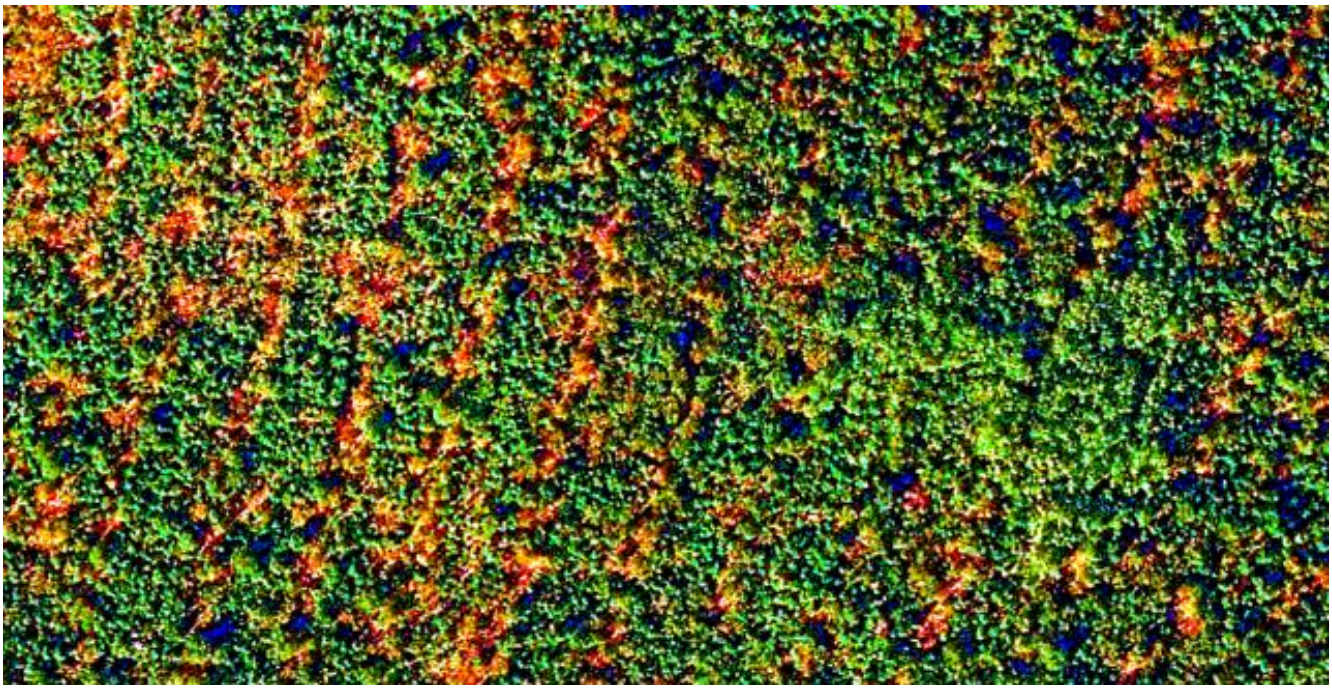
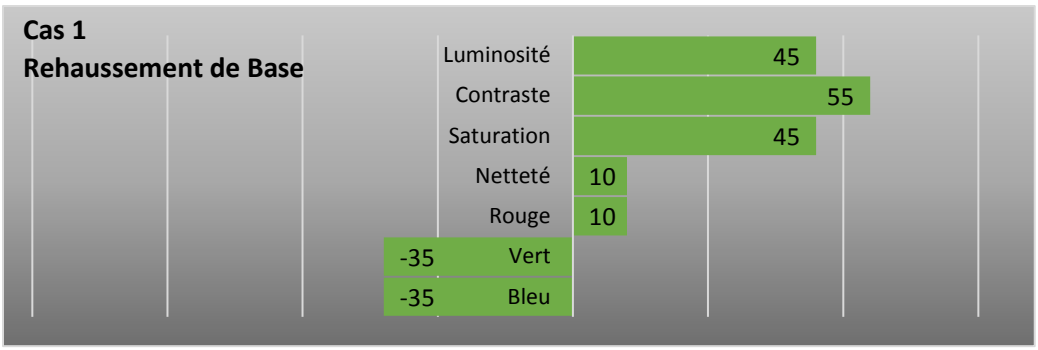


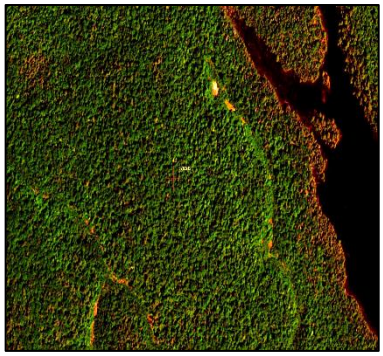
Figure 121. Exemple d'une photographie aérienne avec rehaussement d'un peuplement mixte au stade gaulis dans une sapinière à bouleau blanc de l'Ouest (paramètres de rehaussement : luminosité : -5; contraste : 60; saturation : 44; netteté : 11; cocher « Threshold min and max » et ajuster manuellement le graphique pour chacune des couleurs pour que celui-ci étende les couleurs sur les 256 valeurs possibles). Échelle approximative : 1/1000.

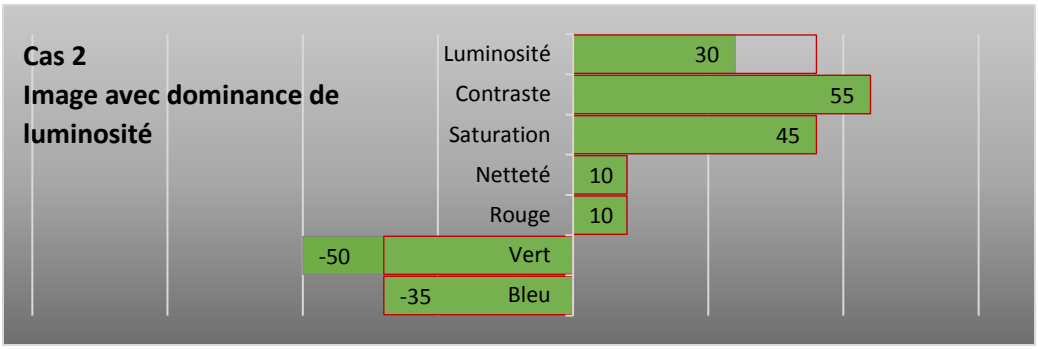
ANNEXE

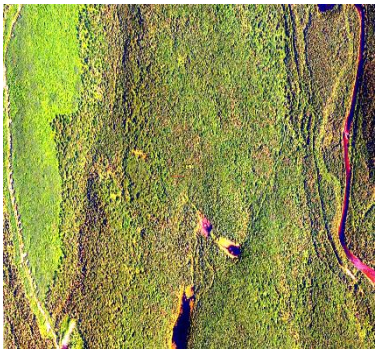
RÉSUMÉ DES REHAUSSEMENTS

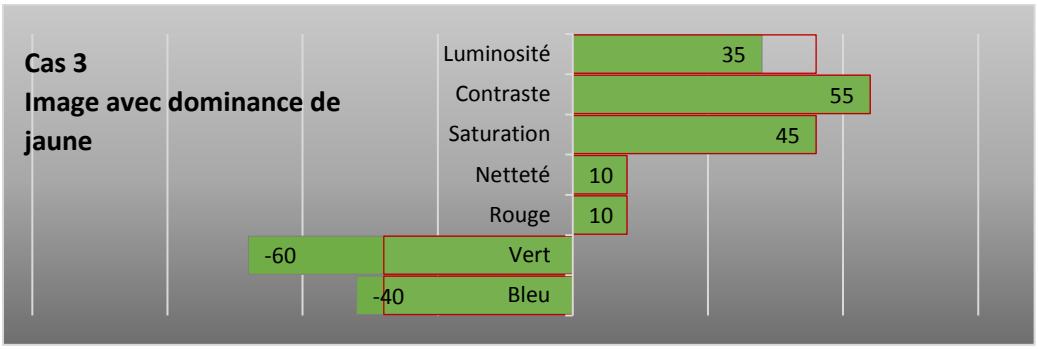
Forêt mature

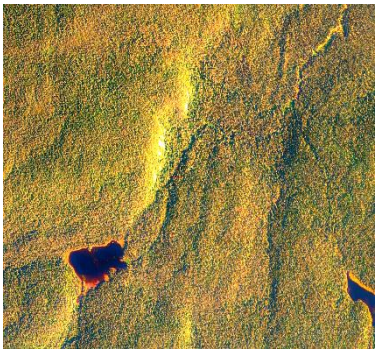


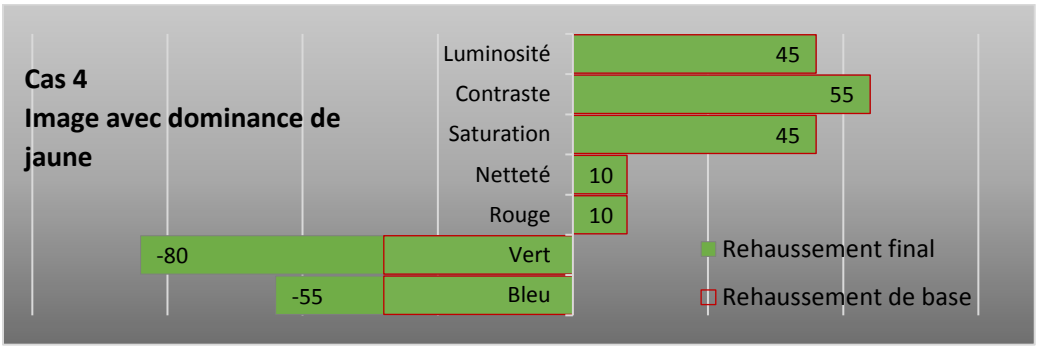


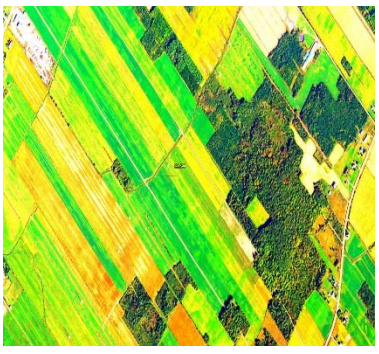


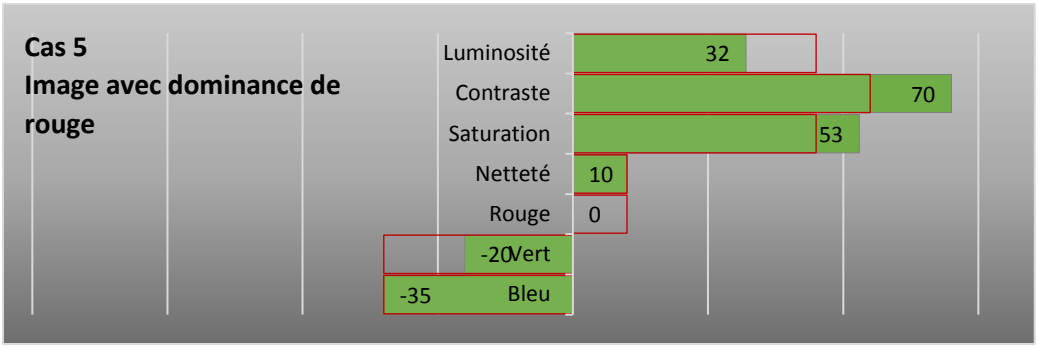


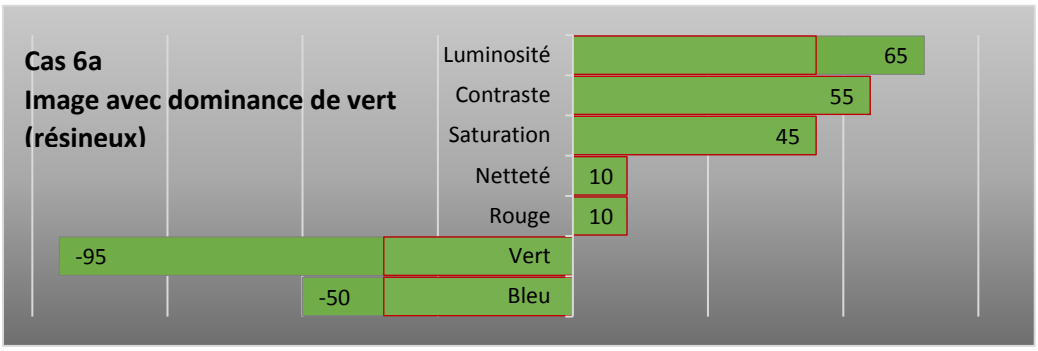


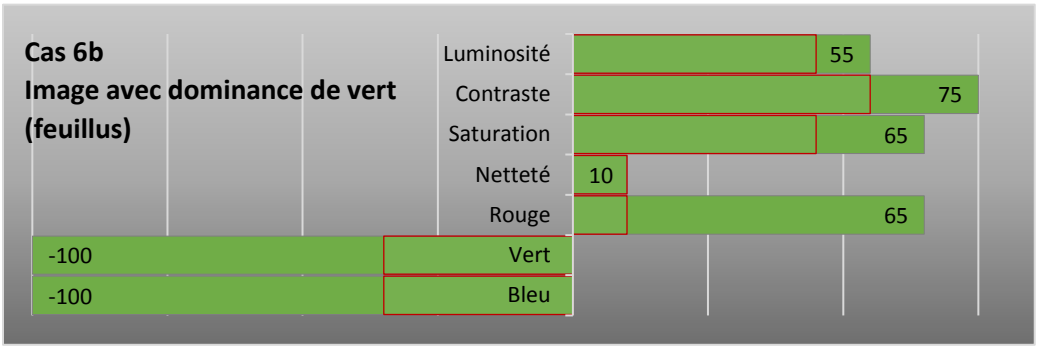


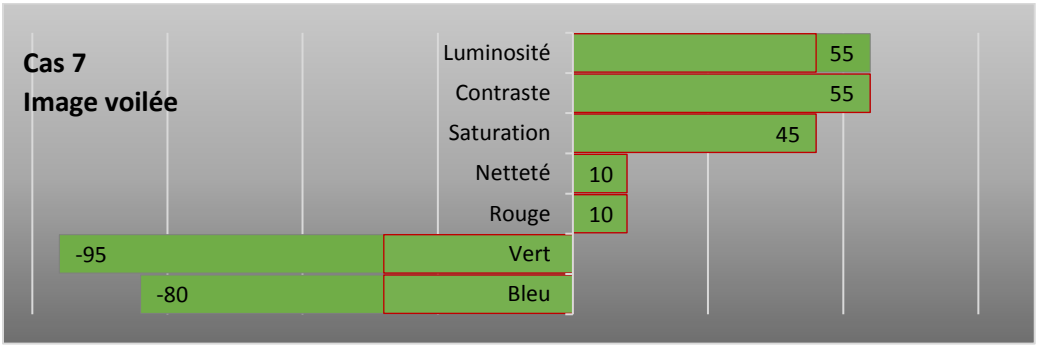


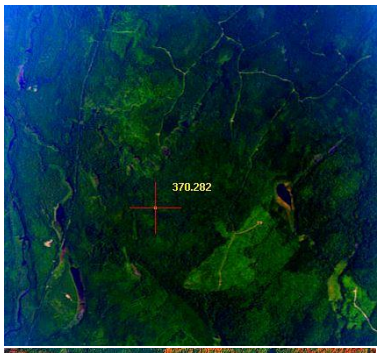


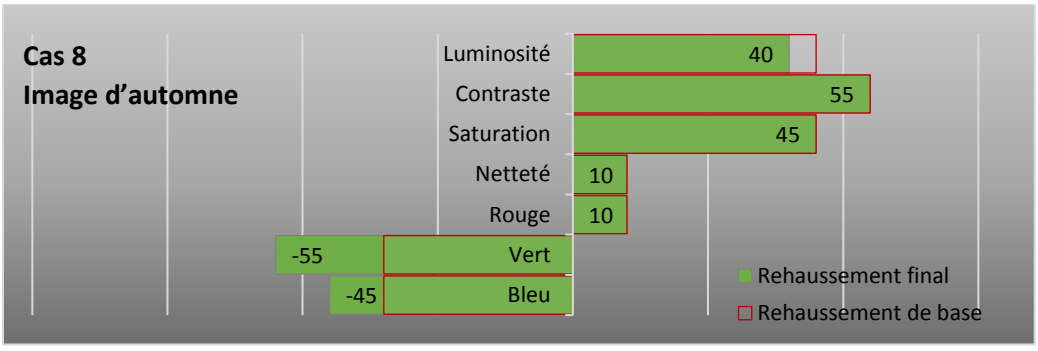

Cas 5
Image avec dominance de rouge
Luminosité 32
Contraste 70
Saturation 53
Netteté 10
Rouge 0
Vert -20
Bleu -35


Cas 6a
Image avec dominance de vert (résineux)
Luminosité 65
Contraste 55
Saturation 45
Netteté 10
Rouge 10
Vert -95
Bleu -50


Cas 6b
Image avec dominance de vert (feuillus)
Luminosité 55
Contraste 75
Saturation 65
Netteté 10
Rouge 65
Vert -100
Bleu -100

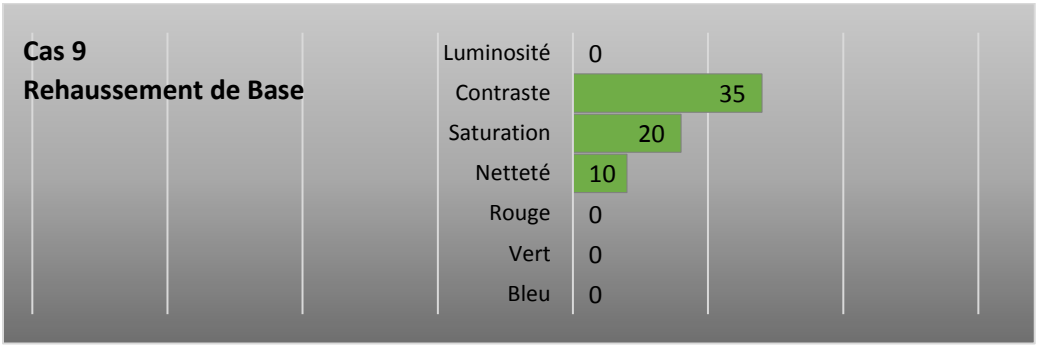

Cas 7
Image voilée
Luminosité 55
Contraste 55
Saturation 45
Netteté 10
Rouge 10
Vert -95
Bleu -80


370.282

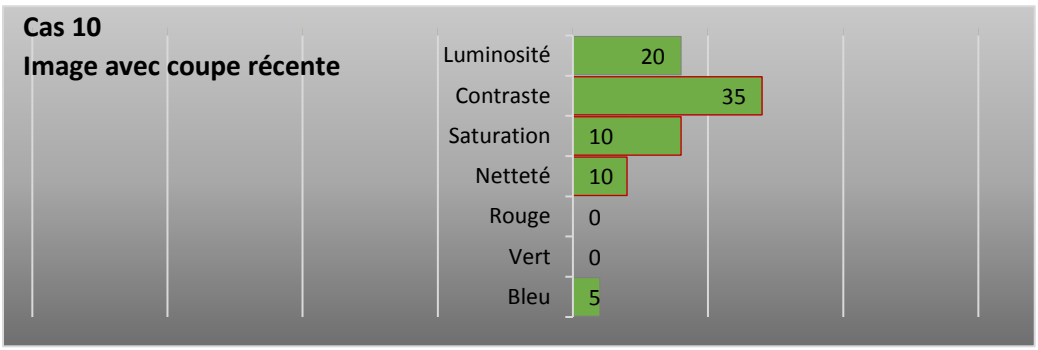

Cas 8
Image d'automne
Luminosité 40
Contraste 55
Saturation 45
Netteté 10
Rouge 10
Vert -55
Bleu -45
Rehaussement final
Rehaussement de base

Forêt juvénile

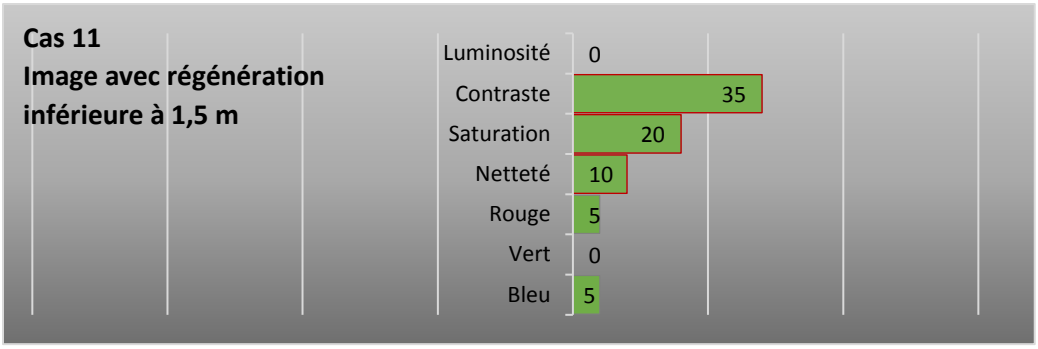
Cas 9
Rehaussement de Base



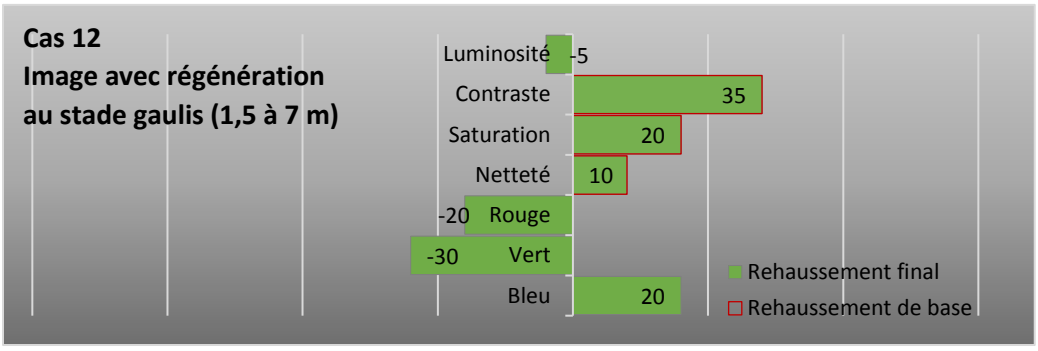
Cas 10
Image avec coupe récente



Cas 11
Image avec régénération inférieure à 1,5 m



Cas 12
Image avec régénération au stade gaulis (1,5 à 7 m)



Bibliographie

Brown, Margaret, 2013. Sharpness, Acutance and Resolution, Photo Review, 56 : 38-39.

Esri, 2017. Fonction Étirer. ArcGIS Desktop. Aide.

Gagnon, D., J. Lessard et G. Tremblay-Boulet, 2016. Photointerprétation des peuplements de moinrs de sept mètres. Ministère des Ressources naturelles du Québec. Unité de gestion de Mistassini. 56 p.

Jensen, J. R., 2016. Introductory Digital Image Processing. A remote sensing perspective. Pearson Editor. 623 p.

Office québécois de la langue française, 1997. Le grand dictionnaire terminologique. http://www.granddictionnaire.com.

Leboeuf, A. et E. Vaillancourt, 2013. Guide de photo-interprétation des essences forestières du Québec méridional. Ministère des Ressources naturelles du Québec. 60 p.

Ressources naturelles Canada, 2017. Rehaussement des images. http://www.rncan.gc.ca/sciences-terre/geomatique/imagerie-satellitaire-photos-aeriennes/imagerie-satellitaire-produits/ressources-educatives/9390.

Sabins, Floyd F., 1978. Remote sensing. Principles and interpretation. 426 p.

400297

Forêts, Faune
et Parcs
Québec