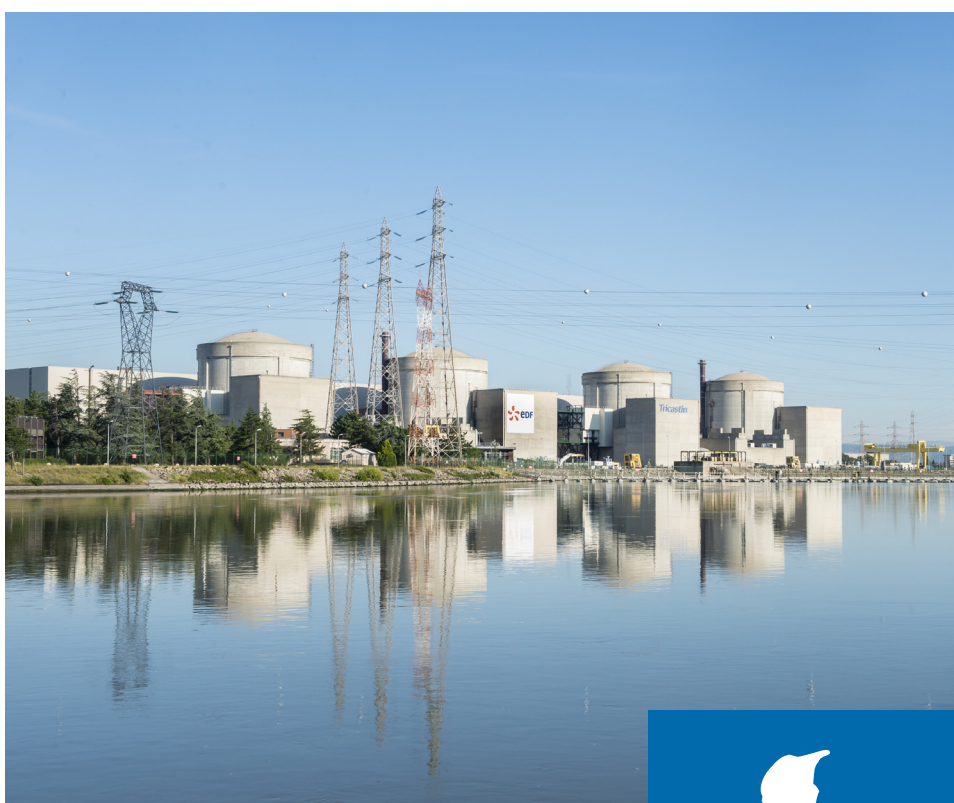


Tricastin

2026

Öffentliches Anhörungsverfahren
über den Bericht der 4. perio-
dischen Sicherheitsüberprüfung



Reaktor n°3

Dokument 3 bis -
bezüglich der Auswirkun-
gen auf die Umwelt, die
mit dem Betrieb des
Reaktors während der
nächsten zehn Jahre ver-
bunden sind.

Kernkraftwerk von
Tricastin



	Seiten
Einleitung	S.3
1. Der Betreiber des Kraftwerks von Tricastin und der Hintergrund der periodischen Sicherheitsüberprüfung	S.4
1.1. Betreiber des Kraftwerks von Tricastin	S.4
1.2. Hintergrund der periodischen Sicherheitsüberprüfung	S.5
2. Fortsetzung des Betriebs der Reaktoren von Tricastin	S.9
2.1. Das Kernkraftwerk von Tricastin	S.9
2.2. Betrieb des Kraftwerks	S.10
2.3. Die Fortsetzung des Betriebs	S.12
3. Öffentliches Anhörungsverfahren bezüglich der periodischen Sicherheitsüberprüfung	S.16
3.1. Regelungsverfahren in Frankreich	S.16
3.2. Internationale Konsultierung	S.17
3.3. Terminplan des Regelungsverfahrens	S.18
4. Nukleare Sicherheit des Kernkraftwerks	S.19
4.1. Strahlenschutz	S.19
4.2. Nukleare Sicherheit während des Betriebs	S.20
4.3. Begrenzung der Alterung und Obsoleszenz	S.27
4.4. Nukleare Sicherheit, Reaktor während der endgültigen Stilllegung	S.28
5. Bewertung der Auswirkungen des Betriebs auf die Umwelt	S.29
5.1. Vorgehensweise	S.29
5.2. Methode zur Bewertung der Auswirkungen	S.30
5.3. Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Bewertung der Auswirkungen	S.33
5.4. Für die Bewertung verwendete Daten	S.33
5.5. Aktueller Zustand Umwelt	S.34
5.6. Wechselbeziehungen des Kraftwerks von Tricastin mit der Umwelt	S.46
5.7. Prognose für die kommenden 10 Jahre hinsichtlich der Auswirkungen auf die Umwelt	S.58
6. Bewertung der grenzüberschreitenden Auswirkungen	S.75
6.1. Anforderungen hinsichtlich der radiologischen Folgen	S.76
6.2. Radiologische Folgen	S.78
6.3. Messung von Begrenzung der radiologischen Risiken	S.84
7. Überwachung der Umwelt	S.94
7.1. Überwachungsmaßnahmen für den Normalbetrieb	S.94
7.2. Überwachungsmaßnahmen hinsichtlich der radiologischen Risiken	S.97
8. Schlussfolgerungen	S.98
Glossar	S.100



In Frankreich wird der Bau eines Kernreaktors durch eine Verordnung des für die nukleare Sicherheit zuständigen Ministers genehmigt. Diese Genehmigung enthält keine Betriebsdauerbegrenzung. Dennoch muss der Betreiber alle 10 Jahre eine periodische Sicherheitsüberprüfung durchführen, um die Situation der Anlage im Hinblick auf die für sie geltenden Vorschriften zu bewerten und die Prüfung der Risiken und Nachteile zu aktualisieren, die die Anlage für die öffentliche Sicherheit, Gesundheit und Hygiene oder den Natur- und Umweltschutz, d. h. die sogenannten „geschützten Interessen“ birgt.

In den vier von Électricité de France (EDF, www.edf.fr) betriebenen 900 MWe-Druckwasserreaktoren des Kernkraftwerks von Tricastin findet nun die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung statt.

Nach Abschluss jeder einzelnen Sicherheitsüberprüfung erstellt EDF einen Abschlussbericht über die Sicherheitsüberprüfung (RCR – Rapport de réexamen), der die Schlussfolgerungen der Sicherheitsüberprüfung und die für den verbesserten Schutz der geschützten Interessen in Betracht gezogenen Maßnahmen darlegt. Die Berichte für die Reaktoren Nr. 1 – 4 des Kraftwerks von Tricastin wurden der Regierung und der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz, www.asnr.fr) jeweils am 14. Februar 2020, 10. November 2021, 3. März 2023 und 17. Juni 2025 vorgelegt.

Nach dem 35. Betriebsjahr findet ein öffentliches Anhörungsverfahren bezüglich des Abschlussberichts über die Sicherheitsüberprüfung statt.

Das vorliegende Dokument ist Teil der Unterlagen des öffentlichen Anhörungsverfahrens, das im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung der Reaktoren von Tricastin durchgeführt wird. Es betrifft alle vier Reaktoren des Standorts von Tricastin.

Es bezieht sich auf die mit dem Betrieb dieser Reaktoren während der zehn Jahre nach der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung verbundenen Auswirkungen auf die Umwelt, einschließlich der radiologischen oder sonstigen Folgen eventueller Störfälle oder Unfälle. Es beschreibt in diesem Zusammenhang auch die eventuellen grenzüberschreitenden Folgen, da es ggf. im Rahmen einer Konsultierung einem Nachbarland, einem Mitgliedsstaat der Europäischen Union oder einem Land vorgelegt wird, das Vertragspartei des am 25. Februar 1991 in Espoo unterzeichneten Übereinkommens über die Bewertung der Umweltfolgen in einem grenzüberschreitenden Rahmen ist.

Die ASNR berücksichtigt die Ergebnisse des öffentlichen Anhörungsverfahrens, einschließlich derjenigen, die in diesem Dokument, seiner Analyse des Abschlussberichts über die Sicherheitsüberprüfung und den eventuellen Maßnahmen hinsichtlich der Reaktoren des Standorts von Tricastin beschriebenen Umweltauswirkungen betreffen.



1.1. Betreiber des Kraftwerks von Tricastin

Als Betreiber des Kraftwerks von Tricastin ist EDF verantwortlich für die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung ihrer Reaktoren.

EDF ist eine Aktiengesellschaft, deren Anteile zu 100 % dem französischen Staat gehören. Sie beschäftigt weltweit fast 180.000 Mitarbeiter, darunter mehr als 100.000 allein in Frankreich. Als wichtige Akteurin der Energiewende ist EDF ein umfassender Energieversorger, der in allen Bereichen tätig ist: Energieerzeugung und -transport, Energiehandel, Energieservices und Energieverkauf. EDF hat einen vielseitigen Energieerzeugungsmix entwickelt, der hauptsächlich auf Kernkraft und erneuerbaren Energien, insbesondere der Wasserkraft beruht.

Mit einer installierten Gesamtkapazität von 117 GW für das Jahr 2024 ist EDF Europas wichtigster Energieversorger. Mehr als 94 % der von EDF erzeugten Energie ist emissionsfrei. Daher gehört ihre Kohlenstoffintensität bei 33 gCO₂/kWh zu den niedrigsten weltweit, weit unter dem europäischen Durchschnitt von 230 gCO₂/kWh. 2024 lag die Energieerzeugung der EDF-Unternehmensgruppe bei ca. 520 TWh, von denen 78 % von den Kernkraftwerken beigesteuert werden.

Mit einer installierten Kapazität von 63 GWe ist EDF weltweit der wichtigste Kernkraftwerksbetreiber. EDF betreibt 57 Kernreaktoren, die auf 18 Standorte in Frankreich verteilt sind.

2024 hat das Kernkraftwerk von Tricastin fast 21,6 Milliarden kWh CO₂-freie Energie erzeugt. Das entspricht dem Stromverbrauch von fast 4,5 Millionen französischen Haushalten und 6 % der französischen Energieerzeugung aus Kernkraft. Das Kernkraftwerk von Tricastin unterstützt die Klimaziele von Frankreich und der Europäischen Union sowie die Stromversorgungssicherheit.

Das Kernkraftwerk von Tricastin ist ein wichtiger Wirtschaftsakteur der Region Auvergne-Rhône-Alpes. Es ist einer der wichtigste Industriearbeitgeber der Region und beschäftigt am Standort mehr als 2.000 fest eingestellte Mitarbeiter. Es bringt sich stark in die Ausbildung junger Menschen ein und hat 2024 mehr als 90 Auszubildende und 190 Praktikanten beschäftigt. Es ist Teil des Lebens in der Region und unterstützt zahlreiche Initiativen und Vereine zugunsten der Umwelt und biologischen Vielfalt, der Solidarität, des Sports, der Kultur und junger Menschen.

1.2. Hintergrund der periodischen Sicherheitsüberprüfung

1.2.1. Verfahren der periodischen Sicherheitsüberprüfung

Das Kernkraftwerk von Tricastin besteht aus vier Druckwasserreaktoren (REP – Réacteur à eau pressurisée) mit einer elektrischen Leistung von jeweils 900 MWe, die im sogenannten „offenen Kreislauf“ gekühlt werden. Diese Reaktoren wurden zwischen 1980 und 1981 in Betrieb genommen. Sie tragen seit über 40 Jahren zuverlässig zur Erzeugung CO₂-freier Energie bei. EDF führt die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung dieser vier einzelnen Reaktoren durch, die am Standort von Tricastin in Betrieb sind.

Ende 2013 hat EDF die Unterlagen über die Ausrichtung der Sicherheitsüberprüfung (DOR – Dossier d’orientation du réexamen) vorgelegt, in denen die angesprochenen Themen und die dazugehörigen Verbesserungsziele dargelegt wurden, um die im Rahmen dieser Sicherheitsüberprüfungen zu implementierenden Verbesserungen zu ermitteln. Diese Unterlagen über die Ausrichtung der Sicherheitsüberprüfung wurden von der ASNR geprüft, die vor ihrer Stellungnahme zuerst ihre technischen Sachverständigen und ständige Sachverständigengremien (GPE – Groupe permanent d’experts)¹ und anschließend die Öffentlichkeit hinzugezogen hat. Die Prüfung des Teils „Ausrichtung“ der Sicherheitsüberprüfung endete im April 2016 mit einer Stellungnahme der ASNR und Anforderungen an EDF² als Betreiber.

Für die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung der 900 MWe-Kraftwerke hat sich EDF hinsichtlich der allgemeinen Ausrichtung für die Angleichung an die nuklearen Sicherheitsziele der Reaktoren der neuesten Generation wie dem Bezugsreaktor von EDF „EPR Flamanville 3“ entschieden.

Bei der periodischen Sicherheitsüberprüfung werden die Verbesserungen hinsichtlich der Umweltauswirkungen der Anlagen auf zwei Ebenen geprüft:

- Eine **Risiken-Ebene** bezüglich der Vorbeugung von Störfall- oder Unfallereignissen und der Begrenzung ihrer potentiellen radiologischen (radioaktive Emissionen) oder nicht radiologischen (Schäden aufgrund von Wärmeentwicklung, Giftstoffen oder Überdruck) Folgen. Hier werden zwei Risikogruppen unterschieden:
 1. Die **radiologischen Risiken** aufgrund von vorhandenen radioaktiven Stoffen,
 2. Die **konventionellen Risiken**³, die z. B. mit der Lagerung und Verwendung von brennbaren Produkten, Chemikalien oder schwach radioaktiven Stoffen im Innern der konventionellen Anlagen verbunden sind.
- Eine **Nachteil-Ebene** bezüglich des Umgangs mit den Auswirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt, die die Anlage während ihres normalen Betriebs aufgrund der Wasserentnahme und des Schadstoffausstoßes

¹ Zur Vorbereitung der wichtigsten Entscheidungen hinsichtlich der Herausforderungen der nuklearen Sicherheit oder des Strahlenschutzes stützt sich die ASNR auf die Ansichten und Empfehlungen von ständigen Sachverständigengremien.

² ASNR – Orientations génériques du RP4 900 – CODEP – DCN-2016-007286 vom 20. April 2016.

³ Siehe Glossar

verursacht, sowie mit den Beeinträchtigungen, die sie verursachen kann (Freisetzung pathogener Mikroorganismen, Lärm und Vibrationen, Gerüche oder Staubaufkommen). Der Umgang mit Abfällen gehört zur Nachteil-Ebene.

Jede Ebene ist in zwei Teile unterteilt:

- **Prüfung der Konformität** der Anlage im Hinblick auf die für sie geltenden Regeln.
- **Neubewertung der Prüfung der mit der Anlage verbundenen Risiken oder Nachteile** mit dem Ziel, den Schutz der im Art. L. 593-1 des Umweltgesetzbuch genannten Interessen – die öffentliche Sicherheit, Gesundheit und Hygiene oder den Natur- und Umweltschutz – soweit wie möglich zu verbessern.

Die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung umfasst eine dritte Ebene, die sich auf die „Fortsetzung des Betriebs über den Zeitraum von 40 Jahren hinweg“ bezieht und den **Umgang mit der Alterung** der Anlagen und die **Aufrechterhaltung der Qualifikation** der Anlagen für Unfallbedingungen behandelt.

Die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung der Reaktoren von Tricastin bestand aus zwei Phasen:

- Eine erste „allgemeine“ Phase in der die Themen betrachtet werden, die alle Reaktoren der gleichen Machart des französischen Kernkraftparks betreffen, so wie es die französischen Vorschriften zulassen. Die Reaktoren von Tricastin gehören zu den 900 MWe-Reaktoren dieses Anlagenparks. Diese allgemeine Phase endete am 23. Februar 2021 mit der Veröffentlichung des Beschlusses Nr. 2021-DC-0706 der ASN⁴ bezüglich der allgemeinen Phase der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung der 900 MWe-Reaktoren, einschließlich allgemeiner Vorgaben, die Gegenstand eines vorhergehenden öffentlichen Anhörungsverfahrens waren.
- Eine zweite Phase, bei der jeder Reaktor von Tricastin einzeln betrachtet wird.

Im Anschluss an die Sicherheitsüberprüfung⁵ legt EDF den Abschlussbericht über die Sicherheitsprüfung der 4 einzelnen Reaktoren von Tricastin dem für die nukleare Sicherheit zuständigen Minister und der ASN vor. Dieser Bericht erläutert die Schlussfolgerungen der Sicherheitsüberprüfung hinsichtlich ihrer Ziele, eine Zusammenfassung der angewandten Methoden und die wichtigsten Ergebnisse. Er zählt die von EDF in Betracht gezogenen Maßnahmen zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit und für den Schutz der Gesundheit und Umwelt auf.

Die Erstellung dieses Berichts, dessen Vorlagefrist von den Vorschriften geregelt wird, erfolgt üblicherweise nach der zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfung des jeweiligen Reaktors, bei der Prüf- und Wartungsmaßnahmen sowie Anpassungen an die Ziele der Sicherheitsüberprüfung vorgenommen werden. Sämtliche mit der Sicherheitsüberprüfung verbundenen Maßnahmen werden im Rahmen eines Industrieprogramms anlässlich der zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfung und der nachfolgenden Revisionen während des Reaktorbetriebs implementiert (siehe Art. 3.3).

Bei dieser 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung der Reaktoren von Tricastin findet ein öffentliches Anhörungsverfahren über den Abschlussbericht der Sicherheitsprüfung statt.

Die ASN berücksichtigt die Schlussfolgerungen des öffentlichen Anhörungsverfahrens und die Ergebnisse der Konsultierung der Nachbarstaaten in ihrer Analyse des Berichts und ggf. in den neuen Vorgaben, die die Fortsetzung des Betriebs der Reaktoren von Tricastin regeln.

⁴ Dieser Beschluss wurde am 19. Dezember 2023 durch den Beschluss 2023-DC-0774 geändert.

⁵ Der Artikel R. 593-62 des französischen Umweltgesetzbuchs bestimmt, dass „die Verpflichtung der periodischen Sicherheitsüberprüfung als erfüllt gilt, sobald der Betreiber dem für die nukleare Sicherheit zuständigen Minister und der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASN – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz) seinen Bericht über diese Sicherheitsüberprüfung vorlegt“.

Nach Abschluss der Sicherheitsüberprüfung trägt die Fortsetzung des Betriebs der Reaktoren von Tricastin in den kommenden zehn Jahren zur Stromversorgungssicherheit des Landes gemäß den Klimazielen von Frankreich und der Europäischen Union bei.

1.2.2. Zusammenhang mit dem Verfahren zur endgültigen Stilllegung eines Reaktors

Wenn die im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfungen neu bewerteten Bedingungen zur Fortsetzung des Betriebs eines Reaktors nicht erfüllt sind, würde EDF seine endgültige Stilllegung in Betracht ziehen und seinen Rückbau vornehmen müssen. In diesem Fall legt der Betreiber dem für die nukleare Sicherheit zuständiger Minister und der ASN mindestens 2 Jahre vor dem geplanten Datum seine Absichtserklärung zur endgültigen Stilllegung seiner Anlage vor. Er übergibt der Regierung seine Rückbauunterlagen, die insbesondere die geplanten Rückbaumaßnahmen und die Maßnahmen zur Minimierung der Auswirkungen auf die Bevölkerung und die Umwelt erläutern. Der Rückbau der Anlage wird anschließend nach einer Stellungnahme der ASN durch die sogenannte Rückbauverordnung angeordnet. Der Rückbau erfolgt gemäß den folgenden Phasen:

Vorbereitungsphase: Maßnahmen zur Vorbereitung des Rückbaus

Diese Phase beginnt sofort nach der Stilllegung und dient folgenden Zwecken:

- Verringerung der Risiken am Standort: Abtransport der verbrauchten und neuen Brennelemente, Abfälle und Ausflüsse, Ablassen der Leitungen, Dekontaminierung bestimmter Leitungssysteme. Während dieser Phase wird der Großteil der radioaktiven Stoffe beseitigt;
- Vorbereitung der Anlage für die Rückbaumaßnahmen: Planung der Zufahrten und Verkehrsbereiche, Anpassung der Unterstützungsfunktionen, insbesondere Lüftung und Handling, Abtransport bestimmter Gerätschaften;
- Genauere Untersuchung des Anlagenzustands: Inventur der Betriebs- und Gefahrstoffe, Prüfung auf Asbest, Probenentnahmen für Strahlenanalysen.

1. Phase: der elektromechanische Rückbau

Diese Phase wird durch das Inkrafttreten der Rückbauverordnung bedingt und umfasst die Demontage und Zerkleinerung aller vorhandenen Gerätschaften und deren Verarbeitung zu Abfällen. Vor Ort verbleiben nur die Gerätschaften, die für die Durchführung der Sanierung während der 2. Phase erforderlich sind. In jedem Gebäude werden die elektromechanischen Rückbaumaßnahmen in große Teilbereiche unterteilt. Betroffen sind:

- Das Reaktorgebäude (BR – Bâtiment réacteur) – Zerlegung und Abtransport der sperrigen Komponenten sowie Rückbau der Primärkreisleitungen, der Beckeninneneinrichtungen, des Beckens und der weiteren Leitungssysteme und Unterstützungsfunktionen;
- Das Brennelementlager (BK – Bâtiment combustible) – Rückbau der Reaktorbeckenkammern, der verschiedenen Gerätschaften und der Unterstützungsfunktionen;
- Das Hilfsnuklearanlagegebäude (BAN – Bâtiment des auxiliaires nucléaires) – Zerlegung und Abtransport der sperrigen Komponenten und Rückbau der Gerätschaften in zwei Schritten, beginnend mit den Funktionen, die für den Rückbau nicht erforderlich sind, bis zu den letzten vorhandenen Gerätschaften.

2. Phase: die Sanierung der Anlagen

Hier sind nur die nuklearen Räumlichkeiten betroffen. Die eventuell an den Wänden der Räumlichkeiten vorhandene Radioaktivität (Aktivierung, Ablagerung oder Migration der Kontaminierung) wird beseitigt. Die Arbeiten zur Sanierung von Räumlichkeiten können sofort nach Abschluss der elektromechanischen Rückbauphase dieser Räumlichkeiten und nach Vereinbarung der Sanierungsmethode mit der ASNR beginnen.

Nach den Sanierungsmaßnahmen und den Überprüfungsmessungen werden der ASNR die Dokumente der Außerbetriebsetzungserklärung der betreffenden Bereiche vorgelegt. Sobald ein Räumlichkeitsbereich fertig saniert wurde, gelten die verbleibenden Gerätschaften als konventionelle Abfälle.

3. Phase: der Abriss der Gebäude

Bei abzureißenden konventionellen Gebäuden kann der Abriss beginnen, sobald sie für den Rückbau nicht mehr benötigt werden. Dieser klassische Abriss erfordert nicht zwingend eine spezielle Phase für die Entsorgung der Gerätschaften in den Gebäuden.

Bei Nukleargebäuden erfolgt der Abriss nach Übersendung der gebäudespezifischen Dokumente der Außerbetriebsetzungserklärung an die ASNR. Bereiche, die im Innern der Nukleargebäude eventuell nicht saniert wurden, können Gegenstand eines vorherigen Abrisses der Gebäude sein.

4. Phase: Die Sanierung des Anlagenstandorts

Sie sorgt dafür, dass der Zustand der Böden für die zukünftige Nutzung geeignet ist. Bereiche, die ggf. chemisch bzw. strahlentechnisch belastet sind, sind Gegenstand angepasster Begrenzungsmaßnahmen. Nach Abschluss der Sanierungsphase des Anlagenstandorts wird der ASNR ein Außerbetriebsetzungsantrag zur Entscheidung vorgelegt.



2.1. Das Kernkraftwerk von Tricastin

Das Kernkraftwerk von EDF befindet sich in der Gemeinde von Saint-Paul-Trois-Châteaux. Sein Einfluss erstreckt sich auf die Départements Drôme (26) und Vaucluse (84). In seinem Einflussbereich treffen 4 Départements – Ardèche, Drôme, Gard und Vaucluse – und drei Regionen – Auvergne-Rhône-Alpes, Provence-Alpes-Côte-d’azur und Occitanie – aufeinander. Es erstreckt sich entlang des Kanals von Donzère-Mondragon, auf halber Strecke zwischen Montélimar und Orange.

Die wichtigsten Städte in der Nachbarschaft des Kraftwerks sind Pierrelatte (10 km), Bagnols-sur-Cèze (20 km), Orange (22 km), Montélimar (25 km) und Avignon (43 km).

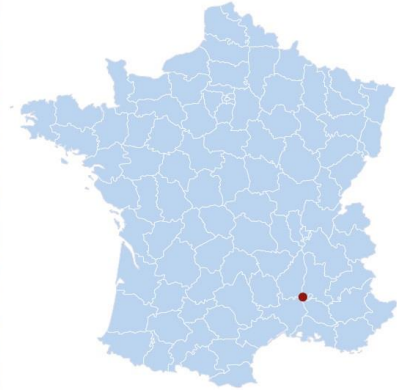
In der Nähe befinden sich mehrere beachtenswerte Naturgebiete, unter anderem einige NATURA 2000-Gebiete.

Das Kernkraftwerk von Tricastin besteht aus vier Druckwasserreaktoren (REP – Réacteur à eau pressurisée), die zwischen 1980 und 1981 in Betrieb genommen wurden und von der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung betroffen sind.

KERNKRAFTWERK VON TRICASTIN (DRÔME)



Wichtigste Städte und Kommunikationswege



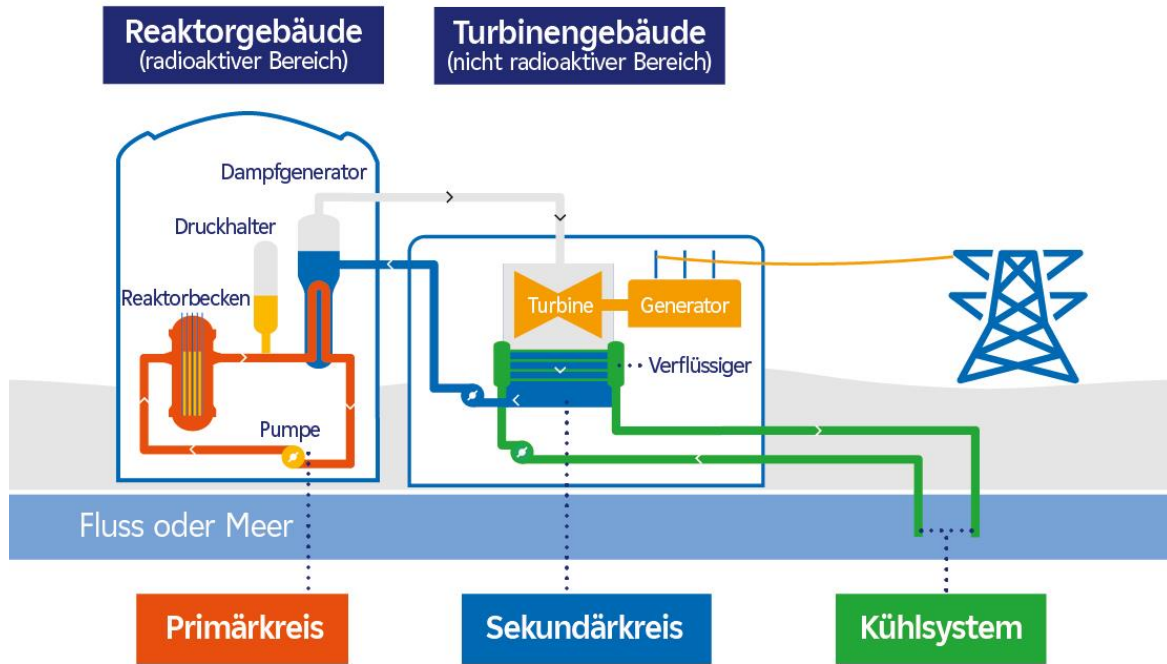
- Regional prefecture (administrative centre of the region)
- Préfecture (Verwaltungszentrum des Departments)
- Souspréfecture (Verwaltungszentrum des Distrikts)
- Städte
- Kantonshauptstadt

2.2. Betrieb des Kraftwerks

In einem konventionellen oder nuklearen Wärmekraftwerk wird die elektrische Energie auf die gleiche Weise erzeugt: ein Brennstoff erzeugt Wärme, die Wasser bis zum Verdampfen erhitzt. Der Dampf treibt eine Turbine und einen Wechselrichter zur Stromerzeugung an. In einem konventionellen Kraftwerk stammt die Wärme aus der Verbrennung eines fossilen Brennstoffs (Kohle, Heizöl...). In einem Kernkraftwerk entsteht die Wärme bei der Spaltung von Uranatomen.

Das Kernkraftwerk von Tricastin besteht aus vier Druckwasserreaktoren mit einer elektrischen Leistung von jeweils 900 MWe, die im sogenannten „offenen Kreislauf“ gekühlt werden. Der Betrieb eines Druckwasserreaktors beruht auf drei getrennten und gegeneinander abgedichteten Leitungssystemen (siehe nachfolgende Abbildung).

DAS KERNKRAFTWERK Betriebsprinzip, ohne Kühltürme



1. Der **Primärkreis**: Die Spaltung der Uranatome im Reaktor erzeugt eine große Wärmemenge, die das um die Brennelementbündel zirkulierende Wasser auf 320 °C erhitzt. Das Wasser wird druckbeaufschlagt, damit es nicht kocht. Es überträgt seine Wärme an das Wasser eines zweiten geschlossenen Kreislaufs.
2. Der **Sekundärkreis**: Der Wärmeaustausch zwischen dem Wasser im Primärkreis und dem Wasser im Sekundärkreis erfolgt mittels Dampferzeuger, in denen das Wasser des Sekundärkreises sich in Dampf verwandelt. Dieser Dampfdruck dreht die Turbine, die ihrerseits einen Wechselrichter antreibt. Der Wechselrichter erzeugt einen Wechselstrom. Ein Transformator hebt die Spannung des erzeugten Stroms an, damit er leichter mittels Hochspannungsleitungen über große Entfernungen befördert werden kann.
3. Der **Kühlkreis**: Am Turbinenauslauf wird der Dampf des Sekundärkreises in einem Kondensator zurück in Wasser verwandelt. Das zur Kühlung im Kondensator verwendete Wasser wird aus dem Meer oder einem Wasserlauf entnommen. Dieses dritte Leitungssystem wird als Kühlkreis bezeichnet. Im Kraftwerk von Tricastin stammt das Wasser dieses 3. Kühlkreises aus dem Kanal von Donzère-Mondragon.

2024 hat das Kernkraftwerk von Tricastin fast 21,6 Milliarden kWh CO₂-freie Energie erzeugt. Das entspricht dem Stromverbrauch von ca. 3,5 Millionen Haushalten und 6 % der französischen Energieerzeugung aus Kernkraft.

2.3. Die Fortsetzung des Betriebs

EDF versteht sich als treibende Kraft für „eine CO₂-freie Energieversorgung der Zukunft, die den Schutz unseres Planeten, Wohlbefinden und Entwicklung in Einklang bringt und auf einer innovativen Stromerzeugung und Servicelösungen beruht“. Sie trägt zu den von der Europäischen Union festgelegten Zielen für das Erreichen der Klimaneutralität bis 2050 bei, die in die französische Strategie für Energie und Klima eingeflossen sind. Diesbezüglich spielen die Kernkraftwerke von EDF eine zentrale Rolle bei der Bereitstellung von CO₂-freier, steuerbarer und konkurrenzfähiger elektrischer Energie.

EDF plant, den Betrieb ihrer Reaktoren fortzusetzen und dazu die für die Beachtung der geltenden Anforderungen an die nukleare Sicherheit nötigen Maßnahmen zu implementieren.

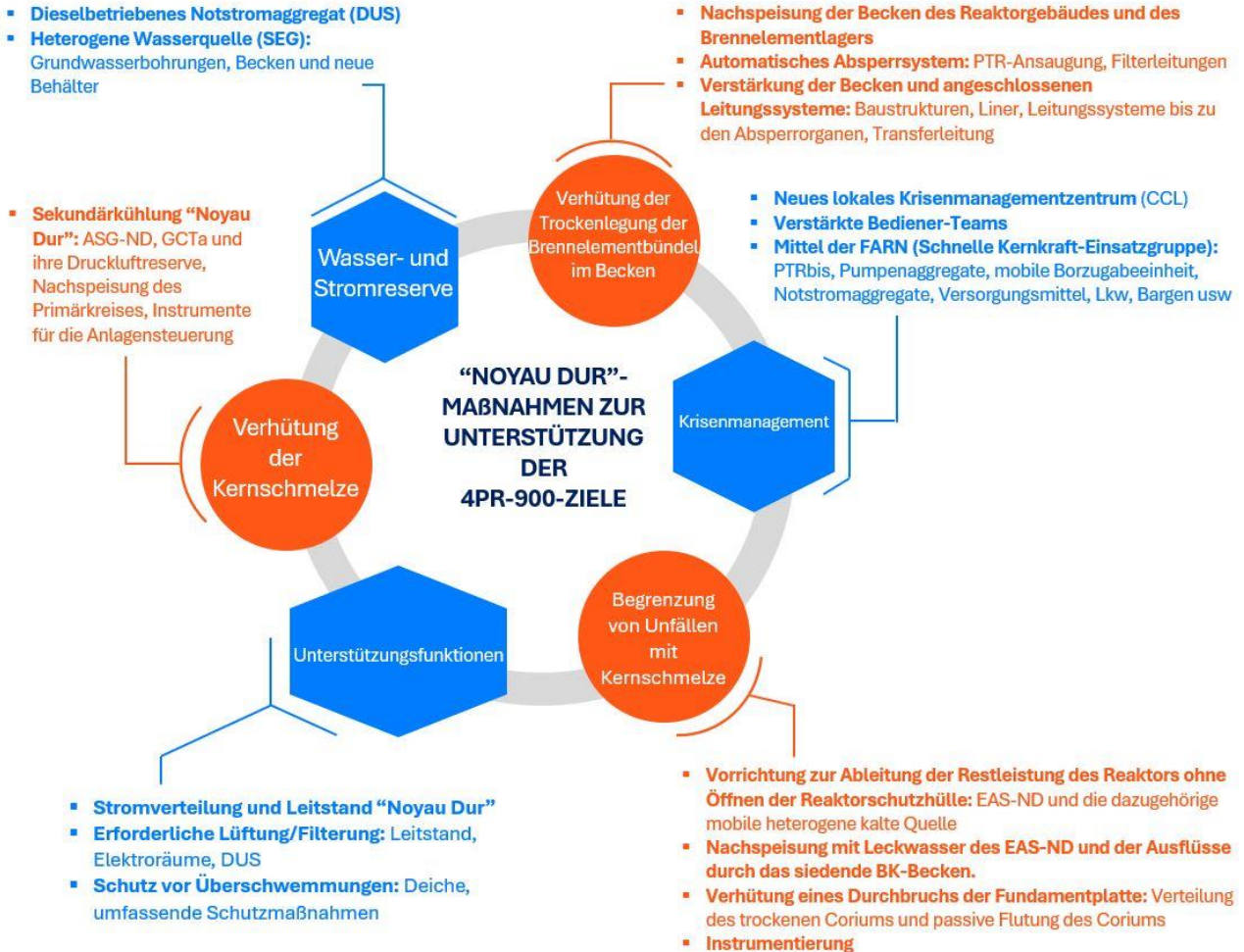
2.3.1. Vorgeschlagene Maßnahmen

Im Hinblick auf die Verbesserungsziele, die für die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung der 900 MWe-Reaktoren festgelegt wurden, ist die Fortsetzung des Betriebs für 10 weitere Jahre mit der Implementierung der von EDF im Abschlussbericht über die Sicherheitsprüfung vorgeschlagenen Maßnahmen verbunden, vervollständigt durch die Vorgaben der ASNR, die die Bedingungen für die Fortsetzung des Betriebs festschreiben.

Die Verbesserungsmaßnahmen bestehen teils aus der Berücksichtigung der für die Einbeziehung der Erfahrungen aus dem Unfall des Kernkraftwerks von Fukushima Daiichi im März 2011 implementierten Mittel bei der Bestätigung der nuklearen Sicherheit der Reaktoren. Dabei werden diese Mittel im Anschluss an die Sicherheitsüberprüfung zu einem Maßnahmenprogramm mit der Bezeichnung „Noyau Dur“ („Harter Kern“) verstärkt.

Der „**Noyau Dur**“ besteht aus fest verankerten und widerstandsfähigen Hardware-Mitteln, vervollständigt durch mobile Mittel zur Vermeidung massiver radioaktiver Schadstoffausstöße und langfristiger Auswirkungen auf die Umwelt in Situationen, die sich aus extremen externen Naturereignissen ergeben können. Dabei geht es vor allem um Erdbeben, externe Überschwemmungen und ähnlicher Ereignisse (Blitzschlag, Hagel, Sturm, Starkregen) oder auch Wirbelstürme.

Wichtigste „Noyau Dur“-Maßnahmen (ND) nach Hauptthemen der nuklearen Sicherheit



Des Weiteren entsprechen die sonstigen Verbesserungsmaßnahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung von Tricastin der allgemeinen Ausrichtung dieser Sicherheitsüberprüfung für die Angleichung an die nuklearen Sicherheitsziele der Reaktoren der neuesten Generation, deren EDF-Bezugsreaktor der Standort „EPR Flamanville 3“ ist. Diese Verbesserungsmaßnahmen werden in vier Themen unterteilt:



2.3.2. Industrieprogramm aus der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung

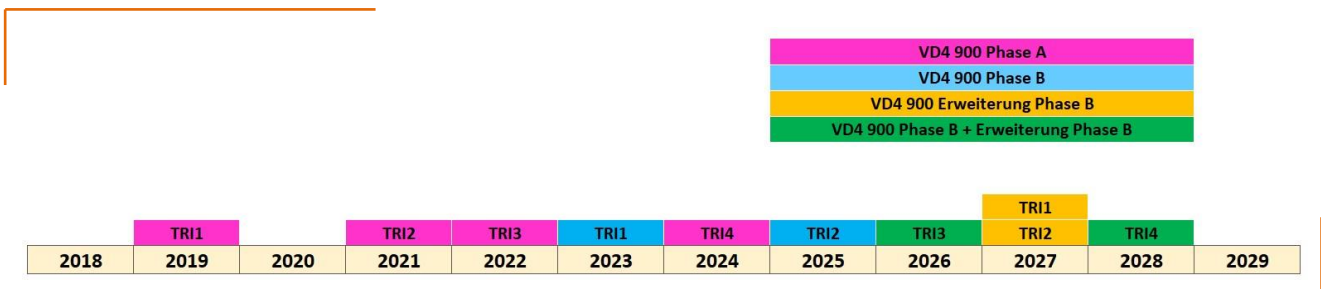
Das Industrieprogramm der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung der 900er Klasse besteht aus drei Phasen, unter Berücksichtigung des Umfangs der Maßnahmen und Auswirkungen für Menschen und Unternehmen, die an den Kernkraftstandorten tätig sind⁶:

- Die **Phase A** entspricht den Maßnahmen, die während des Betriebs des Blocks oder während der Stillsetzung im Rahmen der zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfung stattfinden. Diese Maßnahmen beinhalten auch die Aktualisierung der Betriebsunterlagen;
- Die **Phase B** entspricht den Maßnahmen, die während des Betriebs des Blocks oder während der Reaktorrevisionen spätestens 6 Jahre nach der Vorlage des Abschlussberichts über die Sicherheitsprüfung durchgeführt werden.
- Die **Zusatz-Phase B** umfasst die Umsetzung bestimmter Tätigkeiten aus der Prüfung der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung durch die ASN, die aufgrund ihrer Eigenschaften (z. B. die Erfordernis zur

⁶Zur Erstellung des Terminplans berücksichtigt EDF auch die in Frankreich sehr hohe Auftragslage der Industrie angesichts der zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfungen, die auch für die anderen Klassen durchzuführen sind. Zu diesem Zweck hat EDF sich zur Erstellung eines Projekts entschieden, um die Sicherheitsüberprüfung im Rahmen des sogenannten „Grand Carénage“-Programms durchzuführen.

Qualifizierung neuer Gerätschaften für sehr anspruchsvolle Umweltbedingungen) eine Prüfungsfrist von ca. 5 Jahren erfordern. Sie werden während des Betriebs des Blocks oder während der Reaktorrevisionen spätestens 8 Jahre nach der Vorlage des Abschlussberichts über die Sicherheitsprüfung durchgeführt.

Die folgende Grafik zeigt den Jahresterminplan der aus der 4. Sicherheitsüberprüfung der Reaktoren von Tricastin hervorgehenden Änderungen:





3.1. Regelungsverfahren in Frankreich

Gemäß Art. L. 593-18 des französischen Umweltgesetzbuchs führt EDF alle zehn Jahre eine periodische Sicherheitsüberprüfung durch, mit dem Zweck „der Einschätzung der Situation der Anlagen im Hinblick auf die für sie geltenden Regeln und der Aktualisierung der Einschätzung der Risiken oder Nachteile der Anlage für die in Art. L. 593-1 aufgeführten Interessen, unter Berücksichtigung des Zustands der Anlage, der im Rahmen des Betriebs gesammelten Erfahrung, der Weiterentwicklung der Kenntnisse, unter anderem über den Klimawandel und seine Auswirkungen, sowie der für gleichwertige Anlagen geltenden Regeln. *Diese Bewertung der Risiken berücksichtigt die Folgen des Klimawandels auf externe Beanspruchungen, die im Rahmen derselben zu beachten sind.*“

Der Artikel R. 593-62 des französischen Umweltgesetzbuchs bestimmt, dass „die Verpflichtung der periodischen Sicherheitsüberprüfung als erfüllt gilt, sobald der Betreiber dem für die nukleare Sicherheit zuständigen Minister und der ASN seinen Bericht über diese Sicherheitsüberprüfung vorlegt“.

Dieser Bericht enthält „die Schlussfolgerungen der in Art. L. 593-18 geforderten Prüfung und ggf. die Maßnahmen, die darin vorgeschlagen werden, um die festgestellten Störungen zu beheben oder den Schutz der in Art. L. 593-1 genannten Interessen zu verbessern“ (Art. L. 593-19 des französischen Umweltgesetzbuchs)

Gemäß Art. L. 593-19 gilt, dass „bei Sicherheitsüberprüfungen nach dem fünfunddreißigsten Betriebsjahr eines Kernreaktors, der im ersten Absatz des vorliegenden Artikels genannte Bericht Gegenstand eines öffentlichen Anhörungsverfahrens ist“.

In diesem Zusammenhang erläutern die Artikel R. 593-62-2 bis R. 593-62-9 des französischen Umweltgesetzbuchs das für dieses öffentliche Anhörungsverfahren geltende Verfahren.

3.2. Internationale Konsultierung

Im Rahmen dieses öffentlichen Anhörungsverfahrens hinsichtlich des Abschlussberichts über die Sicherheitsprüfung (RCR), sieht Art. R. 593-62-6 des französischen Umweltgesetzbuchs ein Verfahren zur Konsultierung der Nachbarländer vor. Wenn ein Teil des Staatsgebiets eines Nachbarlandes an den von diesem öffentlichen Anhörungsverfahren betroffenen Umkreis angrenzt oder wenn die Grenzbedingung zwar nicht erfüllt ist, der Präfekt jedoch auf eigene Initiative oder auf Anfrage der Behörden eines anderen Mitgliedsstaats der Europäischen Union oder einer Vertragspartei des am 25. Februar 1991 in Espoo unterzeichneten Übereinkommens über die Bewertung der Umweltfolgen in einem grenzüberschreitenden Rahmen der Ansicht ist, dass der Betrieb des Reaktors maßgebliche Auswirkungen auf die Umwelt in diesem Staat haben könnte, auch wenn im Konsultationsumkreis keine gemeinsame Grenze vorhanden ist:

- Der Präfekt informiert diesen Staat über die Verordnung zur Einleitung des öffentlichen Anhörungsverfahrens und legt ihm insbesondere eine Ausfertigung der Anhörungsunterlagen vor.
- Die Mitteilung über die Verordnung zur Einleitung des öffentlichen Anhörungsverfahrens legt die Fristen fest, innerhalb derer die Behörden dieses Landes ihre Absicht zur Teilnahme an dem öffentlichen Anhörungsverfahren äußern können. Das öffentliche Anhörungsverfahren kann erst nach Ablauf dieser Frist beginnen.
- Der Präfekt übermittelt die Unterlagen an den Außenminister.

Die folgende Karte zeigt die geografische Lage des Kraftwerks von Tricastin und den Abstand zu den Nachbarländern der Französischen Republik, zumindest über die ersten 1.000 Kilometer.

KERNKRAFTWERK VON TRICASTIN (DRÔME)

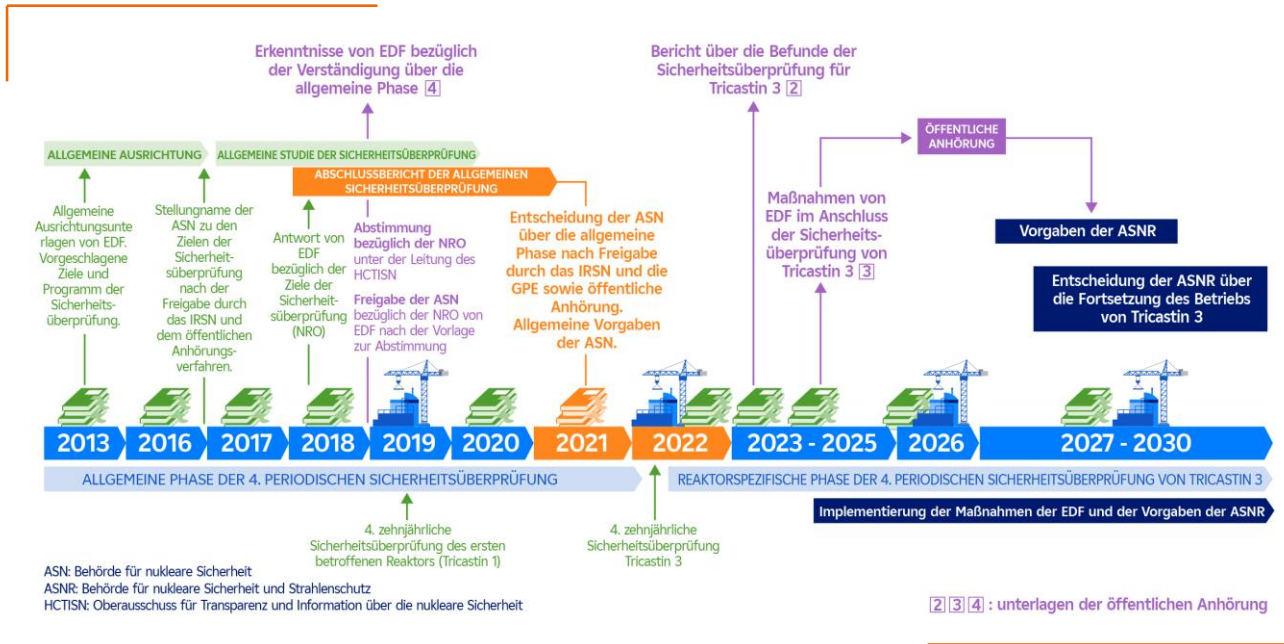


Geografische Lage des Kraftwerks von Tricastin im Verhältnis zu den Nachbarländern

3.3. Terminplan des Regelungsverfahrens

Der Préfekt des Départements Drôme legt unter anderem das Datum zur Eröffnung des Anhörungsverfahrens und seine Dauer fest (Art. R. 123-9 des französischen Umweltgesetzbuchs).

Die Vorgehensweise für die periodische Sicherheitsüberprüfung wird im Folgenden am Beispiel des Reaktors Nr. 2 von Tricastin beschrieben.



Zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Dokuments könnten die öffentlichen Anhörungsverfahren für die Reaktoren Nr. 3 und 4 am Ende des ersten Halbjahres 2026 stattfinden.

4. NUKLEARE SICHERHEIT DES KERNKRAFTWERKS



Kernkraftwerk von Tricastin im Département Drôme
Copyright Jayet Stéphanie, TOMA

4.1. Strahlenschutz

Der **Strahlenschutz** umfasst alle Regeln, Verfahren und Mittel zur Vorbeugung und Überwachung mit dem Ziel, die direkten oder indirekten schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung auf Personen zu verhindern oder zu verringern, einschließlich derjenigen, die durch Umweltschäden verursacht werden. Er beruht auf drei wichtigen Prinzipien: Begründung, Optimierung und Begrenzung der Strahlendosis.

- **Begründung:** Alle menschlichen Tätigkeiten, die zu einer Ionenstrahlungsexposition bei Menschen führen können, müssen durch die daraus erwachsenden Vorteile begründet werden. Die Vorteile müssen gegenüber den Nachteilen überwiegen.
- **Optimierung:** Für eine gegebene Quelle ist das allgemeine Ziel die Beibehaltung der individuellen und kollektiven Dosiswerte auf dem niedrigsten Stand, der vertretbarerweise unter Berücksichtigung des Stands der Technik und der sozioökonomischen Faktoren erreichbar ist. Dieses Prinzip trägt die Bezeichnung ALARA (As Low As Reasonably Achievable⁷).
- **Begrenzung der Strahlendosis:** Die Ionenstrahlungsexposition einer Person aufgrund einer „nuklearen Tätigkeit“ darf nicht dazu führen, dass die Summe der erhaltenen Dosen die von den Vorschriften festgelegten Grenzwerte überschreitet, es sei denn, diese Person wird der Strahlung zu medizinischen Zwecken oder im Rahmen der biomedizinischen Forschung ausgesetzt.

Im weiteren Verlauf des Dokuments beziehen sich die Informationen bezüglich radioaktiver Strahlungen, ihrer Auswirkungen und ihrer Überwachung auf den normalen Betrieb der Reaktoren oder auf Unfallsituationen.

⁷ ALARA = So niedrig wie vertretbarerweise möglich.

4.2. Nukleare Sicherheit während des Betriebs

Als Industrieanlage beinhaltet ein Kernkraftwerk von Natur aus Risiken, die die Gesundheit und Umwelt beeinträchtigen können. Der Kernreaktor enthält radioaktive Stoffe; die Anlage enthält Gefahrstoffe (z. B. Gasflaschen, brennbare Stoffe oder Chemikalien), die für den Betrieb erforderlich sind.

Das Konzept und der Betrieb der Kernkraftwerke sollen die Beherrschung sämtlicher Risiken sicherstellen, indem sie einerseits durch Vorbeugungsmaßnahmen die Wahrscheinlichkeit verringern, dass Störungen der Anlage auftreten, und andererseits durch Schutzmaßnahmen die Folgen dieser Störungen außerhalb des Standorts minimieren. Je größer die festgestellten Folgen sein können, umso geringer muss die Wahrscheinlichkeit des auslösenden Ereignisses sein, damit das Risikolevel unter angemessenen wirtschaftlichen Bedingungen so niedrig wie vertretbarer Weise möglich bleibt.

Die Beherrschung der Risiken wird in den nuklearen Sicherheitsansatz aufgenommen, der für die gesamte Lebensdauer der nuklearen Anlagen gilt; sie besteht aus aufeinander folgenden Sicherheitsmaßnahmen, die für ein hohes Kontrollniveau sorgen.

Die Ermittlung der Risiken berücksichtigt Störungen im kernkrafttechnischen Teil der Anlage, aber auch weiterer Gerätschaften, die für den ordnungsgemäßen Betrieb erforderlich sind. Für jedes Risiko werden die folgenden Punkte definiert:

- Auslösende Ereignisse: Fehlfunktion einer Vorrichtung oder interne (z. B. Leitungsbruch) bzw. externe (z. B. Erdbeben) Ursache.
- Mögliche Folgen außerhalb des Standorts und auf den Betrieb der Anlage selbst.

Alle diese Risiken sind Gegenstand von Entwicklungs- und Betriebsmaßnahmen im Rahmen der nuklearen Sicherheit und des Umweltschutzes, die durch aufeinander folgende Schutzmaßnahmen:

- das Auftreten von Störfällen und Unfällen an der Anlage verringern können,
- Die Anlage überwachen und ihren sicheren Zustand aufrecht erhalten,
- Die Folgen von Störfällen und Unfällen für die Anlage und die Umwelt begrenzen.

Hier werden aufgrund ihrer Besonderheiten zwei Risikogruppen unterschieden:

1. Die **radiologischen Risiken** aufgrund von vorhandenen radioaktiven Stoffen,
2. Die **konventionellen Risiken**, die z. B. mit der Lagerung und Verwendung von brennbaren Produkten, Chemikalien oder schwach radioaktiven Stoffen verbunden sind.

Radiologische Risiken werden in zwei Typen unterteilt:

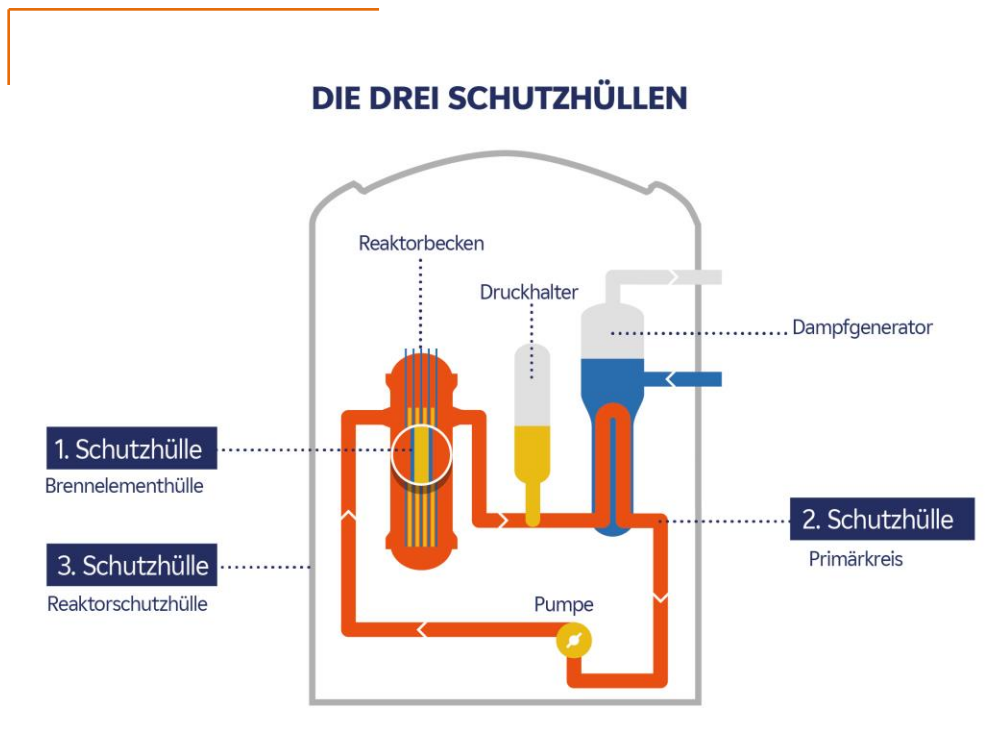
- Die direkte Strahlenexposition, die als externe Exposition bezeichnet wird,
- Die Strahlenexposition durch Verschlucken bzw. Einatmen radioaktiver Stoffe, die als interne Exposition bezeichnet wird.

4.2.1. Begrenzung der radiologischen Risiken

Radioaktive Stoffe werden in hermetisch geschlossenen Einhausungen aufbewahrt, die mit strahlenschutzgeeigneten Schutzbeschichtungen (oder „biologischen Schutzmaßnahmen“) versehen sind, um radiologischen Risiken durch Exposition oder Ausbreitung vorzubeugen. Die Grenzen dieser Einhausungen werden als Reaktorschutzhüllen bezeichnet. Diese Schutzhüllen liegen nach dem Schachtelpuppenprinzip übereinander. Die undurchlässigen, robusten und voneinander unabhängigen Schutzhüllen trennen eine nach der anderen die Brennelemente von der Umwelt.

Auf diese Weise wirken drei voneinander unabhängige physische, robuste und undurchlässige Schutzhüllen zur Einschließung der Radioaktivität zusammen:

- Die Hülle der Brennstäbe,
- Die Hülle um den Primärkreis,
- Die Reaktorschutzhülle.



Die Methode zur Analyse der Risiken umfasst die Ermittlung der möglichen Ursachen für die Freisetzung radioaktiver Stoffe außerhalb der Schutzhüllen und die Festlegung der Maßnahmen zur größtmöglichen Minimierung der Häufigkeit und des Umfangs der Folgen solcher Ereignisse.

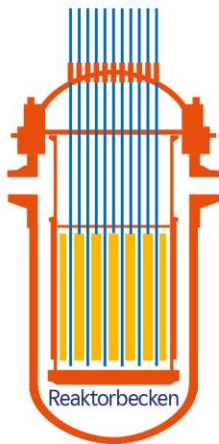
Zur dauerhaften und situationsunabhängigen Aufrechterhaltung der Schutzhüllen wurden Gerätschaften und Systeme entwickelt, die die permanente Wirksamkeit der drei „Sicherheitsfunktionen“ gewährleisten.

DIE DREI SICHERHEITSFUNKTIONEN

1

Steuerung der Kettenreaktion

- Position der Steuerbündel
- Borkonzentration des Wassers

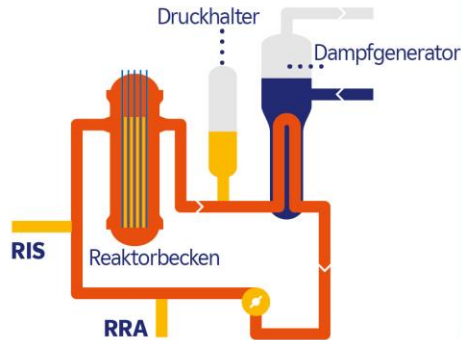


2

Kühlung der Brennelemente

Ableitung der Wärme:

- Im Normalbetrieb über die Dampfgeneratoren
- Bei Reaktorstilllegung über den Kühlkreis (RRA)
- Über die Notkühlsysteme (RIS)

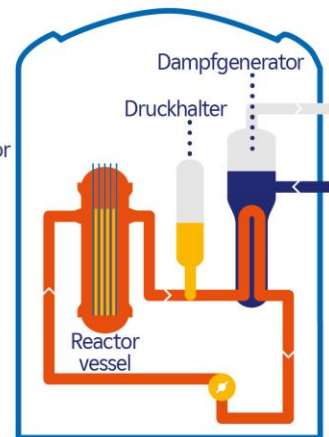


3

Einschließung der Radioaktivität

Anhand der drei Schutzhüllen:

- Brennelementhülle
- Primärkreis
- Reaktorschutzhülle



Die implementierten Maßnahmen zur Gewährleistung dieser drei grundlegenden Funktionen der nuklearen Sicherheit sorgen für den Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor ionisierenden Strahlungen und somit für die Umsetzung dieser vierten Sicherheitsfunktion, die durch die geänderte Verordnung vom 7. Februar 2012 über die Festlegung der allgemeinen Regeln für Basis-Nuklearanlagen – der sogenannten „INB-Verordnung“ – eingeführt wurde.

Der „sichere“ Zustand eines Reaktors zeichnet sich durch die Gewährleistung der drei Sicherheitsfunktionen aus:

- Kontrolle über die nukleare Kettenreaktion im Reaktor,
- Kühlung der Brennelemente,
- Einschließung der radioaktiven Stoffe

sowie die ordnungsgemäße Funktion der Systeme, die die Aufrechterhaltung dieser Bedingungen sicherstellen.

Um ein hohes Sicherheitsniveau des Kraftwerks zu gewährleisten, beruhen Entwicklung und Betrieb der Reaktoren auf der Anwendung eines in die Tiefe gehenden Abwehrkonzepts, das zur Einplanung zusätzlicher Mittel zum Schutz dieser Schutzhüllen und Begrenzung der Folgen von Unfällen auf ein für die Bevölkerung und Umwelt akzeptables Maß führt. Aufeinander folgenden Abwehrstufen, die so weit wie möglich zuverlässig und voneinander unabhängig sind, werden anhand der Umsetzung von zusätzlichen technischen, menschlichen und organisatorischen Mitteln vorgesehen, um solche Unfälle zu verhindern oder deren Folgen zu begrenzen.

Sowohl bei der Entwicklung als auch im Betrieb gliedert sich die Tiefenabwehr in fünf Stufen:

- 1. Vorbeugung (1. Stufe):** Das Eintreten der Störung verhindern;
- 2. Überwachung oder Erkennung (2. Stufe):** Dem Eintreten der Störung durch Kontrollen oder Prüfungen vorgreifen, oder die Störung unmittelbar nach ihrem Eintreten erkennen, um die normale Betriebsituation wieder herzustellen;
- 3. Handlungsmittel (3. Stufe):** Eindämmung der Folgen der Störung oder ggf. Begrenzung ihrer Verschlimmerung durch Wiederaufnahme der Anlagensteuerung (Verfahrensanweisungen für Störfälle und Unfälle);
- 4. Abschwächung (4. Stufe):** Situationsmanagement zur Begrenzung der radiologischen Folgen für die Umwelt und die Bevölkerung (Abschließende Verfahrensanweisungen);
- 5. Bevölkerungsschutz (5. Stufe):** Die 5. Stufe der Tiefenabwehr obliegt den Behörden und entspricht der Umsetzung des speziellen Einsatzplans (PPI – Plan particulier d'intervention) (in Sicherheit bringen, Jodtabletten verabreichen, Evakuierung...).

Der in den jeweiligen Kernsicherheitsbericht der einzelnen Reaktoren von Tricastin übernommene Nachweis der Begrenzung der radiologischen Risiken erfolgt durch die Prüfung der Beachtung der allgemeinen nuklearen Sicherheitsziele bei allen störfall- oder unfallbedingten Abläufen. Zu diesem Zweck wurden zahlreiche Störfall- und Unfallszenarien betrachtet und nach der Häufigkeit ihres Auftretens in Kategorien eingestuft. Das Konzept der Anlagen muss auch einen geeigneten Schutz gegen Szenarien gewährleisten, die durch kumulierte Störungen oder interne bzw. externe Ursachen ausgelöst werden, und die grundlegenden Kernsicherheitsfunktionen beeinträchtigen. Anlässlich der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung erhalten die Reaktoren von Tricastin in ihren Referenzunterlagen ein robustes Konzept für Unfälle mit Kernschmelze. Die betrachteten Szenarien führen zur Implementierung von Maßnahmen⁸ zur Begrenzung der Folgen dieser Unfälle, ohne die Unversehrtheit der 3. Schutzhülle zu beeinträchtigen.

Studien über die nukleare Sicherheit werden mit einem konservativen Ansatz – d. h. mit Herabstufung einflussreicher Hypothesen oder Parameter – hinsichtlich des Zustands und der Funktion der Systeme sowie der mit den Szenarien verbundenen physikalischen Ereignisse durchgeführt. Bei Bedarf wird auf Entkopplungshypothesen zurückgegriffen, um Unsicherheiten zu berücksichtigen. Somit können Entwicklungsmargen für gefürchtete Situationen gewährleistet werden. Dadurch wird verhindert, dass erkannte Wissenslücken die Schlussfolgerungen dieser Studien in Frage stellen.

Die Untersuchung der radiologischen Folgen all dieser Szenarien dient der Prüfung der Stichhaltigkeit der bei der Entwicklung und im Betrieb ergriffenen Maßnahmen zur Gewährleistung der Unversehrtheit der Schutzhüllen zur Einschließung der radioaktiven Stoffe (Brennstabhüllen, Primärkreishülle und Reaktorgebäudehülle). Sie dient auch der Prüfung auf Austritt radioaktiver Stoffe aus dem Kraftwerk infolge solcher Störfälle/Unfälle, die zu begrenzten Folgen für Bevölkerung und Umwelt führen.

Dabei werden unterschieden:

- Die radiologischen Folgen der Bemessungsstörfälle und -unfälle (die bei der Entwicklung betrachtet wurden),
- Die radiologischen Folgen der sogenannten zusätzlichen Unfälle, die ursprünglich bei der Entwicklung nicht berücksichtigt wurden und Szenarien mit kumulierten Störungen entsprechen. Diese Unfälle werden untersucht, um die anlagenbedingten Risiken durch zusätzliche, in die Anforderungs-Referenzunterlagen integrierte Maßnahmen zu verringern. Dies gilt insbesondere für den Unfall aufgrund eines Dampfrohrbruchs (RTV – Rupture de tuyauterie vapeur), begleitet von multiplen Dampferzeugerrohrbrüchen (RTGV – Rupture de tube de générateur de vapeur),
- die radiologischen Folgen möglicher Unfälle mit Kernschmelze.

⁸ Einige Verbesserungen gelten für die 900 MWe-Klasse und können daher in diesem Dokument erwähnt werden.

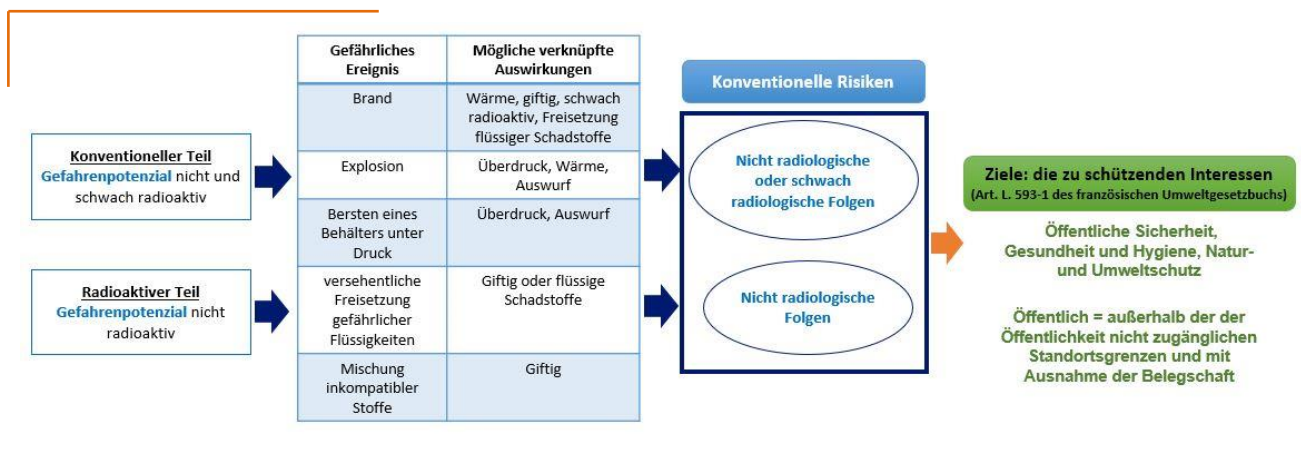
4.2.2. Begrenzung der konventionellen Risiken

4.2.2.1. Methodik zur Analyse der Risiken

Konventionelle Risiken sind z. B. mit der Lagerung und Verwendung von brennbaren Produkten, Chemikalien oder schwach radioaktiven Stoffen im Innern der konventionellen Anlagen verbunden.

Der Nachweis der konventionellen Sicherheit soll belegen, dass diese konventionellen Risiken im Hinblick auf die zu schützenden Interessen akzeptabel sind:

- Die Bevölkerung: Der Analyseumfang berücksichtigt alle der Öffentlichkeit zugänglichen Bereiche außerhalb der Standortgrenzen;
- Die Umwelt und Natur:



Folgende ggf. außerhalb des Standorts durch diese konventionellen Risiken nicht oder nur schwach radiologischer Art verursachten Auswirkungen sind möglich:

- Auswirkungen über die Luft:
 - Schäden durch Wärmeentwicklung aufgrund von Brand, Stichflammen und Explosion,
 - Schäden durch Giftstoffe aufgrund der Freisetzung von Brandgasen, der Verdunstung von Giftstoffen, des Austritts giftiger Gase oder der Mischung unverträglicher Stoffe,
 - Schäden durch Überdruck aufgrund einer Explosion oder berstender Anlagen,
 - Geringe radiologische Schäden durch Dispersion von Radionukleiden aufgrund des Brands einer leicht radioaktiven Anlage,
 - Schäden durch Ausschleudern von Projektilen aus drehenden Maschinen aufgrund einer Explosion oder dem Bersten einer Anlage,
- Schäden durch flüssige Medien: Schäden durch die Freisetzung von flüssigen Gefahrstoffen oder schwach radioaktiven Stoffen in die Umwelt.

Gefahrenpotenziale werden anhand ihrer möglichen Auswirkungen auf die zu schützenden Interessen ermittelt und definiert. Die ermittelten Gefahrenpotenziale umfassen die mit den verwendeten oder gelagerten Produkten verbundenen Gefahrenpotenziale sowie die mit den Tätigkeiten verknüpften Gefahrenpotenziale.

Die Begrenzung der konventionellen Unfälle wird durch die Anwendung des Prinzips der Tiefenabwehr erreicht, aber auch durch die Beherrschung der folgenden Kernsicherheitsfunktionen:

- Die Einschließung gefährlicher oder schwach radioaktiver Stoffe,

- Den Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor den Schäden durch Gifte, Überdruck, Wärmeentwicklung und Ausschleudern von Projektilen.

Die Analyse wird iterativ anhand folgender Ansätze bis zum Nachweis der Zumutbarkeit des Risikos durchgeführt:

- Verringerung der Risikos an der Quelle: ermitteln, inwiefern die Mengen der Stoffe verringert oder Ersatzprodukte verwendet werden können, wenn die Betriebsvorgaben dies zulassen,
- Ermittlung und Valorisierung der Maßnahmen zur Begrenzung der organisationsrelevanten und technischen Risiken (Vorbeugung, Überwachung, Abschwächung), um das Auftreten bzw. die Folgen der Unfallszenarien zu verringern.

Alle Anlagen, die Tätigkeiten mit Gefahrenpotenzial umfassen oder für die Gefahrstoffe gelagert werden, unterliegen periodischen Prüfungen. Vorbeugende Wartungsmaßnahmen werden in Übereinstimmung mit den Vorgaben der Hersteller oder gemäß den an den Gerätschaften ermittelten Erfahrungswerten durchgeführt. Festgestellte Abweichungen werden durch fehlerbehebende Instandsetzungsmaßnahmen beseitigt.

Brandrisiken werden gesondert behandelt (Brandaktionsplan und Projekt Brandrisikobegrenzung) und sind Gegenstand einer aufgrund von Erfahrungswerten aktualisierten Analyse im Rahmen der ständigen Verbesserungsmaßnahmen. Die Begrenzung der Brandrisiken stützt sich auf die Vorbeugung und schnelle Erkennung von Bränden sowie auf deren Löschung bzw. die Begrenzung der Eskalierung und Ausbreitung von Bränden.

Hinsichtlich der Schäden durch Flüssigkeiten aufgrund der unbeabsichtigten Freisetzung von gefährlichen oder schwach radioaktiven Flüssigkeiten beruht die Begrenzung der Risiken auf der Einrichtung von Vorrichtungen zur Einschließung der ausgetretenen Stoffe. Manche dieser Vorrichtungen sind die letzte Maßnahme zum Schutz der Umwelt und gelten als wichtige Komponenten für den Schutz der Interessen (EIP – Élément important pour la protection des intérêts) und unterliegen entsprechenden Anforderungen für ihre ordnungsgemäße Funktion. **Die Beachtung dieser Anforderungen durch den Betreiber ist Gegenstand besonderer Bestimmungen (Überwachung, Prüfung, Wartung), die die Begrenzung der Risiken gewährleisten.**

Hinsichtlich der Auswirkungen über die Luft erfolgt eine erste Analyse zur Ermittlung der die Hülle betreffenden Unfallszenarien, die Schäden außerhalb des Standorts verursachen können, sowie der Maßnahmen, die zur Begrenzung dieser Risiken ergriffen werden. Für jedes dieser Unfallszenarien wird eine vertiefte Risikoanalyse durchgeführt, um die Wahrscheinlichkeit eines solchen Unfalls und den Umfang der Folgen zu ermitteln. Die zum Nachweis der Begrenzung der konventionellen Risiken ermittelten Maßnahmen gelten dann als wichtige Tätigkeiten oder Komponenten für den Schutz der Interessen (AIP – Activité importante pour la protection des intérêts und EIP – Élément important pour la protection des intérêts), einschließlich der dazugehörigen Anforderungen für die ordnungsgemäße Funktion, deren Beachtung durch den Betreiber Gegenstand besonderer Bestimmungen (Überwachung, Prüfung, Wartung) ist.

Diese Maßnahmen werden im Rahmen der Betriebsnachverfolgung überwacht.

4.2.2.2. Zusammenfassung für Tricastin

■ **Risiken über die Luft**

Die Risiken über die Luft der betrachteten Unfallszenarien bergen keine Auswirkungen außerhalb der Standortgrenzen, mit Ausnahme der im Folgenden beschriebenen Szenarien. Die für das Kraftwerk von Tricastin durchgeführte Risikoanalyse hat zwei konventionelle Unfallszenarien ausgewiesen, die die zu schützenden Interessen beeinträchtigen können:

- Ein Szenario mit Freisetzung einer Giftgaswolke nach dem Versagen der Schutzhülle einer Ammoniakflasche in einem Gaslager- oder -lieferbereich;
- Ein Szenario mit Explosion durch Überdruck nach dem Versagen der Schutzhülle einer Acetylenleitung in einem Labor.
- Zahlreiche Vorbeugungsmaßnahmen wurden ergriffen, um derartige Unfälle zu vermeiden: Schulung der zuständigen Personen, Erstellung detaillierter Verfahrensanweisungen, Einrichtung von optischen Signalen,

Implementierung von praktischen Vorgehensweisen zur Steigerung der Zuverlässigkeit der Mitarbeiter bei diesen Tätigkeiten usw. Zum Schutz vor den Risiken im Zusammenhang mit dem Verlust der Schutzhülle einer Ammoniakflasche im Gaslager- oder Lieferbereich wurden die folgenden Abwehrmaßnahmen und -mittel ermittelt:

- Die Betriebsanweisung zur Begrenzung der zulässigen Anzahl und Füllmenge der Ammoniakflaschen unter Berücksichtigung des Bedarfs und des Betriebs des Kernkraftwerks;
- Die beim Handling und bei der Lagerung ständig vorhandene Schutzhaube über der Armatur;
- Die Beachtung der Herstellernormen hinsichtlich der Nutzungs- und Lagerbedingungen der Flaschen;
- Die Lagerung der Ammoniakflaschen in Betonfächern mit Gittertüren;
- Die Konformität der Gasflaschen.

Die Risikostufe des Szenarios mit Freisetzung einer Giftgaswolke nach dem Versagen der Schutzhülle einer Ammoniakflasche in einem Gaslager- oder -lieferbereich ist akzeptabel. Die Wahrscheinlichkeit seines Eintretens entspricht der eines unwahrscheinlichen Ereignisses (weniger als 1 mal alle 1.000 Jahre).

Im Laborbereich wurde folgende Vorgehensweise zur Verringerung der Risiken an der Quelle implementiert:

- Die Begrenzung der Anzahl und Füllmenge der zur Speisung der Labormessgeräte angeschlossenen Acetylenflaschen auf den Bedarf der für den Betrieb des Kernkraftwerks erforderlichen Analysen;
- Ein geringer Druck in den Acetylenleitungen am Ausgang des Lagerbereichs des Labors, unter Berücksichtigung des Betriebsdrucks der angeschlossenen Analysegeräte;
- Eine Zwangslüftung im Blocklabor zur besseren Konzentrationsverringern bei eventuellem Acetylenaustritt;
- Die Einrichtung von Gasmeldegeräten in den Räumlichkeiten, in denen sich gasgespeiste Analysegeräte befinden. Diese Gasmeldegeräte sind an eine ortsfeste Gasmeldezentrale angeschlossen, die das Anschlussventil im Gaslager steuert;
- Die Wartung der Anlagen: Gasmeldesystem, Acetylenleitungen, acetylengespeiste Analysegeräte (Dichtepfahrungen, auch an den Schlauchleitungen).

Die Risikostufe eines Szenarios mit Explosion nach dem Versagen der Schutzhülle einer Acetylenleitung in einem Labor ist akzeptabel. Die Wahrscheinlichkeit seines Eintretens entspricht der eines unwahrscheinlichen Ereignisses (weniger als 1 mal alle 1.000 Jahre).

Nach Abschluss der Maßnahmen zur Tiefenabwehr und der Ermittlung mehrerer Ansatzpunkte zur Begrenzung der Risiken sind sie alle akzeptabel hinsichtlich der zu schützenden Interessen.

■ **Risiken durch Flüssigkeiten**

Im Hinblick auf die Risiken durch Flüssigkeiten wird die Einschließung der freigesetzten Flüssigkeiten durch die Einrichtung geeigneter Vorrichtungen gewährleistet, um so die versehentliche Freisetzung von Gefahrstoffen oder schwach radioaktiver Stoffe in die Umwelt zu verhindern. Die Szenarien, bei denen Flüssigkeiten freigesetzt werden, haben somit keine Auswirkungen auf die Umwelt.

Die konventionellen Risiken des Kraftwerks von Tricastin für die zu schützenden Interessen sind somit begrenzt.

4.3. Begrenzung der Alterung und Obsoleszenz

Der Ansatz zur Begrenzung der Alterung und zum Umgang mit Obsoleszenz beruht bei den von EDF betriebenen Kraftwerken auf:

- Der Begrenzung der Alterung der Systeme, Strukturen und Komponenten,
- Der Wartung,
- Dem Umgang mit der Obsoleszenz der Gerätschaften und Ersatzteile.

Die wichtigsten Maßnahmen, die vom Betreiber in diesem Bereich ergriffen oder vorgeschlagen werden, betreffen zwei Ziele:

- Nachweisen, dass die nicht ersetzbaren Gerätschaften in der Lage sind, ihre Funktion auch nach 40 Jahren zu erfüllen:
 - In Bezug auf das Becken der Reaktoren von Tricastin,
 - wird die Druckprüfung im Rahmen der zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfung zur umfassenden Neueinstufung des Hauptprimärkreises (CPP – Circuit primaire principal) durchgeführt;
 - werden zusammenfassende Unterlagen erstellt, um die Aufrechterhaltung des Betriebs gemäß eines konservativen deterministischen Ansatzes (Neutronentechnik, Werkstoffe, Mechanik...) nachzuweisen; Sie behandeln einerseits die theoretische Untersuchung der umfangreichsten hypothetischen und nicht erfassbaren allgemeinen Störung (für alle Becken der 900 MWe-Kraftwerke) und beckenspezifische Untersuchungen für jedes einzelne Becken anhand der Befunde der Prüfungen, die im Rahmen der 4. zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfung (VD4 – 4^e visite décennale) durchgeführt wurden;
 - Die Einführung von Hafnium, einer neutronenabsorbierenden Substanz, in die Brennelementbündel der Reaktoren von Tricastin gegenüber von den am stärksten durch Neutronen bestrahlten Beckenbereichen verringert die Neutronenfluenz (in die Betriebsdauer des Reaktors integrierter Neutronenfluss) im Becken.
 - Der mechanische Leistungszustand der Reaktorschutzhüllen wird kontinuierlich mittels Abhorchvorrichtungen überwacht (z. B. Verformungsmessungen) und die Schutzhülle bei jeder zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfung einer Druckprüfung unterzogen.
- Nachweisen, dass die ersetzbaren Gerätschaften in der Lage sind, ihre Funktion auch nach 40 Jahren zu erfüllen, oder sie entweder ersetzen oder aufbereiten.

Für Komponenten, deren Leistung wahrscheinlich aufgrund ihrer Alterung abnimmt und deren Ausfall Auswirkungen auf die nukleare Sicherheit haben kann, erfolgt eine Überwachung, die dokumentiert und regelmäßig aktualisiert wird: Alterungsanalyse für jede einzelne Vorrichtung und zusammenfassende Unterlagen über die Eignung zur Fortsetzung des Betriebs für jeden Reaktor. Diesbezüglich werden im Rahmen der VD4 der Reaktoren von Tricastin Inspektionen sowie Prüfungen und Wartungsmaßnahmen an den folgenden Systemen, Strukturen und Komponenten vorgenommen: Bauwerksstrukturen, Leitstand, für nukleare Umfelder zugelassene Kabel, Kabeldurchführungen, mechanische und elektromechanische Vorrichtungen, elektrische Anlagen und Instrumentenausrüstung.

4.4. Nukleare Sicherheit, Reaktor während der endgültigen Stilllegung

Für jede Rückbauphase sind Kernsicherheits-Bezugsunterlagen für die Durchführung der phasenspezifischen Maßnahmen vorhanden.

Solange Brennelemente in der Anlage vorhanden sind, gelten bestimmte nukleare Sicherheitsziele, die in den Kernsicherheits-Bezugsunterlagen für den Betrieb der Anlage beschrieben sind, insbesondere bezüglich des Reaktorbeckens im Brennelementlager:

- Die Überwachung der Reaktivität der verbrauchten Brennelementbündel wird durch Lagergestelle gewährleistet, die die Unterkritikalität der Brennelemente anhand von Einlagen aus neutronenabsorbierenden Substanzen und Borwasser sicherstellen.
- Wenn die Kühlung der Reaktorbecken unterbrochen ist, wird die Ableitung der Restleistung der Brennelemente aufgrund der sehr geringen Restwärmeleistung der Brennelemente und der großen Wassermenge in den Reaktorbecken kurzfristig nicht beeinträchtigt. Obwohl die Wiederherstellung der Kühlung das Hauptziel ist, könnte die Restwärme auch dadurch abgeleitet werden, dass man das Wasser kochen lässt und die Reaktorbecken mit Frischwasser versorgt. Das Einleiten von Frischwasser in das Reaktorbecken kann über verschiedene Systeme des Kraftwerks erfolgen, unter anderem durch neue Maßnahmen, die nach dem Unfall in Fukushima Daiichi eingeführt und anschließend in die Kernsicherheits-Bezugsunterlagen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung aufgenommen wurden.

Nach der Beseitigung der Brennelemente beruht die nukleare Sicherheit auf der Begrenzung der Risiken einer Ausbreitung gefährlicher Stoffe und Substanzen (Feststoffe, Flüssigkeiten oder Gase) und der Exposition durch gefährliche Ereignisse (Giftexposition aufgrund der Ausbreitung durch Flüssigkeiten bzw. Luft, Wärmeentwicklung, Überdruck, Ausschleudern von Projektilen, schwache Strahlenexposition).

Die Wahl sollte auf die technischen Möglichkeiten fallen, die das Prinzip der Tiefenabwehr anwenden und jede umfangreiche Ausbreitung radioaktiver Stoffe außerhalb des Standorts verhindern und die Exposition der Bevölkerung begrenzen. Sie werden in der Studie zur Begrenzung der Risiken aufgeführt, die mit den von Art. R. 593-67 des französischen Umweltgesetzbuchs geforderten Rückbauunterlagen vorzulegen sind.



5.1. Vorgehensweise

Abschnitt 5 beschreibt die Bewertung der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Tricastin auf die Umwelt im aktuellen Zustand und für die kommenden 10 Jahre.

Die ersten Unterabschnitte beschreiben die folgenden Punkte:

- Die Methoden, die für die Bewertung der Auswirkungen auf die Umwelt gewählt wurden (§ 5.2);
- Die Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Bewertung der Auswirkungen (§ 5.3);
- Die für die Bewertung verwendeten Daten (§ 5.4);
- Der aktuelle Zustand der Umwelt (§ 5.5).

Der Unterabschnitt 5.6 beschreibt die Wechselbeziehungen des Betriebs des Kraftwerks von Tricastin mit der Umwelt zum aktuellen Zeitpunkt und für die kommenden 10 Jahre.

Der Unterabschnitt 5.7 beschreibt die Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Tricastin auf die Umwelt zum aktuellen Zeitpunkt und für die kommenden 10 Jahre. Die Auswirkungen der endgültigen Stilllegung des Kraftwerks sind in Abschnitt 5.7.10 dargelegt.

5.2. Methode zur Bewertung der Auswirkungen

Die Methoden zur Bewertung der Auswirkungen werden nach Bereichen beschrieben und sollen die Folgen des Betriebs des Kraftwerks von Tricastin auf die Gesundheit und Umwelt bewerten sowie nachweisen, dass sie akzeptabel sind.

■ **Luft und Klimafaktoren**

Die Analyse der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Tricastin auf das Klima stützen sich auf die Analyse des Lebenszyklus (ACV – Analyse du cycle de vie) des kWh aus Kernenergie für den derzeit von EDF betriebenen Kraftwerkspark. Sie wurde von EDF gemäß einer Standardmethode durchgeführt und von einer unabhängigen Sachverständigenkommission geprüft. Sie beruht auf der Inventur der Stoff- und Energieflüsse während der verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus, vom Abbau der Rohstoffe bis zum Abfallmanagement.

Die Analyse der Auswirkungen auf die Luftqualität stützt sich auf einen Vergleich der Konzentration der freigesetzten Stoffe mit den im französischen Umweltgesetzbuch festgelegten Luftqualitätsnormen (R. 221-1).

■ **Oberflächengewässer**

Die Bewertung der Auswirkungen der Freisetzung von flüssigen chemischen Schadstoffen auf die Qualität der Oberflächengewässer beruht auf:

- Einer rückblickenden Analyse der Auswirkungen vergangener und aktueller Freisetzungen von flüssigen Chemikalien mittels Daten aus der chemischen und gewässerökologischen Überwachung, die oberhalb und unterhalb des Kraftwerks durchgeführt wird;
- Einer quantitativen Bewertung der Auswirkungen der Freisetzung flüssiger Chemikalien für jeden einzelnen Stoff auf der Grundlage des Vergleichs der berechneten Konzentrationen in der Umwelt mit Referenzwerten (Grenzwerte, Leitwerte, ökotoxikologische Daten...).

■ **Böden und Grundwasser**

Die Bewertung der Auswirkungen auf die Böden und das Grundwasser beruht auf:

- Der Durchführung einer Bestandsaufnahme der Böden und des Grundwassers des Kraftwerks auf der Grundlage einer Analyse der historischen Daten und der Ergebnisse der Pegelüberwachung des Standorts, vervollständigt durch Messkampagnen;
- Dem Vergleich mit Referenzdaten für die Böden: Daten über die Qualität der umliegenden Böden (außerhalb der Bereiche, die potentiell durch die Anlage beeinflusst werden), Daten aus speziellen Studien oder nationalen Programmen;
- Dem Vergleich mit Wasserqualitätsgrenzwerten für das Grundwasser (Verordnung vom 11. Januar 2007 über Grenzwerte und Referenzen zur Qualität von Rohwasser und Wasser für den menschlichen Verzehr, Verordnung vom 17. Dezember 2008 zur Festlegung der Kriterien für die Bewertung und die Modalitäten für die Bestimmung des Zustand des Grundwassers, OMS-Leitlinien für die Qualität des Trinkwassers von 2017 und Richtlinie 2013/59/EURATOM des Rats vom 5. Dezember 2013, die die Grundnormen über den Gesundheitsschutz gegen Risiken aufgrund der Exposition durch ionisierende Strahlungen festlegen).

■ **Radioökologie**

Die Bewertung der Auswirkungen der Freisetzung von flüssigen und atmosphärischen radioaktiven Schadstoffen auf die Umwelt beruht auf:

- Einer rückblickenden Analyse der Auswirkungen der bis zum heutigen Datum ausgestoßenen Schadstoffe unter Berücksichtigung der Ergebnisse des ursprünglichen Referenzzustands, der zehnjährlichen Bestandsaufnahmen und der jährlichen Überwachung;
- Einer prospektiven Analyse (für die Zukunft), die mit dem europäischen ERICA-Tool (Environmental Risks from Ionising Contaminants: Assessment and management) zur Bewertung der radiologischen Risiken für

Ökosysteme an Land und im Wasser aufgrund der Freisetzung von radioaktiven Schadstoffen im Kraftwerk von Tricastin, unter Berücksichtigung der zulässigen Schadstoffgrenzwerte.

Das Prinzip dieser Bewertung beruht auf einem Vergleich der durch radioaktive Schadstoffe verursachten Dosisrate mit einem auswirkungsfreien Dosisratenwert für jeden einzelnen Referenzorganismus. Dieser Vergleich führt zur Berechnung eines Risiko-Index. Liegt der Risiko-Index unter 1 kann daraus geschlossen werden, dass das Risiko vernachlässigbar ist.

■ **Artenvielfalt**

Die Analyse der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Tricastin auf die biologische Vielfalt beruht auf:

- Der Untersuchung der Naturgebiete, Lebensräume, Fauna, Flora und ökologischen Funktionen im Bereich der Untersuchungsfläche (Literaturstudien und Untersuchungen vor Ort);
- Der Analyse der Folgen der einzelnen Wechselwirkungen zwischen dem Kraftwerk von Tricastin und den Naturgebieten, der Fauna, Flora und den ökologischen Funktionen.

■ **Bevölkerung und deren Gesundheit**

Die dosisbedingten Auswirkungen der Freisetzung radioaktiver Schadstoffe berücksichtigen die interne und externe Exposition durch Freisetzung flüssiger radioaktiver Schadstoffe und durch die Atmosphäre.

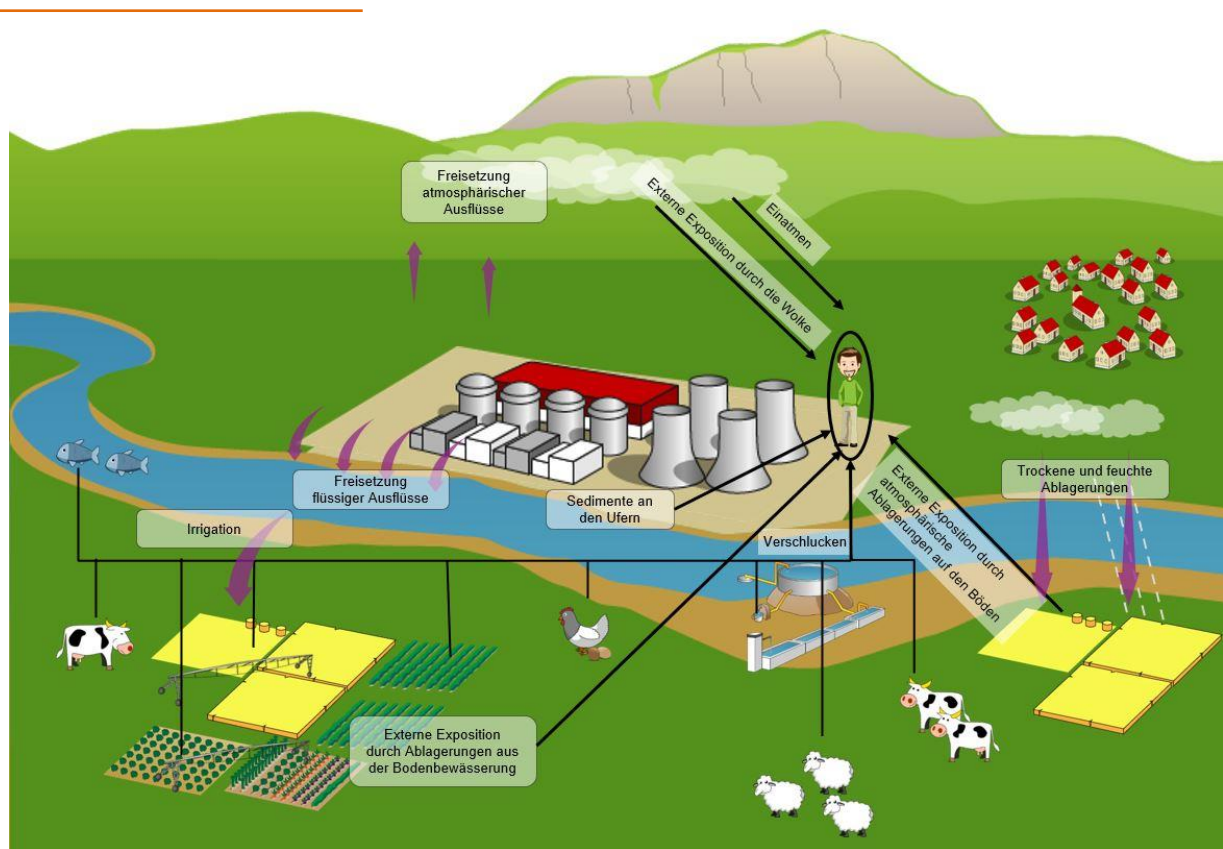
Folgende Expositionswege werden berücksichtigt (siehe nachfolgende Abbildung):

- Externe Exposition durch radioaktive atmosphärische Schadstoffe, radioaktive atmosphärische Ablagerungen am Boden, Ablagerungen durch Bodenbewässerung, Ufersedimente;
- Interne Exposition durch Einatmen, Verzehr von Nahrungsmitteln.

Zur Bewertung der dosisbedingten Auswirkungen auf die Bevölkerung durch freigesetzte radioaktive Schadstoffe aus dem Kernkraftwerksbetrieb verfügt EDF über ein Tool, das vom Institut für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit (IRNS – Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire) (der heutigen Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection – ASNR) entwickelt wurde.

Die Bewertung umfasst die folgenden Schritte:

- Beschreibung der freigesetzten radioaktiven Schadstoffe;
- Beschreibung der Umwelt im Bereich des Kraftwerks;
- Bewertung der Übertragung der Radionukleide, die in den verschiedenen Umweltstufen bis zum Menschen freigesetzt werden: in der Luft, im Wasserlaufsystem, in der Landwirtschaft (Pflanzen, Tiere, Böden);
- Bewertung der Exposition der benachbarten Bevölkerung;
- Vorlage der Ergebnisse, einschließlich der Vergleiche der von der Referenzperson empfangenen Gesamtwirkdosis mit dem vorgeschriebenen Grenzwert von 1 mSv/Jahr.



Wege der Exposition durch freigesetzte radioaktive Schadstoffe ©EDF

Zur **Bewertung der sanitären Risiken** durch freigesetzte flüssige Chemikalien wird eine an den Methodenleitfaden „Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires“ (Bewertung des Zustands der Umwelt und der Gesundheitsrisiken) des nationalen Instituts für Umwelt und Risiken (Institut national de l'environnement et des risques – INERIS) angelehnte Methode angewandt. Die Bewertung erfolgt in zwei Schritten:

- Die Auslegung des Zustands der Umwelt (IEM – Interprétation de l'état des milieux) auf der Grundlage besonderer Überwachungs- und Messdaten;
- Die prospektive Bewertung der Gesundheitsrisiken (EPRS – Évaluation prospective des risques sanitaires) auf der Grundlage der Modellierung der Schadstofffreisetzungen, die dem Standort von Tricastin zuzuordnen sind. Die EPRS besteht aus fünf Schritten:
 - Aufstellung der freigesetzten Stoffe,
 - Bestandsaufnahme der Problematik und der Expositionswege,
 - Ermittlung der Gefahren, Bewertung des Verhältnisses zwischen Dosis und Ergebnis sowie Ermittlung der Indikatoren der Gesundheitsrisiken,
 - Bewertung der Exposition der Bevölkerung,
 - Beschreibung der Risiken.

Aufgrund der geringen Mengen der in die Atmosphäre gelangenden chemischen Schadstoffe, ihrer geringen Dauer, ihres seltenen Auftretens oder dem Fehlen toxikologischer Referenzwerte (VTR – Valeur toxicologique de référence) werden die Gesundheitsrisiken durch freigesetzte Chemikalien in der Atmosphäre qualitativ bewertet.

Die Bewertung der **Lärmbelastung** durch das Kraftwerk von Tricastin beruht auf wiederholten Akustikmessungen in der Umwelt im Bereich der Zonen mit reglementiertem Aufkommen und im Grenzbereich des Standorts. Die Methode dieser Messkampagnen entstammt der Norm NF S 31-010 bezüglich der Beschreibung und Messung von Umweltgeräuschen.

■ **Menschliche Aktivitäten**

Die Bewertung der Auswirkungen auf menschliche Aktivitäten erfolgt im Zusammenhang mit den Umweltsachverhalten:

- Auf der Grundlage öffentlicher und bestätigter Daten (z. B. Daten zum Straßenverkehr, zur Bodennutzung, zur Wassernutzung);
- Auf der Grundlage von Bewertungen der Auswirkungen der vom Kraftwerk freigesetzten Schadstoffe auf die Gesundheit.

■ **Abfallmanagement**

Die Auswirkungen der erzeugten Abfälle beruht hauptsächlich auf der Analyse der Maßnahmen, die hinsichtlich der Abfallzonenbestimmung, Beschreibung, Sortierung, Aufbereitung, Verpackung und Überwachung implementiert wurden, sowie auf der Analyse der Erfahrungswerte aus dem Betrieb des Kraftwerks.

Die Berechnung der erzeugten Abfallmengen und die Schätzung der voraussichtlich in den kommenden Jahren zu erzeugenden Abfallmengen beruhen auf Daten aus den vom Kraftwerk erstellten Jahresbilanzen des Abfallmanagements. Diese Bilanzen liefern quantitative und qualitative Daten zu den vom Kraftwerk erzeugten Abfällen, einschließlich der Sektoren, an die die Abfälle weitergeleitet wurden und zukünftig weitergeleitet werden.

5.3. Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Bewertung der Auswirkungen

Die im obigen Absatz beschriebenen Methoden zur Bewertung der Auswirkungen entsprechen dem aktuellen Stand der Technik und wurden auf der Grundlage der verfügbaren wissenschaftlichen Ergebnisse erstellt.

Die Fortschritte der Wissenschaft werden schrittweise in die Überwachung der Umwelt und die Entwicklung von Hypothesen und Berechnungs-Tools integriert.

In die Bewertungen der Auswirkungen werden konservative Ansätze aufgenommen. Als wichtigster konservativer Ansatz gilt die Betrachtung der Wechselbeziehungen mit der Umwelt im angemessenen Vergleich mit den tatsächlich beobachteten Wechselwirkungen. Weitere konservative Ansätze werden in die diversen Bewertungen aufgenommen, insbesondere in die Expositionsszenarien. So wird beispielsweise beobachtet, dass die benachbarten Bevölkerungsgruppen nur Trinkwasser aus der nächstgelegenen Quelle verbrauchen, ohne Berücksichtigung der Schadstoffzersetzung.

5.4. Für die Bewertung verwendete Daten

Für die Bewertung der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Tricastin werden die folgenden Daten herangezogen:

- Daten zu den Wechselbeziehungen zwischen Kraftwerk und Umwelt, die in Absatz 5.6 dargelegt werden;
- Daten zum aktuellen Zustand der Umwelt, die hauptsächlich aus Umweltstudien des Kraftwerks von Tricastin stammen. Diese Daten werden im Absatz 5.5 beschrieben und betreffen:
 - Die Luftqualität;
 - Die Wetterkunde;

- Die Qualität der Oberflächengewässer;
- Den Zustand der Böden und Grundwasser;
- Den radiologischen Zustand der Umwelt;
- Die Artenvielfalt;
- Die Bevölkerung und menschliche Tätigkeiten.

Das Kraftwerk von Tricastin veröffentlicht regelmäßig Daten über die Überwachung seiner Schadstoffe und der Umwelt:

- Die Ergebnisse der Überwachung der Umwelt im Umkreis des Kraftwerks werden an das nationale Netz für die Strahlenmessung in der Umwelt weitergeleitet, das unter der Schirmherrschaft der ASNR entwickelt wurde. Die Daten stehen auf der Webseite des nationalen Netzes für die Strahlenmessung zur Verfügung (<https://www.mesure-radioactivite.fr/>).
- Das Kraftwerk veröffentlicht jeden Monat [auf seiner Webseite](#) die Daten über die Überwachung der Schadstoffe und der Umwelt.
- Außerdem wird auf der [Webseite](#) ein Jahresbericht über die Überwachung der Umwelt bereitgestellt.

Weitere Informationen stehen im Leitfaden „[Kernkraftwerke und Umwelt](#)“ zur Verfügung, der die Wechselwirkungen zwischen den Kernkraftwerken und der Umwelt sowie die dazugehörigen Überwachungsmodalitäten vorstellt.

5.5. Aktueller Zustand Umwelt

5.5.1. Luft und Klimafaktoren

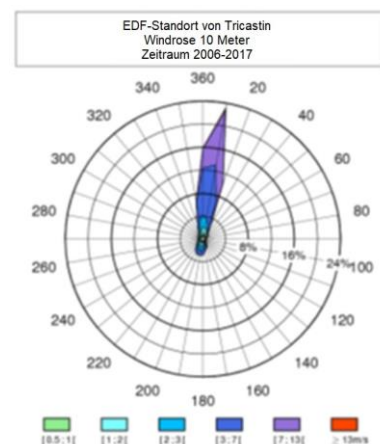
■ **Klima**

Das Klima der Region des Kraftwerks von Tricastin ist mediterran und zeichnet sich durch milde Winter und warme, trockene Sommer aus. Das Kraftwerk liegt im Rhônetal zwischen dem Fuß der Cevennen und der Gegend von Nyonsais-Baronnies. Dadurch ist es besonderen Windbedingungen ausgesetzt, einschließlich eines deutlich verstärkten Mistral im Winter.

Im Zeitraum von 2008 bis 2017 liegen die durchschnittlichen Monatstemperaturen in Tricastin zwischen 5,5 °C (Januar) und 24,3 °C (Juli). Es regnet im Durchschnitt 120 Tage im Jahr. Die vorherrschenden Winde wehen aus dem Norden, die Gegenwinde aus dem Süden.

■ **Luftqualität**

Die Luftqualität im Umkreis des Kraftwerks von Tricastin gilt als gut, trotz Überschreitungen des vorgeschriebenen Ozon-Zielwerts (O₃).



Grafik der in 10 m Höhe gemessenen Winde, Wetterstation des Standorts von Tricastin, Zeitraum 2013-2022.

5.5.2. Oberflächengewässer

Hydrologie

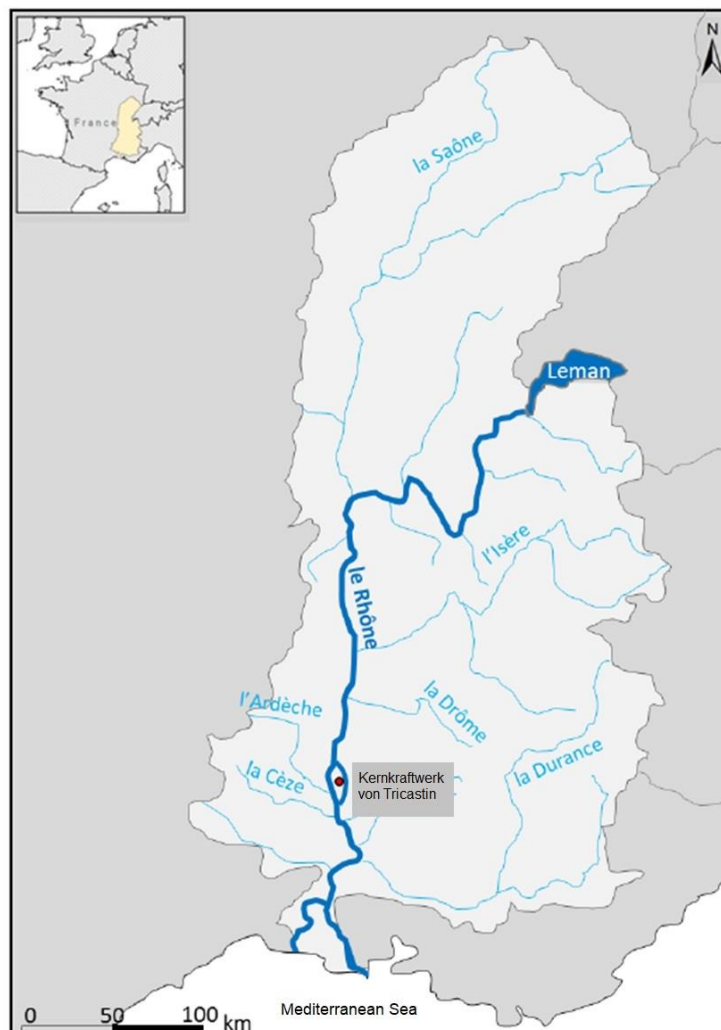
Das Kraftwerk von Tricastin liegt im Rhonetal in der Gemeinde von Saint-Paul-Trois-Châteaux, die sich im Département Drôme befindet.

Das Kraftwerk steht auf einer Insel zwischen dem Vieux-Rhône im Westen und dem Kanal von Donzère-Mondragon im Osten. Es liegt am Ufer des Kanals. Die Anlage von Donzère-Mondragon wurde 1952 errichtet und besteht aus einem langen Ableitungskanal (ca. 30 km) und dem Schleusenwerk von Blondel in Bollène (3 km oberhalb des Kraftwerks von Tricastin). Der Kanal ist ein Bauwerk mit Betonwänden.

Die Gabelung liegt bei Donzère, ca. 10 km oberhalb des Kraftwerks von Tricastin. Die Ardèche mündet oberhalb des Zusammenflusses in die Rhone.

Im Bereich des Kraftwerks von Tricastin wird der schneeschnmelze- und niederschlagsbedingte Wasserhaushalt der Rhone unter anderem auch von dem mediterranen Wasserhaushalt beeinflusst (plötzliche und heftige Hochwasser im Herbst nach starken Gewittern, die im Südosten in dieser Jahreszeit häufig sind). Hochwasserepisoden treten meistens zwischen November und Mai auf.

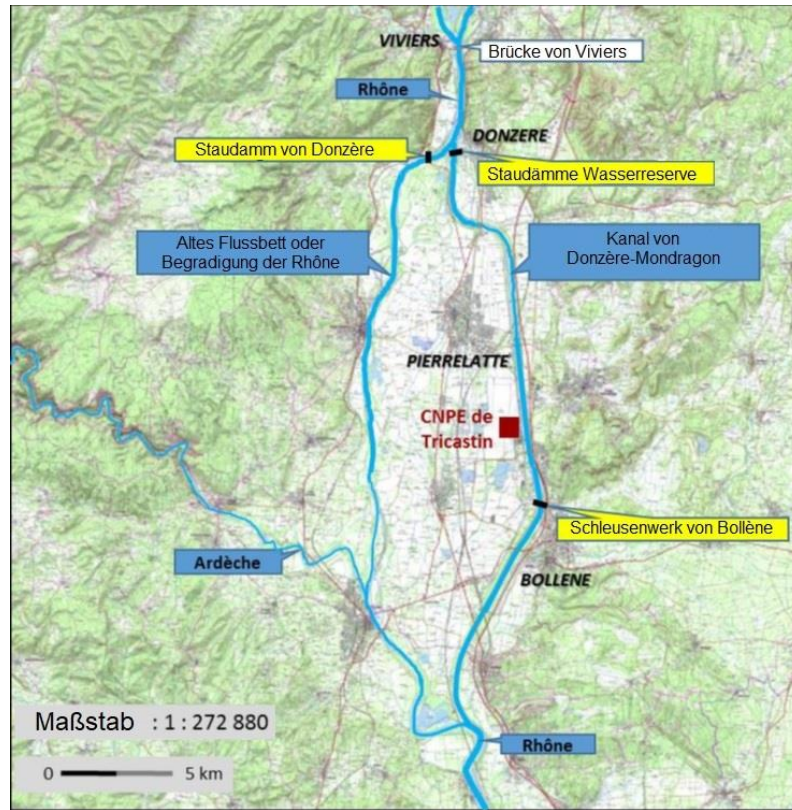
Zwischen 1920 und 2017 betrug die durchschnittliche jahreszeitenübergreifende Durchflussmenge in Pont de Viviers (18 km flussaufwärts vom Kraftwerk an der Rhone gelegen) 1.480 m³/Sek. Von 1952 bis 2017 lag sie im Kanal von Donzère-Mondragon bei 1.248 m³/Sek. Die Rhone nimmt die überschüssigen Wasser aus dem Kanal von Donzère-Mondragon auf.



Standort des Kraftwerks von Tricastin im Einzugsgebiet der Rhone.

■ **Wärmehaushalt**

Die Analyse des Wärmehaushalts der Rhone oberhalb des Kraftwerks von Tricastin beruht auf den Messungen der Rhone-Temperatur oberhalb des Kraftwerks aus den Jahren 1977 bis 2019.



Anlage von Donzère-Mondragon

Aus dieser Analyse ergeben sich folgende Erkenntnisse:

- Die tagesübergreifenden Schwankungen sind recht gering, bei etwas höheren Abweichungen im Sommer, und betragen ca. 0,7 °C (+/- 0,3 °C). Im Winter liegen die durchschnittlichen Schwankungen bei ca. 0,4 °C (+/- 0,2 °C).
- Die jahreszeitlich bedingten Schwankungen sind erheblich und ergeben Durchschnittstemperaturen von ca. 20 °C im Sommer und 7 °C im Winter. Über den gesamten Sommer (von Juni bis September) liegt die Temperatur 11 % der Zeit über 23 °C und ca. 1,2 % der Zeit über 25 °C.
- Die Untersuchung der beobachteten jahresübergreifenden Schwankungen zeigt seit dem Ende der 1970er Jahre eine deutliche Tendenz zu höheren Wassertemperaturen. Die festgestellte durchschnittliche Entwicklung liegt insgesamt bei +1,3 °C von 1977 bis 1997 und 1998 bis 2019, wobei der Anstieg der durchschnittlichen Sommertemperaturen höher ist.

■ **Physikalisch-chemische und biologische Qualität**

Das Kraftwerk von Tricastin nutzt für seine Wasserentnahmen und Freisetzungen die Rhone, und zwar im Bereich der Wassermasse zwischen dem Zusammenfluss mit der Isère und der Stadt Avignon. Die Bewertung des ökologischen und chemischen Zustands, die für diese Wassermasse 2019 von der Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse durchgeführt wurde, ergab ein **durchschnittliches ökologisches Potenzial** (herunterstufendes Element sind die Diatomeen) und einen **guten chemischen Zustand**.

Der ökologische Zustand einer Oberflächengewässermasse im Sinne der Rahmenrichtlinie Wasser (DCE – Directive cadre sur l'eau) wird aus den folgenden gesammelten Kriterien ermittelt: allgemeine physikalisch-chemische Elemente zur Unterstützung der Biologie, spezielle Schadstoffe, Elemente zur Hydromorphologie und Elemente aus der Biologie (biologische Kennzahlen für Makro-Wirbellose, Fische, Makrophyten und Diatomeen).

Der chemische Zustand einer Oberflächengewässermasse wird anhand der Konzentration bestimmter Schadstoffe (Chemikalien) in verschiedenen Matrixen (Wasser, Biota bzw. Sedimente) im Vergleich zu den Umweltqualitätsnormen (NQE – Normes de qualité environnementale) ermittelt.

Die Ergebnisse der gewässerökologischen und chemischen Überwachung von 2008 bis 2017 bestätigen eine zufriedenstellende Qualität, sowohl hinsichtlich der physiochemischen Parameter als auch der biologischen Kennzahlen, auch wenn die Situation im Bereich der biologischen Ergebnisse stärkere Abweichungen aufzuweisen scheint (höhere Schwankungen je nach Jahr oder betrachtetem Bereich).

5.5.3. Böden und Grundwasser

■ **Geologie**

Das Kraftwerk von Tricastin ist mit einer geotechnischen Einfriedung um die Stromerzeugungsanlagen ausgestattet. Sie minimiert den unterirdischen Austausch zwischen den Bereichen innerhalb und außerhalb der Einfriedung.

Ursprünglich lag die Höhe über dem französischen Normalnullwert des gewachsenen Bodens zwischen 48,5 und 51,5 m NGF 0. Die Plattform des Kraftwerks wurde auf 52 m NGF 0 erhöht. Außerhalb der Einfriedung wurde der Boden mit dem Lehm aus den Baugruben der Bauwerke und den Lehmgruben auf 51,5 m NGF 0 aufgeschüttet. Innerhalb der Einfriedung wurde der Boden mit Aufschüttungen aus Sand- und Kiesschwemmböden auf 51,5 m NGF 0 erhöht. Für die verbleibende Schicht von 51,5 m bis 52 m NGF 0 wurde eine sorgfältig verdichtete Lage Sand- und Kiesschwemmböden aufgetragen, um eine gute Befahrbarkeit sicherzustellen.

Daher bestehen die Böden des Kraftwerks aus einer Folge verschiedener Schichten von 38 bis 52 m NGF 0: Pliozänfüllung des Paleo-Rhonetales, grobe Schwemmböden der Rhone, Oberflächenlehme und Aufschüttungen.

■ **Hydrogeologie**

Unterhalb des Kraftwerks von Tricastin fließt das Grundwasser in die Aufschüttungen der Plattform und die bestehenden Schwemmböden der Rhône-Ebene. Diese wasserdurchlässigen Schichten sind 12 bis 14 m stark und ruhen auf nur sehr schwach wasserdurchlässigen Pliozänmergeln.

Chemische Analysen des Grundwassers unterhalb des Kraftwerks bestätigen, dass die meisten Parameter der entnommenen Proben weitestgehend im Einklang mit dem anthropischen Rauschen sind.

Die Tätigkeiten des Kraftwerks haben zu Schadstoffbelastungen des Grundwassers geführt (Ereignisse mit Freisetzungen oder Leitungslecks). Entsprechende behebende Maßnahmen wurden ergriffen. Außerdem sorgen die vorhandenen geotechnischen Einfriedungen für einen zusätzlichen Schutz,

da sie den Ablauf innerhalb der Grundwasserschicht der Talebene unterhalb der Kernreaktorblöcke begrenzt. Innerhalb der Einfriedung sorgt das regelmäßige Abpumpen im südwestlichen Winkel der Einfriedung für einen ständigen Unterdruck in der Grundwasserschicht der Talebene.

Daher konnten keine Überschreitungen der chemischen oder radiologischen Grenzwerte in den außerhalb der geotechnischen Einfriedung des Kraftwerks von Tricastin entnommenen Proben festgestellt werden.

Außerhalb des Kraftwerks wird das Wasser der Talebenen-Grundwasserschicht für den privaten, landwirtschaftlichen, industriellen und Trinkwasserbedarf genutzt.

▪ **Zustand der Böden**

Die Entwicklung des Kraftwerks hat die Topografie und Geologie vor Ort verändert und seine gesamte Fläche an die Betriebsbedürfnisse angepasst. Der Betrieb des Kraftwerks kann zu einer Belastung der Böden mit Kohlenwasserstoffen geführt haben.

Es werden derzeit oder wurden bereits Maßnahmen zur Durchführung zusätzlicher Untersuchungen ergriffen, um zu bestimmen, ob ggf. Verwaltungsschritte zur Begrenzung oder Verhinderung von Umweltschäden implementiert werden sollten.

Im Rahmen dieser Untersuchungen haben die Ergebnisse der chemischen Analysen bestätigt, dass die meisten Parameter der entnommenen Proben weitestgehend im Einklang mit dem anthropischen Rauschen sind.

Für folgende Parametergruppen wurden im Bereich einiger Probebohrungen Konzentrationen über den festgelegten Vergleichswerten (für das Kraftwerk von Tricastin festgelegte Bezugswerte) gemessen: Gesamtkohlenwasserstoffe, Phenole und Naphtalene, Metallspurenelemente, stickstoff- oder phosphathaltige Stoffe, Chlorate. Die meisten dieser Wertüberschreitungen sind begrenzt (eine Probebohrung pro Bereich) und die Bodenproben der unteren Schichten der jeweiligen Probebohrungen haben keine Tiefenanomalien aufgezeigt. Es handelt sich also um lokalisierte, isolierte und sporadische Wertüberschreitungen. Die Ergebnisse haben unterhalb der untersuchten Bereiche keine radiologischen Schadstoffe aufgezeigt.

5.5.4. Radioökologie

In der Nähe des Kraftwerks von Tricastin wurde die Umwelt radioökologischen Untersuchungen unterzogen, um einerseits die wichtigsten Radionukleide zu ermitteln, die in den verschiedenen Matrizen an Land und in den Gewässern vor dem Betrieb des Kraftwerks vorhanden waren, und andererseits langfristig zu bewerten, in welchem Maße die vom Kraftwerk freigesetzten Schadstoffe im Verhältnis zu den anderen ermittelten Quellen zur Einbringung der Radioaktivität in die Umwelt beitragen.

▪ **Ursprung der in der Umwelt vorhandenen Radioaktivität**

Zur Auswertung der Radioaktivitätsmessungen sind die natürlich in der Umwelt erzeugten Radionukleide (kosmischen und tellurischen Ursprungs) von den künstlich bei Kernspaltungs- oder -aktivierungsreaktionen erzeugten (atmosphärische Nuklearversuche, Reaktorunfälle, Freisetzung radioaktiver Schadstoffe aus Industrie und Krankenhäusern) zu unterscheiden.

▪ **Radiologischer Zustand der Umwelt**

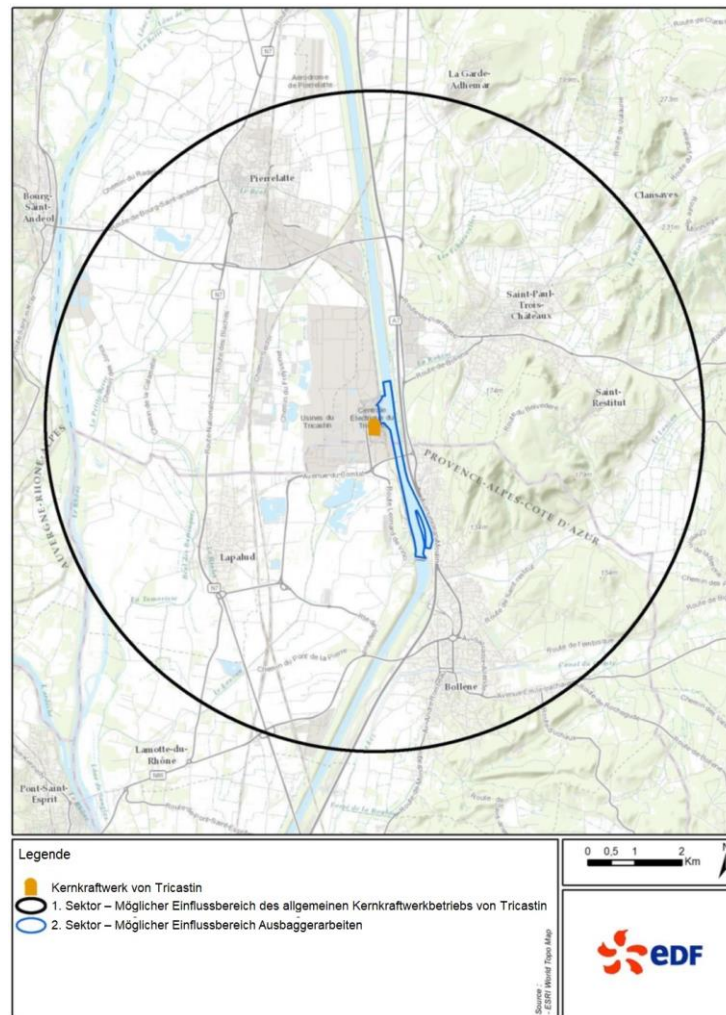
Die Analyse der Ergebnisse der vom Betreiber im Umkreis des Standorts von Tricastin durchgeführten radioökologischen Untersuchungen betont die natürliche Komponente der Radioaktivität, die hauptsächlich von Potassium 40 und Beryllium 7 verursacht wird.

Darüber hinaus stammt die Radioaktivität künstlichen Ursprungs hauptsächlich aus der Remanenz der Niederschläge der atmosphärischen Nuklearversuche, den Unfällen von Tchernobyl und, in geringerem Maße, von Fukushima-Daiichi, den flüssigen radioaktiven Freisetzungen des Kernkraftwerks von Tricastin und den flussaufwärts gelegenen Standorten (Kernkraftwerke von Bugey, Cruas-Meysses, Saint-Alban-Saint-Maurice l'Exil und Marcoule), aber auch aus den Freisetzungen der am Oberlauf der Rhône ansässigen Uhrenindustrie.

5.5.5. Artenvielfalt

Die Analyse der ökologischen Sachverhalte im Umfeld des Kraftwerks von Tricastin wurde wie folgt durchgeführt:

- Zuerst wurden die beachtenswerten Naturgebiete und ökologischen Funktionen in einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk beschrieben;
- Anschließend folgte eine Untersuchung der Auswirkungen in zwei Bereichen innerhalb dieses Umkreises:
 - Der 1. Bereich entspricht dem Einflussbereich des allgemeinen Kraftwerksbetriebs,
 - Der 2. Bereich entspricht dem Einflussbereich, der eher mit den Wartungsmaßnahmen der Bauwerke zur Wasserentnahme (Baggerarbeiten) zusammenhängt.



Umfang der Studienbereiche um das Kraftwerk von Tricastin

■ **Beachtenswerte Naturgebiete**

Folgende beachtenswerte Naturgebiete wurden in einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk von Tricastin erfasst:

- Vier Standorte „Natura 2000“;
- Zwei schützenswerte Naturgebiete (ENS – Espace naturel sensible);
- Ein Grundstück, das vom Conservatoire des Espaces Naturels verwaltet wird;
- 85 Feuchtgebiete;
- Fünfzehn Naturgebiete mit besonderer Bedeutung bezüglich der Umwelt, Fauna und Flora (ZNIEFF – Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique) vom Typ I und acht vom Typ II.

Die sogenannten **Naturgebiete mit besonderer Bedeutung bezüglich der Umwelt, Fauna und Flora (ZNIEFF – Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique)**, entsprechen Bereichen der Region, die aufgrund einer schützenswerten Artenvielfalt eine besondere Bedeutung für die Umwelt aufweisen. Sie sind ein Wissens-Tool hinsichtlich der Naturgebiete.

■ *Große Systeme natürlicher Lebensräume*

Innerhalb des 1. Bereichs liegen hauptsächlich Wälder und landwirtschaftlich genutzte Flächen. Der häufigste natürliche Lebensraum sind supramediterrane, wärmeliebende Eichenwälder, die sich östlich des Kanals von Donzère-Mondragon befinden.

Der 2. Bereich betrifft vor allem die im Wasser verwurzelte Pflanzenwelt des Kanals, deren schützenswerter Lebensraum gewisse Fragestellungen aufwirft. In den stärker xerophilen Zonen (xerophile Brachen, Thymianheiden), den häufigsten Lebensräumen dieses Bereichs, sind die Herausforderungen geringer. Felsige und gestrüppüberwucherte Lebensräume sind weitgehend unproblematisch.

■ *Pflanzenwelt*

Die meisten der im Studienbereich auftretenden Wasser-, Ufer- und Landpflanzen sind häufig bis sehr häufig vertreten und somit Teil der üblichen biologischen Vielfalt. Mehr als hundert schützenswerte Pflanzenarten wachsen und gedeihen potentiell im Studienbereich. Auch invasive Arten wurden im Studienbereich festgestellt, insbesondere 7 Landpflanzenarten.



Wälder mit *Quercus ilex*- und *Quercus rotundifolia*-Bestand



Galeriewälder aus *Salix alba* und *Populus alba*
© Thema environnement, 2016

■ *Tierwelt*

Die meisten Tierarten sind häufig bis sehr häufig vertreten und Teil der üblichen biologischen Vielfalt. Die anhand von Erhebungen vor Ort vervollständigten bibliographischen Daten belegen das Vorhandensein von als „schützenswert“ betrachteten Arten im Studienbereich. Dabei ist jedoch zu beachten, dass der Studienbereich (1. Bereich und 2. Bereich) keine besondere ökologische Problematik aufwirft.



Europäischer Biber (*Castor fiber*)



Französische Keiljungfer (*Gomphus graslinii* Rambur)

© Sylvain Richier – Catiche 2013, und <http://www.naturemp.org/> © Jérôme Calas

■ **Ökologische Funktionen**

Mehrere unterschiedliche Lebensräume liegen in einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk. Die westliche Hälfte des 10 km-Kreises wird hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt. Das Oberflächengewässernetz ist in der Ebene recht engmaschig. Die östliche Hälfte umfasst mehr naturbelassene Höhenlagen. Darüber hinaus ist das Heckenraster in dieser Agrarlandschaft dichter und sorgt für den Anschluss dieser Erhebung an die umliegende Hügellandschaft (einschließlich des Massif d'Uchaux).

Grüne Korridore gewährleisten die Verbindung zwischen den Artenvielfalt-Reservaten und bieten den Arten günstige Bedingungen für ihre Wanderungen und ihren Lebenszyklus.

Das Kraftwerk von Tricastin liegt am Ufer der Rhone in einem vom Mensch geschaffenen und eingefriedeten Landstrich ohne Anschluss an die benachbarten funktionalen **Korridore**. Bei ihren täglichen Strecken umgehen die Tiere bereits den Kraftwerksstandort.

■ **Natura 2.000-Standorte**

Im Gebiet der Studie zur Bewertung der Auswirkungen im Rahmen des Natura 2000-Netzwerks befinden sich vier Natura-2000-Standorte, deren potentielle Einflussbereiche auf Land- und Wasserlebewesen sich überschneiden.

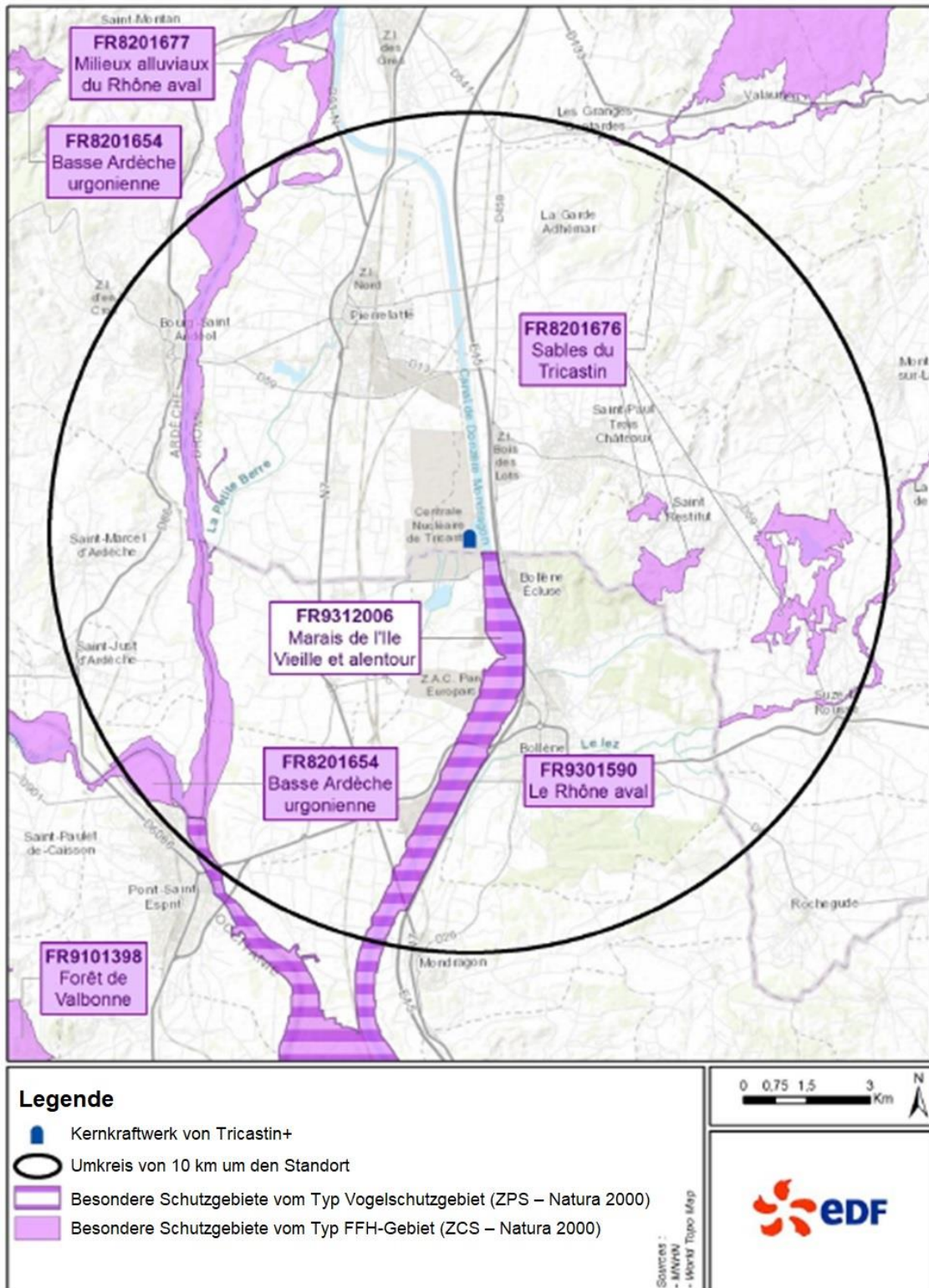
Eines ist ein besonderes Schutzgebiet vom Typ Europäisches Vogelschutzgebiet (ZPS – Zone de protection spéciale) und drei besondere Schutzgebiete vom Typ FFH-Gebiet (ZSC – Zone spéciale de conservation):

- Das ZPS FR9312006 „Sumpflandschaft von île Vieille und Umgebung“;
- Das ZSC FR9301590 „Unterlauf der Rhone“;
- Das ZSC FR8201677 „Schwemmlandlebensräume im Unterlauf der Rhone“;
- Das ZSC FR8201676 „Sandböden von Tricastin“.

Natura 2000 ist ein europäisches Umweltschutznetzwerk aus naturnahen Standorten, die sich durch die Seltenheit oder Empfindlichkeit der Wildtier- oder Wildpflanzenarten und deren Lebensräumen auszeichnen.

Das Netzwerk besteht aus:

- **Besonderen Schutzgebieten vom Typ Europäisches Vogelschutzgebiet** (ZPS – Zones de protection spéciales), die zum Schutz von Wildvogelarten eingerichtet wurden;
- **Besonderen Schutzgebiete vom Typ FFH-Gebiet** (ZSC – Zones spéciales de conservation) zum Schutz der naturnahen Gebiete und der schützenswerten Fauna und Flora



Die in einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk von Tricastin erfassten „Natura 2000“-Gebiete

5.5.6. Bevölkerung und deren Gesundheit

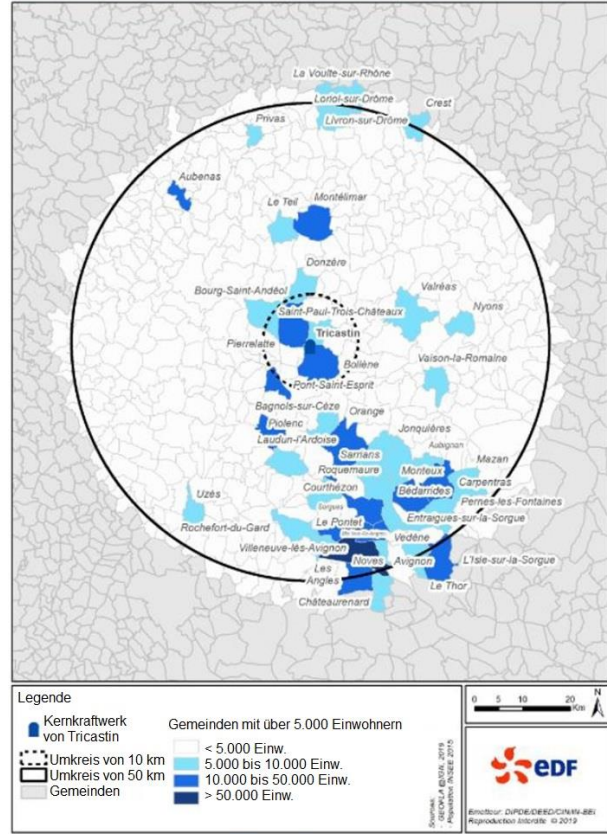
Bevölkerung

Die Erweiterung des Studienumfangs auf 50 km soll die Verteilung der Bevölkerung im Umfeld des Kraftwerks von Tricastin beschreiben, wohingegen der lokale Studienumfang von 10 km der Ermittlung von bedeutsamen Bevölkerungsgruppen dient. In einem Umkreis von 50 km beträgt die durchschnittliche Bevölkerungsdichte ca. 114 Einwohner/km², in einem Umkreis von 10 km jedoch 154 Einwohner/km².

Somit entspricht die Bevölkerungsdichte in einem Umkreis von 50 km annähernd dem französischen Durchschnitt (ca. 120 Einwohner/km² im Jahr 2020; unter Ausschluss der Überseegebiete). Im Umkreis von 10 km ist sie jedoch erheblich höher.

Die größten Gemeinden in einem Umkreis von 50 km sind Avignon (92.130 Einwohner), Montélimar (38.397 Einwohner) und Orange (29.561 Einwohner). Innerhalb des begrenzten Studienbereichs (10 km) sind Bollène (13.617 Einwohner) und Pierrelatte (13.105 Einwohner) die wichtigsten Gemeinden.

Die an nächsten gelegenen Wohnstätten befinden sich ca. 350 m südöstlich der Kraftwerksgrenze. Die nächstgelegenen gefährdeten Bevölkerungsgruppen (Schulen, Kindertagesstätten, Krankenhäuser und Altenheime) liegen ca. 1 km südöstlich des Kraftwerks.



Gemeinden mit mehr als 5.000 Einwohnern im Umkreis von 50 km um das Kraftwerk von Tricastin, 2020

Lärm- und Lichtbelastung

2015 wurde am Standort von Tricastin eine Akustikmesskampagne durchgeführt. Die Lärmpegel des Standorts liegen innerhalb der in den Vorschriften festgelegten Zielwerte.

Die Lichtemissionen im Umkreis des Kraftwerks von Tricastin werden hauptsächlich von der Straßenbeleuchtung der Gemeinden Bollène und Pierrelatte, sowie von der Beleuchtung der Industrieanlagen im Umfeld des Kraftwerks verursacht.

5.5.7. Menschliche Aktivitäten

Flächennutzung

Die Flächen in einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk von Tricastin entsprechen drei Nutzungstypen: Landwirtschaftlich genutzte Flächen (64 % des Studienbereichs), Wälder (23 % des Studienbereichs) und schließlich verbaute Flächen (hauptsächlich lockere Besiedlungsgebiete sowie Industrie- und Gewerbegebiete: 11 % des Studienbereichs).

Landschaft und Kulturerbe

Die Landschaft im Umfeld des Kraftwerks (in einem Umkreis von 10 km) besteht aus acht Landschaftskomplexen. Diese Landschaftskomplexe bestehen hauptsächlich entweder aus nicht bewässertem Ackerland, oder aus komplexen Anbau- und Parzellensystemen, landwirtschaftlich genutzten Flächen, Waldflächen, verbauten Flächen oder Oberflächengewässern.

In einem Umkreis von 10 km wurden vier unter Denkmalschutz stehende Standorte und fünf registrierte Standorte, sowie ca. sechzig historische Sehenswürdigkeiten erfasst, die in künstlerischer, historischer, wissenschaftlicher, geschichtlicher oder pittoresker Hinsicht interessant sind. Keine der Gemeinden in einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk von Tricastin besitzt archäologische Sehenswürdigkeiten.

Die folgenden vier unter Denkmalschutz stehende Standorte wurden in einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk von Tricastin erfasst:

- Der „Hameau du Barry“ in Bollène, ca. 2 km südöstlich des Kraftwerks;
- Der „Rocher de Pierrelatte“, ca. 4 km nordwestlich des Kraftwerks;
- Der „Pierre à sacrifices“, ca. 5 km nordwestlich des Kraftwerks;
- Die „Fontaines de Tourne“, ca. 5 km nordwestlich des Kraftwerks.

Die folgenden fünf registrierten Standorte wurden in einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk von Tricastin erfasst:

- Der gesamte Weiler des „Hameau du Barry“ in Bollène (nächstgelegener registrierter Standort, ca. 2 km südöstlich des Kraftwerks);
- Der Standort der Ruinen der Tour Bauzon und der Kapelle Saint-Blaise;
- Das Schloss von Suze-la-Rousse und sein Umfeld;
- Die Ruinen von Mondragon und ihr Umfeld;
- Das Dorf von Garde-Adhémar.

■ **Wassernutzung**

Das in den im Umkreis von 10 km um das Kraftwerk von Tricastin gelegenen Gemeinden entnommene Wasser dient drei Nutzungszwecken:

- Trinkwasser: Die erste Quelle im Abstrom des Kraftwerks von Tricastin liegt in der Gemeinde Bollène, ca. 600 m unterhalb des Kraftwerks. Hier wird Grundwasser entnommen.
- Industrierwasser: Die erste Quelle im Abstrom des Kraftwerks von Tricastin liegt in der Gemeinde Bollène, ca. 5 km unterhalb des Kraftwerks.
- Bewässerungswasser: Der erste Entnahmepunkt liegt im Abstrom des Kraftwerks von Tricastin in einer Entfernung von ca. 5 km in der Gemeinde Bollène. Hier wird Rhonewasser entnommen.

■ **Infrastrukturen und Kommunikationswege**

Die beiden Straßenverkehrsachsen Lyon – Marseille (Hauptverkehrsachsen) sind die Autobahn A7 (durchschnittlich 72.463 Fahrzeuge/Tag) und die Nationalstraße N7 (durchschnittlich 10.734 Fahrzeuge/Tag). Beide liegen im Osten des Kraftwerks von Tricastin (die A7 in einer Entfernung von ca. 500 m und die N7 von ca. 3 km).

Vier Bahnlinien (Güter- und Fahrgästart) verlaufen im Umfeld des Kraftwerks von Tricastin. Sie liegen mehr als 1 km westlich des Kraftwerks.

Ein öffentlicher Flughafen liegt 8 km nördlich des Kraftwerks.

Das Kraftwerk von Tricastin liegt am Ufer des Kanals von Donzère-Mondragon und fast 5 km östlich der Rhone. Die Rhone ist die einzige Wasserstraße des Départements Drôme.

■ **Industrieumfeld**

Das Kraftwerk von Tricastin liegt, zusammen mit weiteren Nuklearanlagen, in einem Industriegebiet. Hier sind insbesondere die folgenden Industriezweige im unmittelbaren Umfeld des Kraftwerks angesiedelt:

- Die „Base Chaude Opérationnelle du Tricastin“ (BCOT) der EDF-Unternehmensgruppe, aus der die INB Nr. 157 besteht: Diese Anlage wurde im Sommer 2020 stillgelegt und rückgebaut. Sie diente zur Wartung und Lagerung der im Kernkraftwerk verwendeten Mittel und Vorrichtungen.
- Vier Filialen der Orano-Unternehmensgruppe (Orano Cycle, EURODIF Production, SET und SOCATRI), die auf die Umwandlung und Anreicherung von Uran spezialisiert sind, die acht INB entsprechen (INB Nr. 105, 93, 168, 155, 138, 176, 178 und 179).
- Das „Centre d'études de la vallée du Rhône“ des CEA (CEA Valrho): Dieser Standort des „Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives“ (CEA) dient der Forschung hinsichtlich der Anreicherung von Uran.

In einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk von Tricastin liegen unter anderem ca. vierzig umweltkritische Anlagen (ICPE – Installation Classée pour la Protection de l'Environnement), darunter einige der Klasse **SEVESO** mit hohem Risiko oder geringem Risiko.

Seit 2015 fordert die Seveso 3-Richtlinie 2012/18/EU vom 4. Juli 2012 von den Mitgliedstaaten der Europäischen Union die Kennzeichnung sogenannter „SEVESO-Industriestandorte“ mit Gefahrenpotential für schwere Unfälle sowie die Einrichtung umfassender Vorbeugungsmaßnahmen zu ihrem Schutz.

■ **Freizeitanlagen und -aktivitäten**

Um das Kraftwerk von Tricastin herum sind die Jagd und der Angelsport zugelassen. Alle Wildarten werden bejagt. Mehrere Fischarten dürfen geangelt werden, mit Ausnahme von Silberaalen, die ganzjährig geschützt sind.

Die Region um das Kraftwerk von Tricastin bietet auch kulturelle und touristische Aktivitäten (Museen, Besichtigungen historischer Sehenswürdigkeiten). Zu den möglichen Sportarten unter freiem Himmel gehören der Wassersport (Kanu/Kayak), Klettern, Wandern, VTT, Reiten oder auch Bogenschießen. Innerhalb des Umkreises von 10 km um das Kraftwerk von Tricastin liegen zwei Badestrände: Der Badesee von Girardes, ca. 2,5 km südwestlich des Kraftwerks in der Gemeinde Lapalud und der See von Pignedoré in der Gemeinde Pierrelatte, ca. 6 km nordwestlich des Kraftwerks.

■ **Energieverbrauch**

2024 hat das Kernkraftwerk von Tricastin 21,64 TWh CO₂-armen Strom erzeugt. Die jährliche Stromerzeugung des Kraftwerks von Tricastin deckt auch seinen Eigenbedarf, der ca. 1 TWh beträgt.

5.6. Wechselbeziehungen des Kraftwerks von Tricastin mit der Umwelt

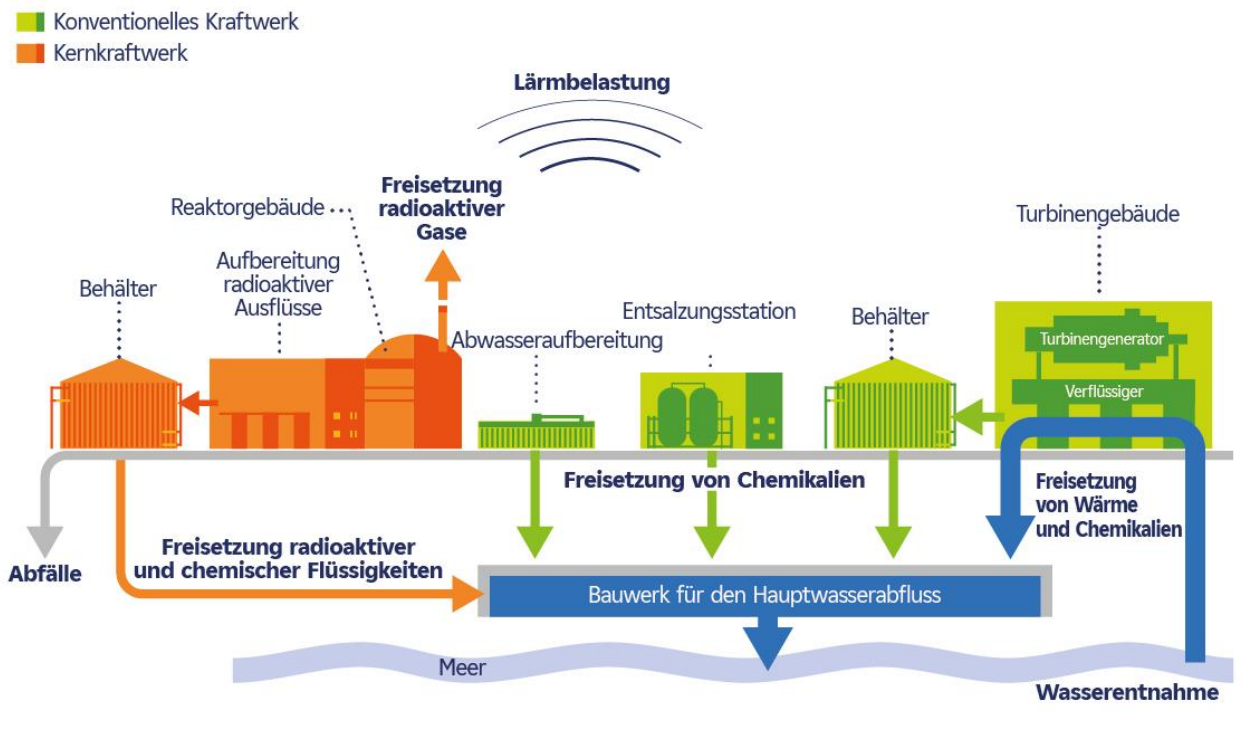
Der Unterabschnitt 5.6 beschreibt die Wechselbeziehungen des Betriebs des Kraftwerks von Tricastin mit der Umwelt zum aktuellen Zeitpunkt und für die kommenden 10 Jahre. Diese Wechselbeziehungen werden in der nachfolgenden Abbildung grafisch dargestellt.

Der Ausgangspunkt dieser Wechselbeziehungen und ihre Eigenschaften werden in den Unterabschnitten 5.6.1 bis 5.7.8 beschrieben.

Der Unterabschnitt 5.6.10 erläutert die Entwicklung dieser Wechselbeziehungen in den kommenden 10 Jahren.

DARSTELLUNG DER AUSWIRKUNGEN NACH ANLAGENBEREICHEN

Kalte Quelle im "offenen" Kreislauf



5.6.1. Wasserentnahme und -verbrauch

Um seinen Wasserbedarf zu decken nutzt das Kraftwerk von Tricastin drei unterschiedliche Quellen, nämlich Oberflächengewässer, Grundwasser und Trinkwasser.

- Das Grundwasser wird hauptsächlich entnommen, um den Pegel des vom Kanal de Donzère-Mondragon gespeisten standortinternen Grundwassers zu senken, und, in geringerem Maße, zum Zweck verschiedener interner Vorgänge (Wartung der Anlagen der letzten Wasserquelle, Beregnung der Grünflächen).
- Das Trinkwasser aus dem Trinkwassernetz der Gemeinde Bollène dient den üblichen Zwecken (Catering, Getränke, Sanitäranlagen).

- Das Wasser aus den Oberflächengewässern wird aus dem Kanal von Donzère-Mondragon entnommen und vor allem zur Kühlung der Verflüssiger der Turbogeneratorsätze und Hilfskreise verwendet. Das Kühlsystem des Kraftwerks von Tricastin ist ein „offener Kreislauf“ dessen gesamtes, zur Kühlung entnommenes Rohwasser in die Oberflächengewässer zurückgeleitet wird. Das Rohwasser deckt auch den Industriewasserbedarf, hauptsächlich zur Erzeugung von vollentsalztem Wasser. Die für den Industriewasserverbrauch entnommenen Mengen liegen bei durchschnittlich 560.000 m³/Jahr.
- Die Grenzwerte für die Wasserentnahme werden durch Vorschriften der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz) festgelegt. Diese Grenzwerte sind Höchstwerte, die nicht überschritten werden dürfen und auch im Falle einiger Betriebsstörungen den normalen Betrieb des Kraftwerks gewährleisten sollen, ohne dabei den Umweltschutz zu beeinträchtigen.

Die **Entsalzungsstation** erzeugt das vollentsalzte Wasser, das für die Primär- und Sekundärkreise des Kraftwerks erforderlich ist.



Entsalzungsstation des Kraftwerks von Tricastin

Die tatsächlich vorgenommenen Entnahmen liegen unter den vorgeschriebenen Grenzwerten (Beschluss 2008-DC-0101⁹).

Die folgende Tabelle zeigt die Grenzwerte der jährlichen Wasserentnahme im Kanal de Donzère-Mondragon und im Grundwasser sowie die Entnahmebilanz über zehn Jahre.

Für die kommenden zehn Jahre sind keine Änderungen der Wasserentnahmen vorgesehen und es steht kein Antrag zur Änderung der unten aufgeführten vorgeschriebenen Grenzwerte an.

Entnahmekategorie	Nutzung	Maximales Volumen	
		Vorgeschriebener Grenzwert	Jährliches Durchschnittsvolumen 2013 – 2022
Kanal von Donzère-Mondragon	Kühlwasser, Rohwasser für den Industriebedarf	6.060.000.000 m ³	4.737.958.723 m ³
Grundwasser	Beregnung der Grünanlagen, Absenkung des Grundwasserspiegels, Probeläufe und Wartungsmaßnahmen an den Pumpenanlagen der letzten Wasserquelle	454.080 m ³	153.476 m ³

Vorgeschriebene Grenzwerte und Wasserentnahmebilanz am Kraftwerk von Tricastin

⁹ Beschluss Nr. 2008-DC-0101 der Autorité de sûreté nucléaire vom 13. Mai 2008, der die Vorgaben hinsichtlich der Modalitäten zur Entnahme und zum Verbrauch des Wassers und zur Freisetzung in die Umwelt der flüssigen und gasförmigen Ausflüsse der von Électricité de France (EDF-SA) in der Gemeinde Saint-Paul-Trois-Châteaux (Département Drôme) betriebenen, grundlegenden Nuklearanlagen Nr. 87 und Nr. 88 festlegt.

5.6.2. Freisetzung flüssiger und gasförmiger radioaktiver Schadstoffe

Im Kernreaktor bilden sich radioaktive Stoffe (Radionuklide), von denen ein winziger Bruchteil in die Ausflüsse gerät.

Diese Ausflüsse werden selektiv gesammelt und geeigneten Aufbereitungs- bzw. Lagersystemen zugeführt, bevor sie in flüssiger Form über den Abflusskanal an zwei Ufereinleitungspunkten in den Kanal von Donzère-Mondragon geleitet oder als Gas über die Schornsteine der Hilfsnuklearanlagegebäude in die Atmosphäre freigesetzt werden.



© EDF

Schornstein eines Hilfsnuklearanlagegebäudes des Kraftwerks

Das Kraftwerk setzt Radionuklide fünf verschiedener Kategorien frei:

- Radiokohlenstoff C^{14} entsteht hauptsächlich durch die **Neutronenaktivierung** von Sauerstoff-17 und Stickstoff-14 aus dem Primärkreiswasser und von Sauerstoff-17 aus den Brennelementen. Nur ein geringer Anteil des Radiokohlenstoffs C^{14} gelangt in die freigesetzten flüssigen Ausflüssen; der Hauptanteil wird von den Aufbereitungssystemen ausgefiltert. Der als Gas ausgestoßene Radiokohlenstoff C^{14} stammt hauptsächlich aus dem Entgasen des Primärkreiswassers.
- Tritium wird durch Spaltung in den Brennstäben und Aktivierung der Aufbereitungsprodukte (Bor und Lithium) erzeugt. Das in den Brennstäben gebildete Tritium bleibt dort fast vollständig eingeschlossen. Das in den flüssigen und gasförmigen Ausflüssen vorhandene Tritium entstammt der Aktivierung. Aufgrund seiner geringen Aktivitätskonzentration sind derzeit keine industriellen Methoden verfügbar, die auf technisch und wirtschaftlich tragbare Weise in der Lage wären, es aus diesen Ausflüssen zu beseitigen. Da seine radiologische Wirkung gering ist, wird das im Rahmen der Energieerzeugung entstehende Tritium in die Umwelt freigesetzt.
- Jode entstehen bei der Uranspaltung. Sie verbleiben größtenteils in der Brennelementhülle. Dennoch kann bei Undichtigkeiten der Brennelementhüllen eine geringe Menge in das Primärkreiswasser und so in die Ausflüsse gelangen. Die in den flüssigen radioaktiven Ausflüssen enthaltenen Jode werden durch die Ausflussaufbereitungssysteme effizient ausgefiltert. Sie haben kurze Halbwertszeiten und verschwinden bald.
- Die sonstigen Spaltungs- oder Aktivierungsprodukte („sonstige PF/PA“) bezeichnen Radionuklide wie Cesium 134 und 137, die fast vollständig in den Brennelementen verbleiben. Dennoch kann bei Undichtigkeiten der Brennelementhüllen eine geringe Menge in das Primärkreiswasser und anschließend in die Ausflüsse gelangen. Diese sonstigen Aktivierungsprodukte umfassen insbesondere Kobalt 58 und 60, Mangan 54, Antimon 124 und metastabiles Silber 110. Diese „sonstigen Spaltungs- oder Aktivierungsprodukte“, die als Aerosole in den atmosphärischen Ausflüssen vorhanden sind, werden durch radioaktiven Abbau in Lagerbehältern aufbereitet bzw. in Jobabscheidern (Aktivkohle) und Hochleistungsfiltern ausgefiltert. In den flüssigen Ausflüssen werden

Die **Neutronenaktivierung** ist der Vorgang, der eines oder mehrere der Elemente eines Stoffs durch Bestrahlung mit einem Neutronenfluss radioaktiv macht.

Die Grenzwerte für die Freisetzung radioaktiver Ausflüsse im Kraftwerk von Tricastin werden von der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz) (Beschluss Nr. 2008-DC-0102¹⁰) vorgeschrieben.

¹⁰ Beschluss Nr. 2008-DC-0102 der Autorité de sûreté nucléaire vom 13. Mai 2008, der die Grenzwerte hinsichtlich der Freisetzung in die Umwelt der flüssigen und gasförmigen Ausflüsse der von Électricité de France (EDF-SA) in der Gemeinde Saint-Paul-Trois-Châteaux (Département Drôme) betriebenen, grundlegenden Nuklearanlagen Nr. 87 und Nr. 88 festlegt.

die sonstigen Spaltungs- oder Aktivierungsprodukte weitgehend von den Aufbereitungssystemen (Filter oder Harze) des kontinuierlichen Primärkreiswasserdekontaminationsystems und des Ausflusssaufbereitungssystems abgefangen.

- Die in den in die Atmosphäre freigesetzten radioaktiven Ausflüssen vorhandenen Edelgase entstehen bei der Spaltung. Sie verbleiben größtenteils in der Brennelementhülle. Dennoch kann bei Undichtigkeiten der Brennelementhüllen eine geringe Menge in das Primärkreiswasser und so in die atmosphärischen Ausflüsse gelangen. Diese Ausflüsse werden nach radioaktivem Abbau in Lagerbehältern in die Atmosphäre freigesetzt.

↙ FREISETZUNGSGRENZWERTE UND TATSÄCHLICHE FREISETZUNGEN

Die Freisetzungsgrenzwerte werden so festgelegt, dass die Auswirkungen der Freisetzungen auf die Umwelt auf der Grundlage der besten, derzeit verfügbaren Techniken unter annehmbaren technischen und wirtschaftlichen Bedingungen akzeptabel sind, wobei die Eigenschaften der Anlage, ihre geografische Lage und die lokalen Umweltbedingungen zu berücksichtigen sind. Sie sind Höchstwerte, die nicht überschritten werden dürfen. Außerdem erstellt der Betreiber jedes Jahr eine hinsichtlich der programmierten Maßnahmen optimierte Freisetzungsprognose und prüft, inwiefern die tatsächlichen Freisetzungen mit diesen Leistungszielen vereinbar sind. Er ermittelt daraus die Erfahrungswerte für die kontinuierliche Verbesserung.

Die auf der Grundlage der vorgeschriebenen Grenzwerte¹¹ vorgenommene Bewertung der Auswirkungen der freigesetzten Schadstoffe gilt als Referenzwert für die tatsächlichen Schadstofffreisetzungen des Standorts.

Die für den Betrieb des Kernkraftwerks von Tricastin prognostizierten Schadstofffreisetzungen für die kommenden zehn Jahre liegen in der gleichen Größenordnung wie die der vergangenen zehn Jahre und auf jeden Fall unter den Freisetzungsgrenzwerten.

Die folgenden Tabellen beschreiben die Ableitungsbilanz radioaktiver Stoffe, die vom Kernkraftwerk von Tricastin während eines Zeitraums von 10 Jahren freigesetzt werden (durchschnittliche Schadstofffreisetzungen von 2013 bis 2022).

- Ableitungsbilanz flüssiger radioaktiver Stoffe von 2013 bis 2022

	Jährliche Grenzwerte (GBq/Jahr)	Durchschnittliche, jährlich freigesetzte Radioaktivität GBq/Jahr
Tritium	90.000	43.609
Radiokohlenstoff C ¹⁴	260	46,6
Jod	0,6	0,0223
Sonstige Spaltungs- und Aktivierungsprodukte	60	0,9174

¹¹Die Ausflussfreisetzungen des Kraftwerks von Tricastin unterliegen für die kommenden Jahre dem Beschluss Nr. 2023-DC-0762 der Autorité de sûreté nucléaire vom 6. Juni 2023 zur Änderung des Beschlusses Nr. 2008-DC-0102 der Autorité de sûreté nucléaire vom 13. Mai 2008, der die Grenzwerte hinsichtlich der Freisetzung in die Umwelt der flüssigen und gasförmigen Ausflüsse der von Électricité de France (EDF-SA) in der Gemeinde Saint-Paul-Trois-Châteaux (Département Drôme) betriebenen, grundlegenden Nuklearanlagen Nr. 87 und Nr. 88 festlegt. Diese Grenzwerte gelten jedoch nicht für Freisetzungen während des Bezugszeitraums 2013-2022, die dem Beschluss Nr. 2008-DC-0102 unterlagen.

- Ableitungsbilanz gasförmiger radioaktiver Stoffe von 2013 bis 2022

	Jährliche Grenzwerte (GBq/Jahr)	Durchschnittliche, jährlich freigesetzte Radioaktivität GBq/Jahr
Tritium	8.000	1.313
Radiokohlenstoff C ¹⁴	2.200	494,5
Edelgase	72.000	2748
Jod	1,6	0,042
Sonstige Spaltungs- und Aktivierungsprodukte	1,6	0,0031

5.6.3. Freisetzung flüssiger und gasförmiger chemischer Schadstoffe

Der Betrieb eines Atomstromkraftwerks erfordert die Verwendung von Chemikalien und verursacht die Freisetzung von flüssigen chemischen Schadstoffen (aus Substanzen zur Aufbereitung der Leitungssysteme, der Entsalzungsanlage und der Abwasseraufbereitungsanlage) sowie, in geringerem Maße, Freisetzungen in die Atmosphäre (aus dem Betrieb der Leitungssysteme und Anlagen).

In den sogenannten „offenen“ Kühlkreisen wie die von Tricastin sind **Aufbereitungsmaßnahmen erforderlich**, um das Risiko einer Freisetzung pathogener Mikroorganismen durch vorbeugende Wartung der Leitungssysteme und **Biozidbehandlungen** mittels Natriumhypochloriteinspritzung zu begrenzen.

■ Flüssige Chemikalienausflüsse

Flüssige Chemikalienausflüsse aus den Primär- und Sekundärkreisen werden selektiv und nach Ursprung und Zusammensetzung gesammelt und kontrolliert, bevor sie in die Umwelt freigesetzt werden.

In flüssigem Zustand werden hauptsächlich die folgenden Chemikalien freigesetzt:

- Borsäure und Lithin, die für die Aufbereitung des Primärkreises verwendet werden, um sowohl die Kernreaktion zu steuern als auch die Korrosion der Werkstoffe zu begrenzen;
- Hydrazinhydrat, das während der Hochlaufphase verwendet wird, um den Sauerstoff aus dem Primärkreiswasser zu beseitigen und im Sekundärkreis einen reduzierten Zustand zu gewährleisten sowie die Korrosion zu begrenzen;
- Morpholin, Ethanolamin und Ammoniak, die bei der Aufbereitung des Sekundärkreises eingesetzt werden, um die Korrosion zu begrenzen;
- Natrium, Chloride, Ammonium, Nitrate, Nitrite, auf Aktivkohle adsorbierbare Organohalogene, Gesamtrestchlor und Sulfate aus den Biozid- und Kesselsteinbehandlungen der Kühlsysteme;
- Metalle aus den in marktüblichen Chemikalien vorhandenen Verunreinigungen und aus der Korrosion der Leitungssysteme (Aluminium, Chrom, Kupfer, Eisen, Mangan, Nickel, Blei, Zink);
- Trinatriumphosphat aus der Aufbereitung der Zwischenkühlkreise;
- Marktübliche Laugen ohne Phosphate und chelatbildende Produkte wie EDTA, die bei einigen gängigen Betriebsvorgängen, z. B. dem Waschen der in radioaktiven Bereichen benutzten Arbeitskleidung verwendet werden;
- Eisen, Natrium, Chloride, Sulfate, oxidierbare Stoffe (Messung durch den chemischen Sauerstoffbedarf (DCO – Demande chimique en oxygène)) und Schwebstoffe (MES – Matières en suspension) aus der Entsalzungsstation.

Wie bei den radioaktiven Schadstoffen gelten auch für die Freisetzung von chemischen Schadstoffen Höchstwerte, um ihre Auswirkungen auf die Umwelt auf der Grundlage der besten, derzeit verfügbaren Techniken für den Betrieb des Kraftwerks in zumutbaren Grenzen zu halten. Die auf der Grundlage dieser Höchstwerte vorgenommene Bewertung der Auswirkungen der freigesetzten Schadstoffe gilt als Referenzwert für die tatsächlichen Schadstofffreisetzungen des Kraftwerks.

Die zukünftigen Schadstofffreisetzungen sollte in der gleichen Größenordnung liegen, wie in der Vergangenheit, aber auf jeden Fall unter den Freisetzungsgrenzwerten. Die Ergebnisse der Bewertung der Auswirkungen der Freisetzungen, die in diesem Dokument beschrieben werden, gelten somit für die kommenden zehn Jahre.

Die folgende Tabelle zeigt die Freisetzungshöchstwerte (aus den aktuell gültigen Grenzwertbeschlüssen und Modalitäten, die von der ASNR festgelegt oder auf der Grundlage zusätzlicher Beschreibungen aus REX- oder Entwicklungsdaten ermittelt wurden) sowie eine Schadstoffbilanz der vergangenen kritischen Chemikalienfreisetzungen über einen Zeitraum von 10 Jahren

Stoff	Jahresfluss (kg)	
	Freisetzungshöchstwerte	Freigesetzte Menge (Durchschnitt 2013-2022)
Borsäure	17.700 24.200 ¹²	10.042
Gesamtstickstoff	7.600	2.685
Ethanolamin	1.280	37,3 (2014 – 2022) ¹³
Hydrazin	50 ¹⁴	2,701
Morpholin	1.185	877 (2010 – 2014) ¹⁵
Phosphate	1.250	176

■ In die Atmosphäre freigesetzte Chemikalienausflüsse

In die Atmosphäre werden hauptsächlich die folgenden Chemikalien freigesetzt:

- Abgase aus den Hilfsverbrennungsanlagen (Schwefel- und Stickoxid);
- Formol- und Kohlenmonoxiddämpfe, die von den neuen Wärmeisolierungen während der ersten Temperaturanstiege freigesetzt werden;
- Vom Bypass-System des Verflüssigers erzeugte Ammoniakausflüsse aus Freisetzungen in die Atmosphäre und aus der Wärmezersetzung des Hydrazins aus der Dampferzeuger-Konservierungslösung während der Wiederanlaufphase des Kernreaktors;
- Morpholin- und Ethanolaminausflüsse;
- Ammoniak aus dem Abführungssystem der nicht kondensierbaren Stoffe im Sekundärkreis während der

12 Beim vollständigen oder teilweisen Ablassen eines Borsäurebehälters.

13 Seit April 2014 wird der Sekundärkreis des Kernkraftwerks von Tricastin mit Ethanolamin aufbereitet. Davor wurde zu diesem Zweck Morpholin verwendet. Ethanolamin setzt das Kraftwerk somit erst seit 2014 frei.

14 Seit dem 01.01.2009

15 Bis April 2014 wurde der Sekundärkreis des Kernkraftwerks von Tricastin mit Morpholin aufbereitet. Seit Mai 2014 erfolgt die Aufbereitung des Sekundärkreises mit Ethanolamin. Daher wurden 2015 keine Morpholinfreisetzungen für das Kraftwerk aufgezeichnet. Die Überwachung der Morpholinausflüsse wurde 2016 aufgegeben, in Übereinstimmung mit dem Beschluss Nr. 2008-DC-0101 der Autorité de Sûreté Nucléaire.

Aufrechterhaltung des Unterdrucks im Verflüssiger, das durch den Schornstein des Hilfsnuklearanlagegebäudes freigesetzt wird;

- Abgase der Baumaschinen und Lkw zum Abtransport der Abfälle und Waren- oder Materialtransporten (An- und Auslieferungen). Aufgrund der Verkehrsbegrenzungen am Standort und der Überwachung ihrer Wartung sind die jährlichen Abgasmengen gering;
- Atmosphärische Hydrazinfreisetzungen aus den Lüftungsventilen der Hydrazinhydratbehälter; diese Ausflüsse sind ebenfalls sehr gering;
- Atmosphärische Schwefelsäurefreisetzungen aus den Lüftungsventilen der Entsalzungsanlagen, die jedoch vernachlässigbar sind;
- Atmosphärische Staubfreisetzungen aus den Werkstätten, die ebenfalls vernachlässigbar sind.

5.6.4. Wärmeemissionen

In einem Kernkraftwerk wird etwa ein Drittel der vom Reaktor erzeugten Wärmeenergie nach dem thermodynamischen Prinzip von Carnot in elektrische Energie umgewandelt. Der Rest, ca. zwei Drittel, wird als Wärme über den Verflüssiger an eine kalte Quelle übertragen, bei der es sich entweder um ein Gewässer (kalte Quelle im „offenen“ Kreislauf) oder um die Atmosphäre (über Kühltürme, kalte Quelle im „geschlossenen“ Kreislauf) handeln kann. Somit wird Wärme in die Umwelt freigesetzt.

Die Kühlung der Verflüssiger des Kraftwerks von Tricastin erfolgt in einem „offenen Kühlkreis“: Das Kühlwasser wird aus den Zulaufkanal entnommen und zum Abschluss vollumfänglich wieder in den Ablaufkanal zurückgeführt.

Die vom Kraftwerk nach dem Mischvorgang verursachte Erwärmung beträgt im Durchschnitt 1,58 °C für den Zeitraum von 2013 bis 2022 bei einem gemessenen Höchstwert von 5,5 °C. Die flussabwärts nach dem Mischen erreichte Durchschnittstemperatur beträgt 16 °C für den Zeitraum von 2013 bis 2022, mit einem gemessenen Höchstwert von 27,9 °C.

Wärmeemissionen unterliegen den Vorschriften, die die Erwärmung des Wassers nach dem Mischen und Einleiten in den Kanal von Donzère-Mondragon begrenzen und eine flussabwärts nach dem Mischen berechnete durchschnittliche Tagestemperatur festlegen.

Grenzwerte der Wärmeemissionen des Kraftwerks von Tricastin

	Erwärmung flussaufwärts / flussabwärts, berechnet nach dem Mischen (°C)	Flussabwärts nach dem Mischen berechnete Temperatur (°C)
Grenzwert bei normalen Klimabedingungen	4 °C (6 °C bei einem Durchfluss von weniger als 480 m³/s im Kanal)	28 °C
Grenzwert bei außergewöhnlichen Klimabedingungen*	3 °C	29 °C

5.6.5. Sedimente-Management im Zusammenhang mit den Wartungsmaßnahmen am Zulaufkanal

Der Kanal von Donzère-Mondragon geht in einen Zulaufkanal zur Wasserentnahme durch das Kraftwerk über, um die für den Betrieb des Kraftwerks von Tricastin und hauptsächlich für das Kühlsystem erforderliche Rohwasserversorgung sicherzustellen.

Entwicklung, Betrieb, Wartung und Überwachung des Zulaufkanals sollen die vorschriftsmäßigen (nuklearen Sicherheits-)Bedingungen für die Kühlwasserversorgung des Kraftwerks gewährleisten. Diese Bedingungen sind nicht nur für den ordnungsgemäßen Betrieb der Reaktoren, sondern auch für die nukleare Sicherheit der Anlagen erforderlich.

Natürliche Sedimentablagerungen aus dem Kanal von Donzère-Mondragon können den Durchfluss im Zulaufkanal und somit auch den ordnungsgemäßen Betrieb der Wärmetauscher zur Kühlung bestimmter Backup-Anlagen beeinträchtigen. Um dem vorzubeugen wird der Zulaufkanal regelmäßig ausgebaggert.

Die ausgebaggerten Sedimente werden in der Mitte des Kanals von Donzère-Mondragon verklappt, damit sie nicht an die Ufer (wichtigster Lebensbereich von Jungfischen) geschwemmt oder an den tiefen Stellen abgelagert werden. Auf diese Weise wird die Schlammung beschleunigt und der Umfang der Schwebstoffwolke (MES) verringert.







5.6.6. Abfallerzeugung

Der Betrieb des Kraftwerks von Tricastin erzeugt radioaktive und konventionelle Abfälle.

Die **radioaktiven Abfälle** entstammen insbesondere der Aufbereitung radioaktiver Ausflüsse (Filter, Aktivkohle, Verdampfungskonzentrate, Ionenaustauscherharze, Schlamm...), normalen Wartungsmaßnahmen (radioaktive Ausschussteile aus der Mechanik, Stoffabfälle...), Wartungsmaßnahmen an den Brennelementen (Bündel, Stabhüllen, Brennelementgestelle...).

Die **konventionellen Abfälle** sind Abfälle, die in den Bereichen ohne radioaktive Stoffe erzeugt werden. Sie bestehen aus inerten Abfällen (Schutt, Erde...), ungefährlichen Abfällen (Holz, Verpackungen, Papier, Karton, Glas, Kunststoff, Metalle...) und gefährlichen Abfällen (Lacke, Kohlenwasserstoffabfälle, Asbest...).

Kategorien radioaktiver Abfälle und zugehörige Sektoren für das Abfallmanagement

Radioaktivität**	Halbzeitwert*	Sehr kurzer Halbzeitwert (VTC) (Zeitraum < 100 Tage)	Hauptsächlich kurzer Halbzeitwert (VC) (Zeitraum ≤ 31 Jahre)	Hauptsächlich langer Halbzeitwert (VL) (Zeitraum > 31 Jahre)
Sehr schwach radioaktiv (TFA) < 100 Bq/g			 Oberflächenlagerung (CIRES – Industriestandort zum Sammeln, Zwischenlagern und Lagern)	
Schwach radioaktiv (FA) von einigen Hundert Bq/g bis eine Million Bq/g	 Management durch Zerfall der Radioaktivität		 Oberflächenlagerung (Lagerstandort Centre de l'Aube and Centre de la Manche)	 Lagerung in geringer Tiefe, Studienphase
Mäßig radioaktiv (MA) von einer Million Bq/g bis eine Milliarde Bq/g				 Geologische Tiefenlagerung, Projektphase (Cigéo)
Stark radioaktiv (HA) mehrere Milliarden Bq/g	Nicht zutreffend		 Geologische Tiefenlagerung, Projektphase (Cigéo)	

* Zeitraum, in dem die radioaktiven Stoffe (Radionuklide) im Abfall radioaktiv sind.

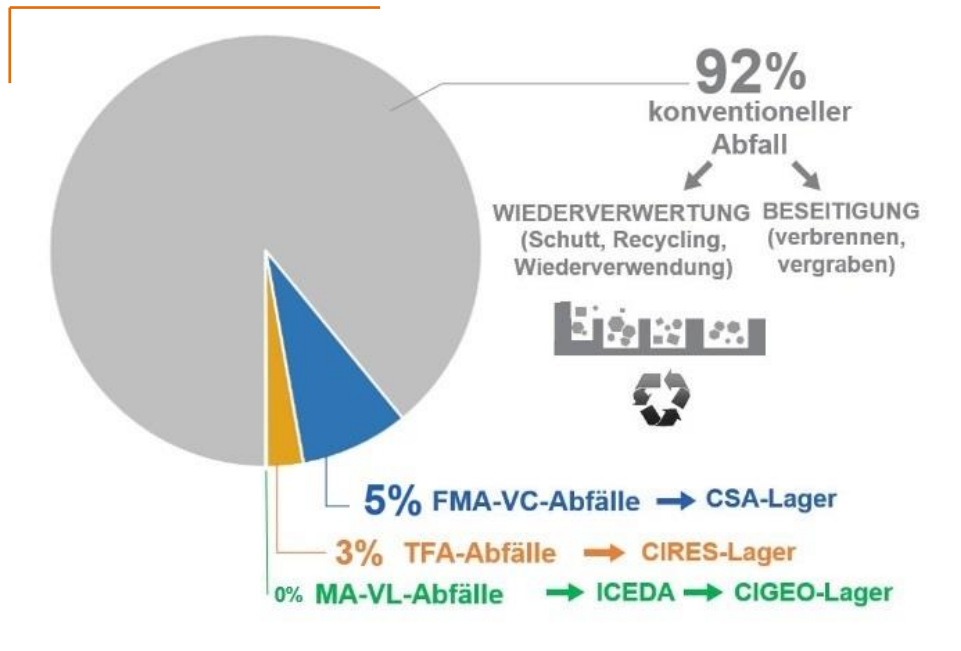
** Radioaktivitätslevel der radioaktiven Abfälle.

Manchmal kann Abfall in eine gegebene Kategorie eingestuft, jedoch aufgrund anderer Eigenschaften (z. B. seiner chemischen Zusammensetzung oder seiner physikalischen Eigenschaften) in einem anderen Sektor verwaltet werden

In Frankreich erfolgt die Einstufung radioaktiver Abfälle nach zwei Kriterien:

- Dem Radioaktivitätsniveau: Hohe Radioaktivität (HA – haute activité), mittlere Radioaktivität (MA – moyenne activité), schwache Radioaktivität (FA – faible activité) und sehr schwache Radioaktivität (TFA – très faible activité),
- Der Halbwertszeit, nach der die Radioaktivität um die Hälfte gesunken ist: sehr kurze Halbwertszeit (vtc – vie très courte), kurze Halbwertszeit (vc – vie courte) und lange Halbwertszeit (vl – vie longue).

Die Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Betrieb des Kraftwerks von Tricastin erzeugen konventionelle Abfälle (92 % der erzeugten Abfälle) und radioaktive Abfälle (8 % der erzeugten Abfälle).



Die folgende Tabelle zeigt die Bilanz der innerhalb eines Zeitraums von 10 Jahren im Kraftwerk von Tricastin erzeugten radioaktiven Abfälle sowie eine Prognose für die kommenden Jahre. Insgesamt liegt die Menge der in den kommenden 10 Jahren vom Kernkraftwerk von Tricastin erzeugten radioaktiven Abfälle in der gleichen Größenordnung wie die Abfallmenge, die während des Referenzzeitraums erzeugt wurde. Die erzeugten Abfallflüsse werden voraussichtlich in den kommenden Jahren zunehmen, insbesondere im Rahmen des geplanten „Grand Carénage“-Wartungsprogramms¹⁶. Hinsichtlich der Art der erzeugten Abfälle oder ihres Abfallmanagements sind keine maßgeblichen Änderungen geplant.

Radioaktive Abfälle	Durchschnittliches Jahresvolumen Packstücke (m ³) (Durchschnitt von 2013 bis 2022)	Voraussichtliches durchschnittliches Jahresvolumen Packstücke (m ³) (Durchschnitt von 2025 bis 2028)
Feste TFA-Abfälle zur Lagerung im CIRES	176	270
Feste MA-VC-Abfälle zur Lagerung im CSA	187	300
Feste FA VC-Abfälle zur Lagerung im CSA	129	220
Feste FA-VC-Abfälle zur Aufbereitung im CENTRACO – Einschmelzen	21	30
Feste FA-VC-Abfälle zur Aufbereitung im CENTRACO – Verbrennen	590	612
Flüssige FA-VC-Abfälle zur Aufbereitung im CENTRACO – Verbrennen	0	300

¹⁶ Im Rahmen der „Grand Carénage“-Maßnahme des Kraftwerksparks von EDF werden Investitionen/ Modernisierungen vorgenommen, um die Fortsetzung des Betriebs der aktuellen Anlagen zu ermöglichen und die nach Fukushima beschlossenen Maßnahmen zu implementieren, ohne dabei die Leistungen des Parks bezüglich der nuklearen Sicherheit und der Wettbewerbsfähigkeit zu beeinträchtigen.

5.6.7. Lärm- und Vibrationsbelastung

Wie in jedem Industriesektor können in einem Atomstromkraftwerk gewisse Anlagen Lärm verursachen. EDF führt Messungen der Lärmbelastungspegel und akustische Modellierungen zur Ermittlung der Lärmquellen durch.

Die Ergebnisse dieser Analysen zeigen, dass die vom Kraftwerk von Tricastin verursachten Emissionspegel den in den Vorschriften festgelegten Zielen entsprechen.

Außerdem verursacht der Betrieb der Anlagen (hauptsächlich der rotierenden Maschinen) Schwingungen. Die Vibrationen können innerhalb der Anlagen wahrgenommen werden, jedoch aufgrund der Bauwerkskonzepte und Bodenbeschaffenheit nicht außerhalb der Anlagen. Für die benachbarten Bevölkerungsgruppen besteht somit keinerlei Risiko von Emissionen durch die bestehenden Anlagen.

Die eventuellen Bau- und Straßen- sowie VRD-Arbeiten, die Vibrationen verursachen, befinden sich innerhalb der Grundstücksgrenzen des Kraftwerks, sind zeitlich begrenzt und beschränken sich auf die normalen Arbeitszeiten an Werktagen. Dadurch ist die mögliche Vibrationsbelastung begrenzt. Außerdem werden die Vibrationen aufgrund des Abstands zwischen dem Kraftwerk und den Wohngebieten in letzteren kaum wahrzunehmen sein.

Die Tätigkeiten im Kraftwerk von Tricastin verursachen daher keine Vibrationen, die sich nachteilig auf die Nachbarschaft auswirken könnten.

5.6.8. Flächennutzung

Das Kraftwerk von Tricastin erstreckt sich über eine Fläche von 55 Hektar, auf der Industriebetriebe ansässig sind. Diese Fläche ist mehrheitlich bebaut (Gebäude, Fahrbahnen, gepflegte Grünanlagen). Für die kommenden zehn Jahre ist keine Änderung der für den Betrieb der 4 Reaktoren des Kraftwerks von Tricastin erforderlichen Grundfläche geplant.

5.6.9. Sonstige Wechselbeziehungen

Sonstige untersuchte Wechselbeziehungen des Kraftwerks von Tricastin mit seiner Umwelt: Geruchsbelästigung, Lichtemissionen, Straßen- und Schienenverkehr, Energieverbrauch, Wärme und Strahlung. Für die kommenden zehn Jahre sind keine Änderungen dieser Wechselbeziehungen geplant.

5.6.10. Prognose über 10 Jahre hinsichtlich der Wechselbeziehungen des Kraftwerks von Tricastin mit der Umwelt

Die vergangenen und aktuellen Wechselbeziehungen des Betriebs des Kraftwerks von Tricastin mit der Umwelt wurden in den vorstehenden Abschnitten 5.6.1 bis 5.6.9 beschrieben.

Wie in der folgenden Tabelle angegeben bleiben die Wechselbeziehungen des Betriebs des Kraftwerks von Tricastin mit der Umwelt in den kommenden zehn Jahren auf dem gleichen Niveau wie während des vorherigen Jahrzehnts.

Wechselbeziehungen mit der Umwelt	Vergangener Betrieb	Prognose für die kommenden 10 Jahre
Wasserentnahme und -verbrauch	Das Grundwasser wird hauptsächlich entnommen, um den Pegel des Grundwassers unter dem Kraftwerk zu senken. Die Entnahme aus den Oberflächengewässern erfolgt für alle vier Reaktoren aus dem Kanal von Donzère-Mondragon. Die Wasserentnahmen im Grundwasser und im Kanal von Donzère-Mondragon liegen immer schon unter den vorgeschriebenen Grenzwerten (Beschluss Nr. 2008-DC-0101 ¹⁷).	Hinsichtlich der Entnahme aus dem Kanal von Donzère-Mondragon sind keine Änderungen geplant. Die für den Betrieb des Kraftwerks von Tricastin geplanten Entnahmevolumen für die kommenden 10 Jahre bleiben in der gleichen Größenordnung wie die der vergangenen zehn Jahre und liegen auf jeden Fall unter den vorgeschriebenen Grenzwerten.
Freisetzung flüssiger radioaktiver Schadstoffe	Die Freisetzungspunkte der flüssigen radioaktiven Schadstoffe befinden sich im Ablaufkanal des Kraftwerks, der anschließend unterhalb des Entnahmepunkts in den Kanal von Donzère-Mondragon mündet. Die Freisetzungen unterliegen den Vorgaben des Beschlusses Nr. 2008-DC-0102 ¹⁸ .	Hinsichtlich der Anordnung des Rückleitungspunkts in den Kanal von Donzère-Mondragon sind keine Änderungen geplant. Die für den Betrieb des Kraftwerks von Tricastin geplanten Rückleitungen für die kommenden 10 Jahre bleiben in der gleichen Größenordnung wie die der vergangenen zehn Jahre und liegen auf jeden Fall unter den vorgeschriebenen Grenzwerten.
Freisetzung radioaktiver Schadstoffe in die Atmosphäre	Die atmosphärischen radioaktiven Schadstoffe werden über die Schornsteine der Hilfsnuklearanlagen freigesetzt. Die Freisetzungen unterliegen den Vorgaben des geänderten Beschlusses Nr. 2008-DC-0102 ¹⁸ .	Hinsichtlich der Freisetzungspunkte in die Atmosphäre sind keine Änderungen geplant. Die für den Betrieb des Kraftwerks von Tricastin geplanten Rückleitungen für die kommenden 10 Jahre bleiben in der gleichen Größenordnung wie die der vergangenen zehn Jahre und liegen auf jeden Fall unter den vorgeschriebenen Grenzwerten.

17 Beschluss Nr. 2008-DC-0101 der Autorité de sûreté nucléaire vom 13. Mai 2008, der die Vorgaben hinsichtlich der Modalitäten zur Entnahme und zum Verbrauch des Wassers und zur Freisetzung in die Umwelt der flüssigen und gasförmigen Ausflüsse der von Électricité de France (EDF-SA) in der Gemeinde Saint-Paul-Trois-Châteaux (Département Drôme) betriebenen, grundlegenden Nuklearanlagen Nr. 87 und Nr. 88 festlegt.

18 Beschluss Nr. 2008-DC-0102 der Autorité de sûreté nucléaire vom 13. Mai 2008, der die Grenzwerte hinsichtlich der Freisetzung in die Umwelt der flüssigen und gasförmigen Ausflüsse der von Électricité de France (EDF-SA) in der Gemeinde Saint-Paul-Trois-Châteaux (Département Drôme) betriebenen, grundlegenden Nuklearanlagen Nr. 87 und Nr. 88 festlegt.

Wechselbeziehungen mit der Umwelt	Vergangener Betrieb	Prognose für die kommenden 10 Jahre
Freisetzung flüssiger chemischer Schadstoffe	Die Freisetzungspunkte der flüssigen radioaktiven Schadstoffe befinden sich im Ablaufkanal des Kraftwerks, der anschließend unterhalb des Entnahmepunkts in den Kanal von Donzère-Mondragon mündet. Die Freisetzungen unterliegen den Vorgaben des geänderten Beschlusses Nr. 2008-DC-0102 ¹⁸ .	Die für den Betrieb des Kraftwerks von Tricastin geplanten Freisetzungen flüssiger chemischer Schadstoffe für die kommenden 10 Jahre bleiben in der gleichen Größenordnung wie die der vergangenen zehn Jahre und liegen auf jeden Fall unter den vorgeschriebenen Grenzwerten.
Freisetzung chemischer Schadstoffe in die Atmosphäre	Die Freisetzung chemischer Schadstoffe in die Atmosphäre (einschließlich der diffusen Ausflüsse) wird jährlich geschätzt. Die Freisetzungen unterliegen den Vorgaben des geänderten Beschlusses Nr. 2008-DC-0102 ¹⁸ .	Die für den Betrieb des Kraftwerks von Tricastin geplanten Freisetzungen atmosphärischer chemischer Schadstoffe für die kommenden 10 Jahre bleiben in der gleichen Größenordnung wie die der vergangenen zehn Jahre und liegen auf jeden Fall unter den vorgeschriebenen Grenzwerten.
Wärmeemissionen	Die Wärmeemissionen unterliegen den Vorschriften, die die durchschnittliche Tageserwärmung des Wassers zwischen dem Vor- und Nachlauf des Kraftwerks nach dem Mischvorgang unter Normalbedingungen auf 4 °C (6 °C beim niedrigsten Wasserstand) begrenzen.	Für die Wärmeemissionen sind keine Änderungen geplant, da sie die vorgeschriebenen Grenzwerte beachten werden.
Erzeugung radioaktiver Abfälle	Durchschnittliches Jahresvolumen radioaktiver Abfälle (m ³): – Sehr schwache Radioaktivität: 140,8 – Schwache Radioaktivität: 645 – Mittlere Radioaktivität: 148	Die erzeugten Abfallflüsse werden voraussichtlich in den kommenden Jahren zunehmen, insbesondere im Rahmen des geplanten „Grand Carénage“-Wartungsprogramms. Hinsichtlich der Art der erzeugten Abfälle oder ihres Abfallmanagements sind keine maßgeblichen Änderungen geplant.
Lärmbelastung	Im Kraftwerk von Tricastin finden alle zehn Jahre Messkampagnen zur Erfassung der Lärmbelastung statt. Die letzte Messkampagne zeigt, dass die Lärmpegel den in den Vorschriften festgelegten Zielen entsprechen.	Keine maßgeblichen Änderungen, jedoch können zeitweise Lärm und Vibrationen auftreten, die von eventuellen Änderungen und Bauarbeiten verursacht werden.
Flächennutzung	Der Standort von Tricastin erstreckt sich über 55 Hektar	Für die kommenden zehn Jahre ist keine Änderung der für den Betrieb der 4 Reaktoren des Kraftwerks von Tricastin erforderlichen Grundfläche geplant.
Sonstige Wechselbeziehungen	Sonstige Wechselbeziehungen mit der Umwelt: Geruchsbelästigung, Lichtemissionen, Straßenverkehr, Energieverbrauch, sozioökonomische Beziehungen.	Für die kommenden zehn Jahre sind keine Änderungen dieser Wechselbeziehungen geplant.

5.7. Prognose für die kommenden 10 Jahre hinsichtlich der Auswirkungen auf die Umwelt

Dieser Abschnitt behandelt die tatsächlichen und potentiellen Auswirkungen des Normalbetriebs des Kernkraftwerks von Tricastin auf die Gesundheit und die Umwelt während der kommenden zehn Jahre aufgrund von Wasserentnahme, Freisetzungen und Abfällen, sowie der Belastungen, die dies verursachen kann (Lärm, Lichtemissionen, Energieverbrauch, Wärme- und Strahlenemissionen, Straßen- und Schienenverkehr, Vibrationen, Gerüche oder Staubaufkommen). Die Analyse betrachtet auch die Maßnahmen, die für den besseren Schutz der Interessen im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung ergriffen wurden.

Wie im Abschnitt 5.6 angegeben, bleiben die Wechselbeziehungen des Betriebs des Kraftwerks von Tricastin mit der Umwelt in den kommenden zehn Jahren auf dem gleichen Niveau wie während des vorherigen Jahrzehnts.

Die Auswirkungen des Kraftwerkbetriebs von Tricastin auf die Umwelt werden nach Bereich (Unterabschnitte 5.7.1 bis 5.7.8) dargestellt; es handelt sich um lokale Auswirkungen, die vor allem das jeweilige Umfeld der französischen Kraftwerke betreffen. Der normale Betrieb des Kraftwerks verursacht keine grenzüberschreitenden Auswirkungen (siehe Abschnitt bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen von Unfällen). Die vergleichweisen Auswirkungen auf den Klimawandel durch die Fortsetzung des Betriebs oder die endgültige Stilllegung (siehe Abschnitt 1.2) werden im Abschnitt 5.7.10 beschrieben.

5.7.1. Luft und Klimafaktoren

■ Auswirkungen auf das Klima

Die Stromerzeugung aus Kernenergie führt nur zu einer sehr geringen Kohlendioxidbildung (CO₂), dem wichtigsten **Treibhausgas**.

Gemäß der Studie der F&E von EDF setzt jede kWh, die der Kernkraftpark von EDF in Frankreich erzeugt, das Äquivalent von **4 Gramm CO₂** frei. Dieser Wert bestätigt die sehr geringen Kohlenstofffreisetzungen dieser Energiequelle: [Analyse des Lebenszyklus \(ACV – Analyse du cycle de vie\) pro kWh aus Kernkraft](#).

Die freigesetzten Gase aus dem Betrieb des Kraftwerks von Tricastin wirken sich also nicht auf die aktuelle Klimasituation aus.

Die Analyse der Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel (siehe folgende Seite) bestätigt, dass die Klimaauswirkungen der freigesetzten Gase aus dem Kraftwerksbetrieb auch während der kommenden 10 Jahre als vernachlässigbar betrachtet werden können.

Die vom Menschen erzeugten **Treibhausgase** verursachen die Verstärkung des Treibhauseffekts. Diese natürliche Entwicklung wird durch vorhandene Treibhausgase verstärkt, die einen Teil der von der Erde abgegebenen Wärme in der unteren Atmosphäre zurückhalten.

■ Auswirkungen auf die Luftqualität

Das französische Umweltgesetzbuch legt die Normen für die Luftqualität fest, die darauf abzielen, einen wirksamen Schutz für die menschliche Gesundheit und die gesamte Umwelt zu gewährleisten. Diese Normen betreffen in der Außenluft vorhandene atmosphärische Stoffe, die die Qualität der Luft beeinträchtigen können: Schwefel- und Stickoxide, Ozon, Kohlenstoffmonoxid, Rußpartikel, Blei, Phenylwasserstoff und Schwermetalle. Diese Stoffe treten aufgrund des Straßenverkehrs und sonstiger menschlicher Tätigkeiten hauptsächlich in den Ballungsgebieten auf (Heizung, Industrieschadstoffe),

Unter den vom Kraftwerk von Tricastin während des Normalbetriebs in die Atmosphäre freigesetzten Chemikalien unterliegen nur die freigesetzten Stick- und Schwefeloxide sowie die Kohlenstoffmonoxid-Gase einer Luftqualitätsnorm. Die Bewertung der Auswirkungen dieser Schadstoffe auf die Luftqualität zeigt keine Auswirkungen des Kraftwerks auf die Luftqualität auf. Hinsichtlich der Stoffe, die keiner Luftqualitätsnorm unterliegen (z. B. Formol, Ammoniak, Ethanolamin, Kältemittel, SF₆, unterchlorige Säure und Trihalomethane (TMH)) gelten die Konzentrationen in der Umwelt, die dem

Kraftwerk von Tricastin zuzuschreiben sind, nicht als wahrscheinliche Ursache für eine mögliche Beeinträchtigung der Luftqualität.

Der untersuchte Bereich ist nicht von einem Atmosphärensicherungsplan (PPA – Plan de protection de l'atmosphère) betroffen.

■ **Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel**

Die lokalen Prognosen der wichtigsten Klimafaktoren, die von EDFs F&E-Abteilung erstellt wurden, bestätigen die von Météo France vorhergesagte Tendenz zu höheren Jahresmittelwerten der Lufttemperaturen, wobei je nach Klimaszenario die Entwicklungen bis 2030 in der Größenordnung von 1 °C bis 1,3 °C (Zeitraum 2020 – 2050) im Verhältnis zum betrachteten historischen Zeitraum (1982 – 2012) liegen.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen der lokalen Klimaentwicklungsdaten für die nächsten zehn Jahre sind noch nicht abgeschlossen. Daher können die Klimaparameterschwankungen und ihre möglichen Auswirkungen auf den Betrieb des Kraftwerks von Tricastin während der kommenden zehn Jahre noch nicht genau quantifiziert werden.

Mit Ausnahme eines leichten Anstiegs des Kühlbedarfs der Tertiär- und Industriegebäude, beeinflussen die obigen Klimaentwicklungen jedoch nicht die Analyse der Auswirkungen der vom Standort von Tricastin in die Atmosphäre freigesetzten chemischen Schadstoffe auf die Luftqualität und das Klima.

5.7.2. Oberflächengewässer

■ **Auswirkungen auf den Wasserhaushalt**

- Einfluss auf den Abfluss

Der Ausbau des Kanals von Donzère-Mondragon beeinflusst den Abfluss der Rhone, der bereits durch den Betrieb der anderen, flussaufwärts des Kraftwerks gelegenen Wasserbauwerke bedingt wird. Die für den Betrieb des Kraftwerks errichteten Bauwerke zur Wasserentnahme und -rückleitung haben keinen Einfluss auf den Abfluss, da der Kanal von Donzère-Mondragon bereits eine ausgebaute Anlage mit Betonwänden ist. Für die kommenden zehn Jahre sind keine Änderungen geplant.

- Einfluss auf die Durchflussmenge

Die für die Kühlung des Kraftwerks von Tricastin erforderliche Wasserentnahme beträgt maximal 195 m³/sek. Für den Zeitraum von 1952 bis 2017 beträgt das jahresübergreifende Modul des Kanals 1.248 m³/sek. Die vom Kraftwerk entnommene Durchflussmenge entspricht somit ca. 16 % der Durchflussmenge des Kanals von Donzère-Mondragon. Diese Entnahmemenge wird vollumfänglich in den Fluss zurückgeleitet und ihr Einfluss auf die Durchflussmenge der Rhone und des Kanals von Donzère-Mondragon ist vernachlässigbar.

Bei Ausbaggerarbeiten werden geringe Wassermenge entnommen. Diese Arbeiten sind nicht in der Lage, den Wasserhaushalt der Rhone zu verändern.

Für die kommenden zehn Jahre sind keine Änderungen geplant.

■ **Auswirkungen auf die Temperatur der Oberflächengewässer**

Die Erfahrungswerte des Kraftwerks von Tricastin belegen, dass die vom Kraftwerk nach dem Mischvorgang verursachte Erwärmung im Durchschnitt 1,58 °C für den Zeitraum von 2013 bis 2022 beträgt, bei einem gemessenen Höchstwert von 5,5 °C. Die nach dem Mischvorgang flussabwärts gemessenen Temperatur beträgt im Durchschnitt 16 °C für den Zeitraum von 2013 bis 2022 bei einem durchschnittlichen Tageshöchstwert von 27,9 °C. Auf lokaler Ebene ist der Einfluss der Temperatur der Rückleitungen aufgrund der schnellen Kompensierung im Rhône-Kanal hauptsächlich auf die direkte Umgebung des Ablaufkanals beschränkt. Es wird davon ausgegangen, dass, unabhängig von der Durchflussmenge der Rhone, die Wärmeemissionen unterhalb des Werks in Bollène, d. h. ca. 5 km flussabwärts von ihrer Einleitung durch das Kraftwerk, vollständig kompensiert sind. Daher ist die mögliche Wirkung der Rückleitungstemperatur auf die Umwelt auf dieses erwärmte Band aus dem Ablaufkanal beschränkt, das nach kurzer Zeit auf die Wassertemperatur im Rhône-Kanal heruntergekühlt wird.

Auf regionaler Ebene verringert sich die Erwärmung durch das Kraftwerk im weiteren Verlauf, wobei die durchschnittliche Resterwärmung durch das Kraftwerk ca. 100 km flussabwärts in Arles weniger als 1 °C beträgt.

Für die kommenden zehn Jahre sind keine Änderungen geplant.

■ **Auswirkungen auf die Qualität der Oberflächengewässer**

Die Analyse der Ergebnisse der **Überwachung des Wasserhaushalts und der Chemikalienbelastung** der Umwelt konnte belegen, dass die physikalisch-chemischen, chemischen und biologischen Entwicklungen des oberhalb und unterhalb des Kraftwerks von Tricastin beobachteten Umfelds nicht durch die vergangenen und aktuellen Schadstofffreisetzungen des Kraftwerks verursacht werden.

Die substanzspezifische Bewertung der Auswirkungen der flüssigen Chemikalienfreisetzungen bei Mittel- und Höchstwerten zeigt für sämtliche untersuchten Substanzen keine Umweltfolgen für die Ökosysteme der Rhone flussabwärts des Kraftwerks von Tricastin.

Bei ungiftigen Stoffen wie Natrium, Sulfaten, Chloraten, DBO₅, DCO, Nitraten und MES liegen die durchschnittlichen und minimalen Konzentrationen der Zugaben unter den Referenzwerten. Bei Ammonium und Phosphaten liegen die kumulierten maximalen Konzentrationen unter den festgelegten Referenzwerten.

Bei potentiellen Umweltgiften wie Aluminium, Chrome, Eisen, Mangan, Nickel, Blei, Zink und Lithin liegen die Höchstkonzentrationen der Zugaben unter den verfügbaren akuten ökotoxikologischen Werten. Bei Kupfer, Borsäure, Hydrazin, Morpholin, Ethylamin und deren Zersetzungsprodukten (Diethanolamin, Methylamin, Pyrrholin, Diethylamin, Ethylamin, Nitrosomorpholin, Azetaten, Formiaten, Glykolaten und Oxalaten), sowohl bei einem chronischen als auch bei einem akuten Ansatz, liegen die kumulierten Durchschnittskonzentrationen in der Rhone unter den verfügbaren Referenzwerten und ökotoxikologischen Werten, oder führen zu einem Risikoindex unter 1. Bei Reinigungsmitteln liegen die kumulierten maximalen Konzentrationen unter den festgelegten Referenzwerten.

Die Analyse der flüssigen Chemikalienfreisetzungen zeigt keine Umweltfolgen für die Ökosysteme der Rhone flussabwärts des Kraftwerks von Tricastin.

Anmerkung: Die Bewertung der Auswirkungen radioaktiver Schadstofffreisetzungen wird im Abschnitt 5.7.4 behandelt.

■ **Auswirkungen auf die Morphologie der Sedimente**

Bei Ausbaggerarbeiten wird der Umwelt eine Sedimentmenge wieder zugeführt. Die vom Kraftwerk von Tricastin bei diesen Ausbaggerarbeiten freigesetzten MES entsprechen maximal 0,76 % des jährlich von der Rhone beförderten Feststoffgehalts. Die zurückgeführte Sedimentmenge gilt daher als vernachlässigbar im Vergleich zur Jahresdurchflussmenge der Sedimente die als Schwebstoffe diesen Abschnitt der Rhone überwinden.

Außerdem kompensiert die Zurückführung der abgebaggerten Sedimente in die Rhone den Verlust der im Zuflaufkanal gestrandeten Feststoffdurchflussmenge. Die Zurückführung dieser Sedimente trägt dazu bei, die Dynamik des Flusslaufs aufrecht zu erhalten und die Beeinträchtigung dieser Dynamik durch den Zulaufkanal zu kompensieren.

Die Zurückführung der abgebaggerten Sedimente hat daher keinen maßgeblichen negativen Einfluss auf den Wasserhaushalt der Rhone und fördert den Sedimenttransit der Sedimente aus dem Zulaufkanal in die Rhone.

■ **Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel**

Unter den verschiedenen Klimavariablen, die die Entwicklung der Gewässer beeinflussen können, sind die Wassertemperaturen eine der Variablen für die Tendenzen belegt sind, die, insbesondere im Sommer, an die Schwankungen der Lufttemperaturen gebunden sind.

Die seit dem Ende der 70er Jahre durchgeführten Messungen zeigen, dass die allgemeine Erwärmung der Rhone von verschiedenen Statistikparametern bestätigt wird.

Außerdem belegen die von EDF durchgeführten Prognosen bezüglich des zukünftigen Klimas die Tendenz zu höheren Jahresmittelwerten der Rhône-Temperaturen, wobei die Entwicklungen im Zeitraum von 2020 bis 2050 durchschnittlich in der Größenordnung von +1 °C im Verhältnis zum betrachteten historischen Zeitraum (1982 – 2012) betragen.

Aufgrund vergangener Beobachtungen und der Prognosen über einen Zeitraum von 30 Jahren wird der von der Klimaentwicklung verursachte Anstieg der jährlichen Durchschnittstemperatur des Rhone-Wassers auf +0,3 °C pro Jahrzehnt geschätzt.

Unter Berücksichtigung der in der vorliegenden Studie verwendeten Szenarien (die Wassertemperatur wird nicht direkt in die Berechnungen der Auswirkungen auf den Gewässerlebensraum einbezogen) und der geringfügigen Zunahme im Laufe eines Jahrzehnts, wird jedoch davon ausgegangen, dass diese Entwicklung die obigen Ergebnisse nicht beeinflusst. Hinsichtlich der Durchflussmenge der Rhone sind auch die längerfristigen Tendenzen weniger markant als die der Temperaturen, da die Modellierung des Wasserhaushaltszyklus in einem Einzugsgebiet zu stärkeren Unsicherheiten führt. Die von der F&E von EDF auf der Grundlage des zukünftigen Klimas berechneten Prognosen zeigen, dass die durchschnittliche Jahresdurchflussmenge der Rhone im Mittel in den Jahren 2020 bis 2050 abnimmt, jedoch angesichts der Genauigkeit der verwendeten Modelle (Verringerung um etwa -3 % bis -5 % im Jahresdurchschnitt für 2020 bis 2050)

unmaßgebliche ist (im jahresübergreifenden Mittel), wobei allerdings die jahreszeitlichen Gefälle zunehmen werden (geringere Durchflussmengen im Sommer und höhere im Winter).

So wird davon ausgegangen, dass die potentiellen Verringerungen der Durchflussmengen in den kommenden 10 Jahren im Verhältnis zu den beobachteten natürlichen jahreszeitlichen und jährlichen Schwankungen der Rhone relativ gering sein werden und keine Auswirkung auf die bereits vorgelegten Schlussfolgerungen haben.

STUDIE ÜBER DIE KUMULIERTEN AUSWIRKUNGEN DER KRAFTWERKE AN DER RHONE

2023 hat EDF eine Studie über die kumulierten Auswirkungen der Kernkraftwerke an der Rhône durchgeführt. Für die Studie wurden zwei sich ergänzende Ansätze verwendet:

- Ein qualitativer Ansatz, der sich auf die Daten der Überwachung der Umwelt flussaufwärts und flussabwärts der Standorte stützt, um eventuelle Entwicklungen am Fluss zu ermitteln;
- Ein quantitativer Ansatz der Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit, der auf der Modellberechnung einer Kumulierung der tatsächlichen Schadstofffreisetzungen durch die Standorte entlang des Wasserlaufs in den Jahren 2018 und 2017 beruht, die jeweils einem durchschnittlichen Jahr und einem Jahr mit einem deutlichen Niedrigwasser entsprechen.

Der qualitative Ansatz zeigt, dass die flüssigen Chemikalienfreisetzungen keinen wesentlichen Einfluss auf die Chemie, physikalische Chemie und Biologie haben, mit Ausnahme der Überwachung der benthischen großen Wirbellosen und des Fischbesatzes, bei denen Populationsschwankungen beobachtet werden, die wahrscheinlich im Zusammenhang mit Wärme- und Standortfaktoren stehen. Der quantitative Ansatz zeigt keine wesentlichen Auswirkungen auf das Ökosystem der Rhône bezüglich der vier untersuchten Bewertungspunkte. Diese vier Punkte wurden über die Länge des Flusslaufs verteilt, um die bis zur Rhône-Mündung erhobenen Werte zu kumulieren.

Die Analyse der Auswirkungen der Wärmeemissionen wurde nach dem gleichen Prinzip vorgenommen. Die Simulationen stellen die zeitliche und räumliche Entwicklung der Wassertemperatur der Rhône sowie die Resterwärmung (Differenzwert zwischen der Wassertemperatur der Rhône während des Reaktorbetriebs und der Wassertemperatur beim Stillstand aller Reaktoren) durch die Wärmeemissionen der Standorte dar. Die Erwärmung der Rhône durch die Freisetzungen der Kraftwerke kann nicht einfach von der Quelle zur Mündung addiert werden, da sie sich mit und mit verringert: wird zusätzliche Wärme in die Rhône eingeleitet, verteilt sie sich mehr oder weniger schnell in Abhängigkeit von den Wetterbedingungen und der Wassermengen ihrer Zuflüsse, insbesondere der Saône und der Isère. Bei Niedrigwasser ist die Erwärmung stärker, die Ableitung jedoch ähnlich. Die Entwicklung des Wärme- und Wasserhaushalts sowie der Wasserqualität beeinflussen die Funktion der Gemeinschaften und der Ökosysteme in und an den Gewässern. Dennoch ist trotz der Abhängigkeit dieser ökologischen Entwicklungen von bekannten physischen Verläufen der Zusammenhang zwischen diesen Komponenten nicht leicht zu erkennen.

5.7.3. Böden und Grundwasser

■ Auswirkungen auf die Böden

Das Kraftwerk von Tricastin wurde in der Schwemmbödenenebene von Pierrelatte errichtet. Für den Bau des Kraftwerks wurden verschiedene Ausbaurbeiten durchgeführt, unter anderem die Errichtung der Kraftwerksplattform in einer Höhe von 52 m NGF 0 (mit einer Aufschotterung von 0,5 m bis 3,5 m auf dem Mutteroden) und der Bau einer geotechnischen Einfriedung um die Reaktorgebäude.

2011 wurde eine Untersuchung der historischen und umwelttechnischen Daten des Kernkraftwerks von Tricastin durchgeführt. Sie beruht auf Unterlagenrecherchen, Aussagen der Mitarbeiter des Kraftwerks und Anlagenbegehungen. Zwischen 2011 und 2018 wurden Arbeiten und Diagnosen durchgeführt, um die Kenntnisse über das Umfeld zu vervollständigen. Sie haben zur Feststellung geringfügiger Schadstoffbelastungen der Böden durch eher schwere, wenig flüchtige und recht träge Kohlenwasserstoffe wie Öl geführt. Aufgrund der Art der Produkte und ihrer Konzentration verursachen diese Schadstoffbelastungen keine Umwelt- oder Gesundheitsrisiken. Im nordwestlichen Bereich der geotechnischen Einfriedung in dem eine Belastung des Grundwassers mit Kohlenwasserstoffen festgestellt wurde, sind die Böden ermittelt und die Schadstoffbelastung begrenzt worden. Außerdem wurden Maßnahmen zum Umgang mit diesen Risiken ergriffen.

Im Oktober und November 2018 fanden zusätzliche Untersuchungen statt. Die Ergebnisse dieser chemischen Analysen haben bestätigt, dass die meisten Parameter der entnommenen Proben weitestgehend im Einklang mit dem anthropischen Rauschen sind. Für folgende Parametergruppen wurden im Bereich einiger Probebohrungen Konzentrationen über den festgelegten Vergleichswerten (für das Kraftwerk von Tricastin festgelegte Bezugswerte) gemessen: Gesamtkohlenwasserstoffe, Phenole und Naphtalene, Metallspurenelemente, stickstoff- oder phosphathaltige Stoffe, Chlorate. Die meisten dieser Wertüberschreitungen sind begrenzt (eine Probebohrung pro Bereich) und die Bodenproben der unteren Schichten der jeweiligen Probebohrungen haben keine Tiefenanomalien aufgezeigt. Es handelt sich also um lokalisierte, isolierte und sporadische Wertüberschreitungen.

Abschließend wurden radiologische Analysen der im Rahmen der Probebohrungen entnommenen Materialproben vorgenommen und Bodenproben zwecks radiologischer Analysen an Fachlabore geschickt. Die Ergebnisse haben unterhalb der untersuchten Bereiche keine radiologischen Schadstoffe aufgezeigt.

Daraus kann geschlossen werden, dass der normale Kraftwerksbetrieb keine Auswirkungen auf die Böden unterhalb des Kraftwerks hat.

Der Betrieb des Kraftwerks kann bei Störfällen zu zeitweiligen Auswirkungen auf die Böden führen, z. B. bei versehentlichen Freisetzungen. Für solche Fälle wurden innerhalb und außerhalb des Kraftwerks Vorbeugungsmaßnahmen eingerichtet, um potentielle Auswirkungen zu verringern.

■ Auswirkungen auf das Grundwasser

Für den Bau des Kraftwerks wurden verschiedene Ausbauarbeiten durchgeführt, unter anderem die Errichtung der Kraftwerksplattform in einer Höhe von 52 m NGF 0 (mit einer Aufschotterung von 0,5 m bis 3,5 m auf dem Mutteroden) und der Bau einer geotechnischen Einfriedung um die Stromerzeugungsreaktorgebäude.

Die Einfriedung minimiert den unterirdischen Grundwasseraustausch zwischen den Bereichen innerhalb und außerhalb der Einfriedung.

Seit seiner Inbetriebnahme erfolgt im Kraftwerk von Tricastin eine qualitative und quantitative Überwachung der Grundwasserschicht der Talebene im Bereich der Anlagen. Zur Untersuchung sämtlicher im Rahmen der Überwachung des Grundwassers zwischen 2012 und 2018 ergriffenen Maßnahmen wurden ca. 22.000 Analysen von 40 Piezometern hinzugezogen. Dabei wurden für die folgenden Parameter Überschreitungen der Grundwasser-Überwachungsgrenzwerte festgestellt:

- Eine Überschreitung des Untersuchungsgrenzwerts für Kohlenwasserstoffe, für die aktuell Management-Maßnahmen mit monatlicher Nachverfolgung der Schadstoffbelastung implementiert werden. Die Quelle wurde ermittelt und beseitigt.
- Eine Belastung durch Nitrate (gemeinsam mit Phosphaten), für die behobende Maßnahmen implementiert wurden: Instandsetzung der Abwasser-Sammelleitungen für Brauchwasser.
- Eine Überschreitung des Prüfgrenzwerts für Ammonium, der zur Kartierung verschiedener Parameter des Grundwasserzustands des Kraftwerks und zu zusätzlichen Prüfungen bezüglich des Grundwassers geführt hat. Die Befunde dieser Prüfungen werden derzeit untersucht.
- Hohe pH-Werte, die von der Art der Aufschüttungen verursacht werden und zur Aufbereitung der Böden durch Einspritzungen von Zementschlemme geführt haben.
- Überschreitungen der Prüfgrenzwerte, die sich einerseits aus einer regionalen Tendenz (die im Anstrom des Kernkraftwerks festgestellt wurde) und andererseits aus der bereits oben erwähnten Belastung durch Nitrate ergeben.

Die Befunde der chemischen Analysen, die in jüngerer Zeit durchgeführt wurden, zeigen für 2021 eine Überschreitung des Handlungsgrenzwerts für Nitrate, Phosphate und Kjeldahl-Stickstoffe (NTK) aufgrund eines festgestellten und behobenen Rohrbruchs an einer Abwasserleitung.

Die Befunde der radiologischen Analysen aus den Jahren 2012 bis 2018 zeigen 2013 eine Überschreitung des Prüfgrenzwerts für Tritium im Bereich zwischen den Reaktoren. Diese Belastung wurde überwacht und durch entsprechende Maßnahmen behoben.

Die Befunde der radiologischen Analysen aus den letzten Jahren zeigen für 2019 und 2021 eine Überschreitung des Handlungsgrenzwerts bezüglich einer Tritium-Belastung im Bereich der Behälter für die Zwischenlagerung und Prüfung radioaktiver Ausflüsse vor deren Freisetzung.

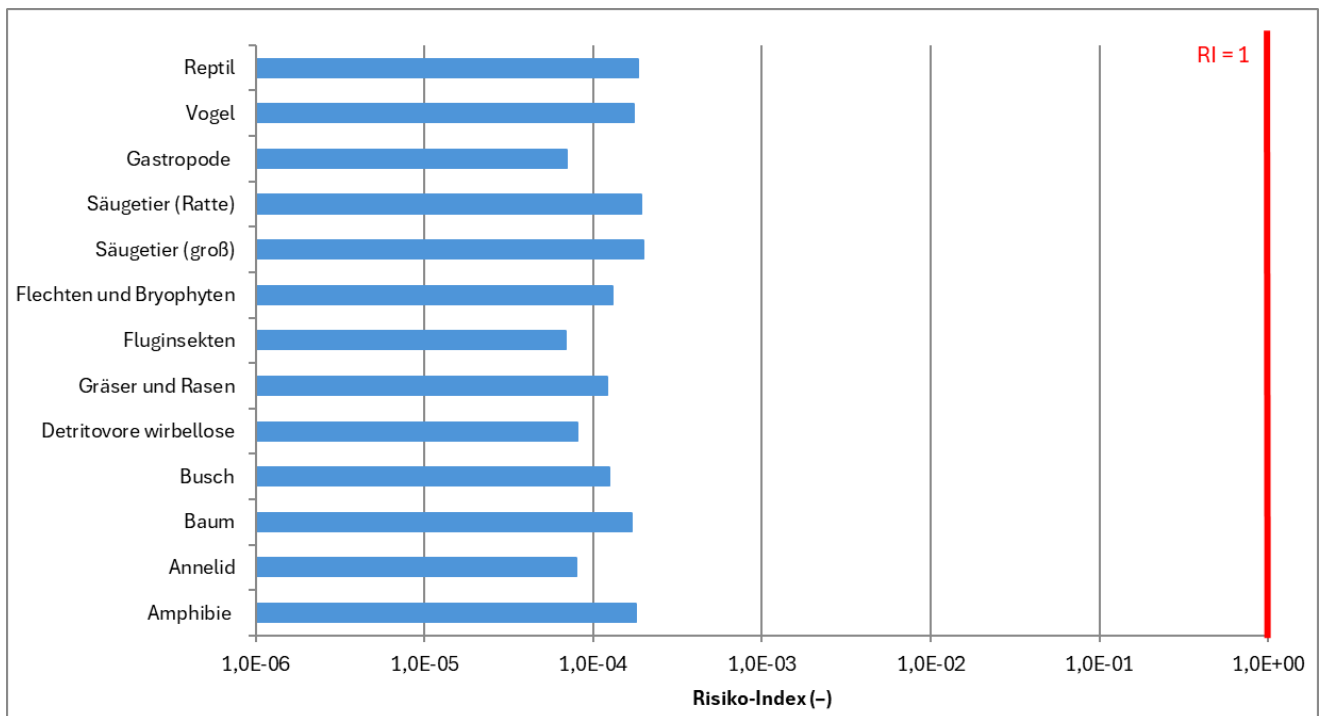
Daher konnten keine Überschreitungen der durch den Kraftwerksbetrieb verursachten chemischen oder radiologischen Grenzwerte in den außerhalb der geotechnischen Einfriedung des Kraftwerks von Tricastin entnommenen Grundwasserproben festgestellt werden.

Der Betrieb des Kraftwerks kann daher bei Störfällen zu zeitweiligen Auswirkungen auf das Grundwasser führen, z. B. bei versehentlichen Freisetzungen. Für solche Fälle wurden innerhalb und außerhalb des Kraftwerks Vorbeugungsmaßnahmen eingerichtet, um potentielle Auswirkungen zu verringern.

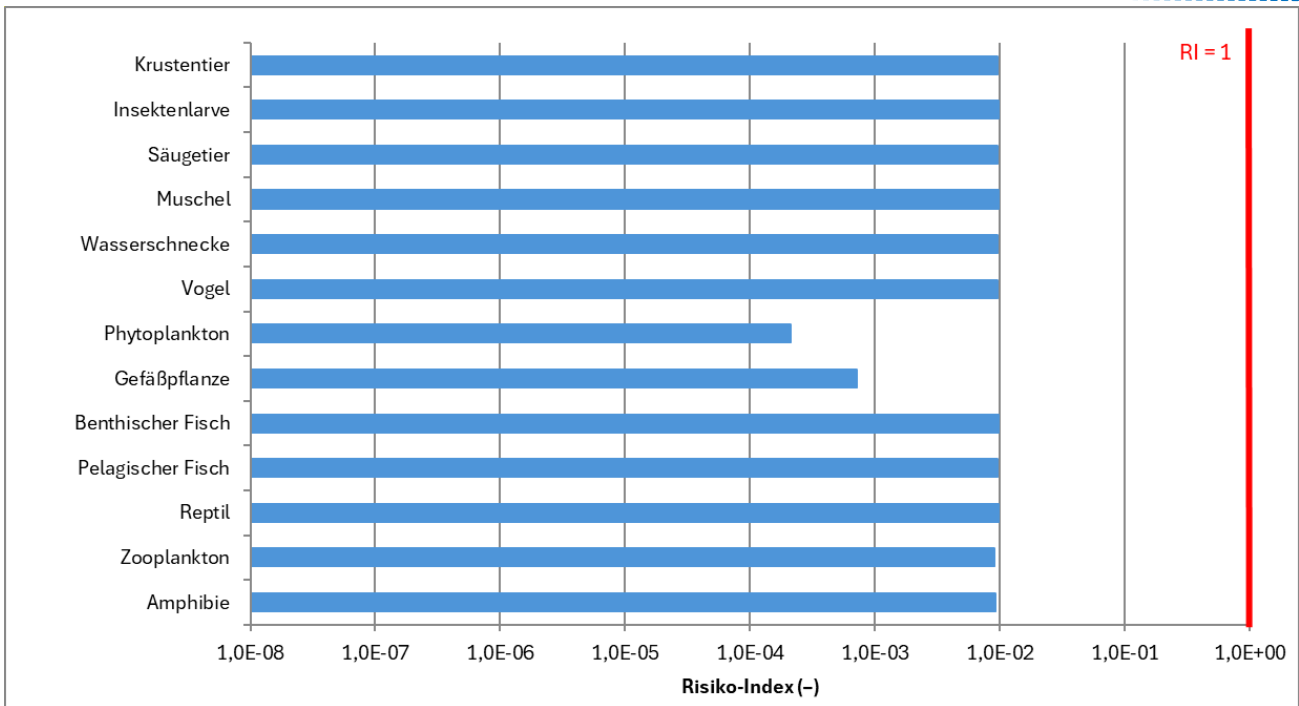
5.7.4. Radioökologie

Wie bereits im Abschnitt 5.2 dargelegt, beruht die Bewertung der Auswirkungen der radioaktiven Schadstoffe auf die Umwelt auf einem Vergleich der durch radioaktive Schadstoffe verursachten Dosisrate mit einem auswirkungsfreien Dosisratenwert für jeden einzelnen Referenzorganismus. Dieser Vergleich führt zur Berechnung eines Risiko-Index. Liegt der Risiko-Index unter 1 kann daraus geschlossen werden, dass das Risiko vernachlässigbar ist.

Die nachfolgenden Grafiken zeigen den für die Referenzorganismen festgelegten Risiko-Index in den Land- und Wassersegmenten.



Für die Referenzorganismen der Ökosysteme an Land berechneter Risiko-Index



Für die Referenzorganismen der Ökosysteme im Wasser berechneter Risiko-Index

Bei einem Index, der grundsätzlich unter einer Einheit liegt, ist das mit den flüssigen und atmosphärischen Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Kraftwerk von Tricastin verknüpfte Umweltrisiko aktuell und für die kommenden 10 Jahre vernachlässigbar.

STUDIE ÜBER DIE KUMULIERTEN AUSWIRKUNGEN DER KRAFTWERKE AN DER RHONE

2023 hat EDF eine Studie über die kumulierten Auswirkungen der Kernkraftwerke an der Rhône durchgeführt. Für die Studie wurden zwei sich ergänzende Ansätze verwendet:

- Ein qualitativer Ansatz, der sich auf die Daten der Überwachung der Umwelt flussaufwärts und flussabwärts der Standorte stützt, um eventuelle Entwicklungen am Fluss zu ermitteln;
- Ein quantitativer Ansatz der Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit, der auf der Modellberechnung einer Kumulierung der tatsächlichen Schadstofffreisetzungen durch die Standorte entlang des Wasserlaufs in den Jahren 2018 und 2017 beruht, die jeweils einem durchschnittlichen Jahr und einem Jahr mit einem deutlichen Niedrigwasser entsprechen.

Der qualitative Ansatz belegt, dass die in der Rhône vorhandene Radioaktivität hauptsächlich natürlichen Ursprungs ist. In einigen Gewässermatrizen zeigt sich ein gewisser Einfluss durch flüssige radioaktive Schadstoffe, hauptsächlich flussabwärts der Einleitungspunkte. Bei Tritium und Radiokohlenstoff C14 wird entlang der Rhône ein diskontinuierlicher Anstieg der Radioaktivität in bestimmten Matrizen festgestellt. Der quantitative Ansatz zeigt, dass der Risiko-Index für die Referenzorganismen weit unter dem Referenzwert liegen und dass das Umweltrisiko somit vernachlässigbar ist.

5.7.5. Artenvielfalt

Die bereits vorgestellte Analyse der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Tricastin auf die Luft und die Klimafaktoren, die Oberflächengewässer und den strahlentechnischen Zustand der Umwelt zeigt keine maßgeblichen Auswirkungen auf die ökologischen Eigenschaften der Umwelt auf. Der Kraftwerksbetrieb hat keine Auswirkungen auf die schützenswerten Naturgebiete und beeinträchtigt weder die volle Entfaltung der biologischen Zyklen der Pflanzen- (Wasser-, Sumpf- und Landpflanzen) und Tierarten (Wirbellose, Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel, Säugetiere), noch die ökologischen Funktionen der Lebensräume im Studiengebiet.

Unter den Lebensräumen und Arten, die zur Einrichtung der vier „Natura 2000“-Gebiete im Studiengebiet geführt haben, sind folgende Lebensräume und Arten potentiell auf direkte oder indirekte Weise, vorübergehend oder dauerhaft vom

Betrieb des Kraftwerks betroffen: zehn Lebensräume, fünf Insektenarten, zwölf Säugetierarten, eine Amphibienart, sechs Fischarten und siebenundzwanzig Vogelarten.

Die Analyse der Auswirkungen der Entnahmen, Ausflüsse und Belastungen, die in den vorstehenden Abschnitten beschrieben wurden, zeigt keine maßgeblichen Auswirkungen des Kraftwerksbetriebs und der Ausbaggerarbeiten auf die Umwelt auf. Die ökologischen Eigenschaften der Umwelt, die den ökologischen Reichtum der untersuchten Lebensräume bestimmen, werden nicht beeinträchtigt.

Auch die Umweltparameter der Luft und der Gewässer, die die ökologischen Eigenschaften der Lebensräume der untersuchten Arten bestimmen, werden vom Kraftwerksbetrieb nicht beeinträchtigt.

Somit ergeben sich für die Analyse der direkten und indirekten, dauerhaften und vorübergehenden Umweltfolgen des Kraftwerksbetriebs in Tricastin und der Baggerarbeiten keine maßgeblichen Beeinträchtigungen des Erhaltungszustands der vorrangigen oder schützenswerten Lebensräume und Arten, die zur Einrichtung der „Natura 2000“-Gebiete im Studiengebiet geführt haben.

Außerdem beeinträchtigen der Betrieb des Standorts von Tricastin und die Baggerarbeiten nicht die Managementziele, die in den Zielfestsetzungsunterlagen (DOCUMENTS d'OBJECTIFS – DOCOB) dieser Natura 2000-Standorte festgelegt sind.

5.7.6. Bevölkerung und deren Gesundheit

■ **Bewertung der dosisbedingten Auswirkungen auf den Menschen**

Die Auswirkungen, die den zulässigen Freisetzungsgrenzwerten der radioaktiven Ausflüsse des Kraftwerks von Tricastin zugeschrieben werden, wurden für Referenzpersonen ermittelt, d. h. den Personen, die in einem Umkreis von 5 km um das Kraftwerk leben und ggf. am stärksten exponiert sind.

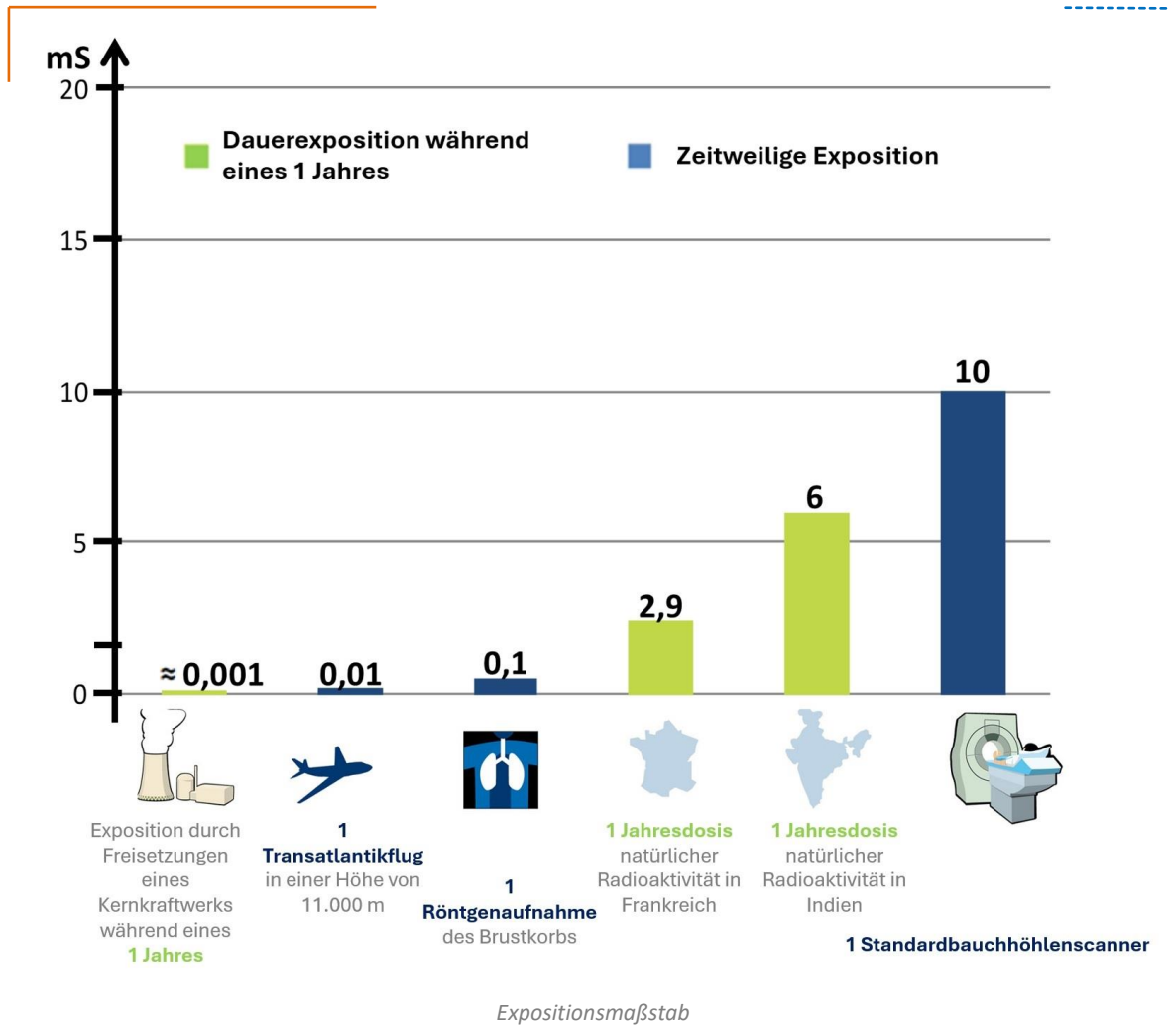
Die **Wirkdosis** misst die biologischen Auswirkungen der Radioaktivität. Sie wird in Sievert (Sv) bzw. meistens in Millisievert (mSv) oder Mikrosievert (μ Sv) angegeben.

Die jährliche Gesamtwirkdosis durch die interne und externe Exposition durch die freigesetzten flüssigen radioaktiven Schadstoffe des Standorts wird geschätzt:

- für Erwachsene auf $1,3 \cdot 10^{-3}$ mSv/Jahr, d. h. weniger als 2μ Sv/Jahr;
- für zehnjährige Kinder auf $1,2 \cdot 10^{-3}$ mSv/Jahr, d. h. weniger als 2μ Sv/Jahr;
- für einjährige Kinder auf $1,1 \cdot 10^{-3}$ mSv/Jahr, d. h. weniger als 2μ Sv/Jahr.

Diese Dosen betragen weniger als 0,2 % des jährlichen Expositionsgrenzwerts eines Einwohners, der vom französischen Sozialgesetzbuch auf 1 mSv festgelegt ist.

Um diese Dosen mit anderen Expositionsarten zu vergleichen, zeigt die folgende Abbildung die Größenordnungen der in normalen Situationen empfangenen Dosen.



■ Bewertung der Gesundheitsrisiken durch Chemikalienfreisetzungen

Es wurde nachgewiesen, dass die aktuellen Freisetzungen des Kraftwerks von Tricastin keinen Einfluss auf den chemischen Zustand des Kanals von Donzère-Mondragon und die Rhone haben.

Die prospektive Bewertung der Gesundheitsrisiken (ERPS – Évaluation prospective des risques sanitaires, siehe Abschnitt 5.2) ergab keine Gesundheitsrisiken durch vom Kernkraftwerk von Tricastin verursachte flüssige Chemikalienfreisetzungen auf die benachbarten Bevölkerungsgruppen, die potentiell durch den Verbrauch des Wassers aus dem Kanal von Donzère-Mondragon und den Verzehr der unterhalb des Kraftwerks gefischter Fische exponiert wären.

STUDIE ÜBER DIE KUMULIERTEN AUSWIRKUNGEN DER KRAFTWERKE AN DER RHÔNE

2023 hat EDF eine Studie über die kumulierten Auswirkungen der Kernkraftwerke an der Rhône durchgeführt. Für die Studie wurden zwei sich ergänzende Ansätze verwendet:

- Ein qualitativer Ansatz, der sich auf die Daten der Überwachung der Umwelt flussaufwärts und flussabwärts der Standorte stützt, um eventuelle Entwicklungen am Fluss zu ermitteln;
- Ein quantitativer Ansatz der Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit, der auf der Modellberechnung einer Kumulierung der tatsächlichen Schadstofffreisetzungen der Anlagen und der tatsächlichen Durchflussmenge in den Jahren 2018 und 2017 beruht, die jeweils einem durchschnittlichen Jahr und einem Jahr mit einem deutlichen Niedrigwasser entsprechen.

Radiologische Auswirkungen auf die Bevölkerung: die Gesamtdosen aufgrund der Kumulierung flüssiger radioaktiver Schadstofffreisetzungen betragen weniger als 0,1 % des für die Bevölkerung vorgeschriebenen Dosisgrenzwerts von 1 mSv/Jahr.

Gesundheitliche Auswirkungen auf die Bevölkerung: der Auslegungsansatz für den Zustand der Umwelt schließt, dass die kumulierten Ausflüsse in die Rhône keinen Einfluss auf die chemische Zusammensetzung des Flusses hat und somit die Kompatibilität des Wassers mit den ermittelten Nutzungsarten nicht beeinträchtigt ist. Die quantitative Bewertung der Gesundheitsrisiken ergibt keine Gesundheitsrisiken durch die flüssigen Chemikalienfreisetzungen, die den Kernkraftwerken entlang der Rhône zuzuschreiben sind, für die benachbarten Bevölkerungsgruppen, die den Stoffen potentiell exponiert sind.

■ **Bewertung der Auswirkungen der Lärm- und Vibrationsbelastung**

Die Ergebnisse der Konformitätsanalysen zeigen, dass die Lärmpegel des Kraftwerks von Tricastin den im Artikel 4.3.5 der französischen INB-Verordnung festgelegten Zielen entsprechen.

Außerdem verursacht der Betrieb der Anlagen (hauptsächlich der rotierenden Maschinen) Schwingungen. Die Vibrationen können innerhalb der Anlagen wahrgenommen werden, jedoch aufgrund der Bauwerkskonzepte und Bodenbeschaffenheit nicht außerhalb der Anlagen. Für die benachbarten Bevölkerungsgruppen besteht somit keinerlei Risiko von Emissionen durch die bestehenden Anlagen.

Die eventuellen Bau- und Straßen- sowie VRD-Arbeiten, die Vibrationen verursachen, befinden sich innerhalb der Grundstücksgrenzen des Kraftwerks, sind zeitlich begrenzt und beschränken sich auf die normalen Arbeitszeiten an Werktagen. Dadurch ist die mögliche Vibrationsbelastung begrenzt. Außerdem werden die Vibrationen aufgrund des Abstands zwischen dem Kraftwerk und den Wohngebieten in letzteren kaum wahrzunehmen sein.

Die Tätigkeiten im Kraftwerk von Tricastin verursachen daher keine Vibrationen, die sich nachteilig auf die Nachbarschaft auswirken könnten.

■ **Bewertung der Auswirkungen der Lichtemissionen**

Die Lichtemissionen entstehen hauptsächlich durch die Beleuchtung zur Kraftwerkssicherung (Schutz gegen unerlaubtes Eindringen, Warnung für Flugzeuge...). Sie können daher nicht vermieden werden, jedoch werden die visuellen Auswirkungen außerhalb des Kraftwerks durch die Ausrichtung dieser Leuchten minimiert.

Die Auswirkungen der Lichtemissionen sind somit vernachlässigbar.

5.7.7. Menschliche Aktivitäten

■ **Analyse der Auswirkungen auf die Flächennutzung**

Die Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen der radioaktiven und chemischen Ausflüsse des Kraftwerks von Tricastin zeigt keine Gesundheitsrisiken für die potentiell exponierten benachbarten Bevölkerungsgruppen auf, die durch den Betrieb des Kraftwerks verursacht würden (siehe Abs. 5.7.6).

Daraus kann auf ein Ausbleiben maßgeblicher Auswirkungen auf die Flächennutzung, insbesondere landwirtschaftlich genutzter Flächen, sowie auf Sachwerte (Wohnstätten, Industriegebiete usw.) geschlossen werden.

■ **Analyse der Auswirkungen auf die Landschaft und das Kulturerbe**

Der Standort von Tricastin wurde 1974 errichtet. Das Kernkraftwerk ist somit seit mehr als 40 Jahren vorhanden und ist heute Teil der Landschaft. Der aktuelle Betrieb des Kraftwerks von Tricastin ändert nicht seine Auswirkungen auf die

Landschaft und das Kulturerbe (unter Denkmalschutz stehende Standorte, registrierte Standorte, historische Sehenswürdigkeiten und archäologische Standorte). Es sind keine Weiterentwicklungen des Kraftwerks geplant, die diese Schlussfolgerungen für die kommenden 10 Jahre in Frage stellen könnten.

■ **Analyse der Auswirkungen auf die Wassernutzung**

Der Betrieb des Kraftwerks von Tricastin erfordert diverse Wasserversorgungsbedürfnisse, wobei der Hauptwasserverbrauch der Kühlung der Verflüssiger dient. Das aus dem Kanal von Donzère-Mondragon entnommene Kühlwasser wird vollumfänglich zurückgeleitet.

Die Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen der radioaktiven und chemischen Ausflüsse zeigt keine Gesundheitsrisiken für die potentiell exponierten benachbarten Bevölkerungsgruppen auf, die durch den Betrieb des Kraftwerks von Tricastin verursacht würden. Der Betrieb des Kraftwerks von Tricastin hat somit keine Auswirkungen auf die Verfügbarkeit der Wasserressource, und die Art der Ausflüsse stellt die Nutzung des Wassers in der Nähe des Kraftwerks von Tricastin nicht in Frage.

■ **Analyse der Auswirkungen auf die Infrastrukturen und Kommunikationswege**

Der Betrieb des Kraftwerks von Tricastin verursacht ein tägliches Verkehrsaufkommen von 1.000 Pkw und 40 Lkw.

Der gesamte vom Kraftwerk verursachte Verkehr entspricht jeweils 1,4 % bzw. 9,7 % (Pkw und Lkw) des lokalen Verkehrs auf der Autobahn A7 und der Nationalstraße RN 727.

Im Vergleich zum Verkehr auf dem benachbarten Straßennetz ist das vom Kraftwerk verursachte Verkehrsaufkommen somit recht unbedeutend.

Bestimmte Stoffe werden durch Gütertransporte geliefert oder versendet (Schienennetz). Es handelt sich dabei um 13 Züge pro Jahr, was vernachlässigbar ist und keine Auswirkungen auf die Schienenverkehrsinfrastrukturen hat.

Die Abbaggerarbeiten im Zulaufkanal des Kraftwerks haben keine Auswirkungen auf die Schiffbarkeit des Kanals von Donzère-Mondragon.

Hinweis: die Durchflussmenge im Kanal wird im Bereich des Wehrs von Donzère – ca. 13 km flussaufwärts des Kraftwerks von Tricastin – geregelt, um die Nutzungsvorschriften des Bauwerks einzuhalten und insbesondere die seit dem 1. Januar 2014 vorgeschriebene Reserve-Durchflussmenge sicherzustellen. Wenn diese Durchflussmenge erreicht wird, kann das Kraftwerk kein Wasser mehr aus dem Kanal entnehmen, um die Schiffbarkeit des Kanals nicht zu beeinträchtigen.

Für die nächsten zehn Jahre sind keine Änderungen geplant.

■ **Analyse der Auswirkungen auf das Industrieumfeld**

Mit Ausnahme der Anlagen im Industriegebiet von Tricastin pflegt das Kraftwerk von Tricastin keine Wechselbeziehungen mit den anderen Industrieanlagen des Studiengebiets, da die Tätigkeitsbereiche des Kraftwerks und der Industriestandorte des Studienbereichs keine Gemeinsamkeiten aufweisen (Hoch- und Tiefbau, Nahrungsmittelindustrie, Chemikalienhersteller usw.), und beeinträchtigt somit auch nicht sein industrielles Umfeld.

■ **Analyse der Auswirkungen auf Freizeitanlagen und -aktivitäten**

Die Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen der radioaktiven und chemischen Ausflüsse aus dem Betrieb des Kraftwerks zeigt keine Gesundheitsrisiken für die potentiell exponierten benachbarten Bevölkerungsgruppen auf, die durch den Standort von Tricastin verursacht würden.

Daher hat der Betrieb des Kraftwerks von Tricastin keine Auswirkungen auf Freizeitanlagen und -aktivitäten.

■ **Analyse der Auswirkungen auf den Energieverbrauch**

Der Betrieb des Kraftwerks von Tricastin dient der Erzeugung von elektrischer Energie: die für das Jahr 2024 berechnete Bruttoenergieerzeugung beläuft sich auf 21,64 TWh.

Der Stromverbrauch des Kraftwerks liegt in einer Größenordnung von ca. 1 TWh, d. h. weniger als 4,6 % der vom Kraftwerk erzeugten elektrischen Energie.

Hinweis: Der Standort verfügt über Diesel-Notstromaggregate. Deren ordnungsgemäße Funktion wird durch periodische Probeläufe gewährleistet. Der mit diesen Probeläufen verbundene Kraftstoffverbrauch beläuft sich auf 124 m³ pro Jahr (Durchschnittsverbrauch von 2014 bis 2017).

Für die nächsten zehn Jahre sind keine Änderungen geplant.

5.7.8. Abfallmanagement

5.7.8.1. Erzeugte Abfälle

Für seine Tätigkeiten zur Stromerzeugung, Anlagenwartung, Lagerung der Abfälle und Logistik erzeugt der Betrieb des Kraftwerks von Tricastin zwei Arten von Abfällen: radioaktive Abfälle und konventionelle Abfälle.

- Radioaktive Abfälle werden entsprechend ihrer Radioaktivitätsklasse und der Halbwertszeit der enthaltenen Radionuklide eingestuft. Sie stammen aus:
 - Der Aufbereitung radioaktiver Ausflüsse: Filter, Aktivkohle, Verdampfungskonzentrate, Wasserfilter, Ionentauscherharze, Schlamm...
 - Den Maßnahmen zum Handling der Brennelemente: Bündel, Stabhüllen, Brennelementgestelle...
 - Den normalen Wartungsmaßnahmen: radioaktive Ausschussteile aus der Mechanik, Werkzeug, Stoffabfälle...
- Die konventionellen Abfälle sind Abfälle, die in den Bereichen ohne radioaktive Stoffe erzeugt werden. Sie bestehen aus inerten Abfällen (Schutt, Erde...), nicht inerten ungefährlichen Abfällen (Holz, Verpackungen, Papier, Karton, Glas, Kunststoff, Metalle...) und gefährlichen Abfällen (Lacke, Kohlenwasserstoffabfälle, Asbest...).



WEITERE INFORMATIONEN ÜBER ... DEN ZYKLUS DER Brennelemente IN FRANKREICH

Der Hauptbrennstoff, der in Kernreaktoren verwendet wird, ist Uran, eine natürliche Ressource. Der „Brennelementezyklus“ bezeichnet sämtliche Industrieschritte, die die Brennelemente betreffen, vom Abbau des Erzes bis zur Lagerung der radioaktiven Abfälle aus den verbrauchten Brennstäben.

Der Brennelementezyklus besteht aus drei Schritten:

- Erste Phase des Zyklus: das Uran wird abgebaut, mittels eines chemischen Verfahrens in einen gasförmigen Zustand umgewandelt und angereichert. Dieses Material wird als Kernbrennstofftablette in hermetisch verschlossene Metallrohre eingesetzt, die zu Brennelementebündeln aus angereichertem Natururan (UNE – Uranium naturel enrichi) zusammengebaut werden.
- Zentrale Phase des Zyklus: diese Brennelementebündel werden in die Reaktoren geladen und vier bis fünf Jahre lang verwendet, um elektrischen Strom zu erzeugen.
- Letzte Phase des Zyklus: Nach diesem Zeitraum werden die Brennelementebündel ausgebaut und während einer ersten Phase zum Abbau der Wärme und Radioaktivität im Abklingbecken des Brennelementelagers des Kraftwerks zwischengelagert. Anschließend werden die Brennelementebündel nach der Aufbereitung in einem „geschlossenen Zyklus“ recycelt, wobei die recyclebaren Energieträger der verbrauchten Brennelemente (Plutonium und Uran) extrahiert und nur die Abfälle als solche betrachtet werden, die nicht wiederverwertbar sind.

Aufgrund der Entscheidung der französischen Regierung für ein Recycling im „geschlossenen Zyklus“ können Ressourcen gespart und das erzeugte Abfallvolumen reduziert werden.



5.7.8.2. Modalitäten und Sektoren für das Abfallmanagement

Die verschiedenen Schritte für das Abfallmanagement sollen die Zumutbarkeit der Abfälle durch den oder die Sektoren gewährleisten, für die sie bestimmt sind, und die jeweiligen Auswirkungen verringern. Dies gilt insbesondere für die radioaktiven Abfälle, die für die ANDRA-Lagerstätten bestimmt sind. Die Schritte des Abfallmanagements: Sortierung vor Ort, Sammeln, Prüfen, Verpackung und Abtransport.

■ Radioaktive Abfälle

Die radioaktiven Abfälle werden vor Ort nach Ortsdosisleistung (DeD – Débit d'équivalent de dose) – unter oder über 2 mSv/h bei Kontakt –, ihrem physikalischen Zustand (Feststoff oder Flüssigkeit), ihrer physikalischen Art und ihrem Produktionsort sortiert.

Sie werden an verschiedenen Stellen gesammelt, geprüft und verpackt, damit sie die Anforderungen der Spezifikationen des Sektors erfüllen, für den sie bestimmt sind (z. B. Verpackung in Betonverschalungen, Metallfässern oder Kunststoffbehältern für technologische, nur schwach radioaktive Abfälle, im Big-Bag oder Kisten für technologische, nur sehr schwach radioaktive Abfälle).

Die Zwischenlagerbereiche und -anlagen sowie die Zwischenlager-Referenzdauern von radioaktiven Abfällen berücksichtigen die Art und Radioaktivität der Abfälle sowie die Eigenschaften der Anlagen und Bereiche für die dazugehörigen Zwischenlageranlagen und Bereiche.

Nach der Zwischenlagerung werden die Abfälle des Standorts entsprechend ihrer Eigenschaften den jeweiligen Sektoren der nationalen Behörde für die Verwaltung radioaktiver Abfälle (ANDRA – Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) und von Cyclife France (CENTRACO) zugeführt:

- Der Verbrennungssektor von Cyclife France (**CENTRACO**) zur Aufbereitung sogenannter „technologischer“ Abfälle (Vinyl, Papier, Lappen...), Ionentauscherharze, wässrige Ausflüsse, borhaltige Konzentrate, Öle und Lösemittel;
- Der Verbrennungssektor von Cyclife France (CENTRACO) zur Aufbereitung eisenhaltiger Metallabfälle und gemischter Abfälle sowie bestimmter massiver Teile, unter der Voraussetzung der Annahme der Anfrage;
- Der Lagerungssektor der ANDRA mit der Lagerstätte im Département Aube (CSA – Centre de stockage de l'Aube) oder des Industriezentrums mit Sammelzwischenlager- und -lagerstätte (CIRES – Centre industriel de regroupement d'entreposage et de stockage) sammeln, bereiten ggf. auf und lagern Abfälle mit sehr schwacher bis mittlerer Radioaktivität.

Das Aufbereitungs- und Verpackungszentrum **CENTRACO** (CENTre de TRAITement et de COnditionnement) ist eine Industrieanlage zur Aufbereitung von sehr schwach bis mäßig radioaktiven Abfällen mit kurzer Halbwertszeit.



©EDF

CENTRACO-Lebenszyklus – Trennen mit dem Schneidbrenner vor dem Einschmelzen

■ Konventionelle Abfälle

Konventionelle Abfälle werden in einer minimalen Entfernung vom Ort ihrer Erzeugung gesammelt. Bestimmte Abfälle werden im Überführungslager für konventionelle Abfälle im Kraftwerk gesammelt und zwischengelagert, bevor sie nach einer Kontrolle an den C3-Portalen (Strahlenschutzprüfgerät zur Gewährleistung, dass am Standortausgang keine Kontamination vorhanden ist) weitergeleitet werden.

Die vom Kraftwerk von Tricastin für konventionelle Abfälle eingesetzten Sektoren werden in zwei Arten unterteilt: der Abfallbeseitigungssektor und der Wiederverwertungssektor.

Die Wahl des Sektors wird von den drei folgenden Prinzipien bestimmt:

- Der Hierarchie der Abfallaufbereitungsmethoden, die vorzugsweise in der folgenden Reihenfolge zur Anwendung kommen: Wiederverwendung, Recycling, sonstige Wiederverwertungen (insbesondere für die Wärmegegewinnung) und Abfallbeseitigung;
- Dem Prinzip der Standortnähe;
- Der Eignung der lokalen/regionalen/nationalen Vorbeugungs- und Abfallmanagementpläne

5.7.9. Maßnahmen zur Vermeidung und Minimierung der Auswirkungen und Kompensierungsmaßnahmen

↳ ERC-MESSUNGEN

Die Reihenfolge „Vermeiden, verringern, kompensieren“ (ERC – Éviter, réduire, compenser) soll Umweltschäden vermeiden, diejenigen verringern, die nicht hinreichend vermieden wurden, und nach Möglichkeit die maßgeblichen Auswirkungen kompensieren, die weder vermieden noch hinreichend verringert werden konnten.

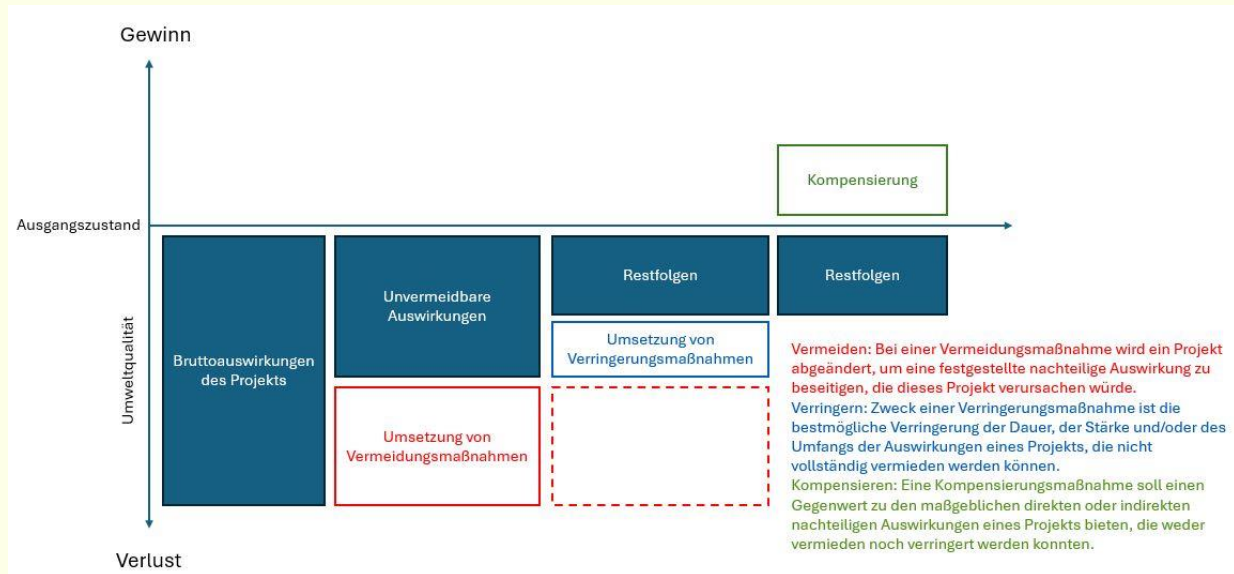


Abbildung der ERC-Sequenz in der französischen Rechtsprechung (Quelle: environnement.gouv.fr)

■ Luft und Klimafaktoren

Um die Abgase der Notstromaggregate zu verringern, richtet das Kraftwerk von Tricastin ein Programm zur optimierten Wartung ein, im Rahmen dessen ein Kraftstoff mit sehr niedrigem Schwefelgehalt verwendet und der Sauberkeit der Motorzylinder besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird.

Das Kraftwerk von Tricastin implementiert auch Maßnahmen zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen (Umsetzung eines nationalen Plans für die Begrenzung von SF₆-Lecks, ein Gas, das in elektrischen Anlagen als Dielektrikum verwendet wird) und der Klimaerwärmung durch den Mitarbeitertransport (Einrichtung von Buslinien zum Transport der Mitarbeiter zwischen ihrem Zuhause und dem Kraftwerk, Bereitstellung einer Elektroautoflotte für Dienstfahrten im Umkreis des Kraftwerks, Förderung der Nutzung von Elektrofahrzeugen bei externen Dienstleister, Begrenzung des Fahrzeugverkehrs am Kraftwerksstandort).

■ Oberflächengewässer

Das Kraftwerk von Tricastin ergreift Maßnahmen zur optimierten Begrenzung seiner Ausflüsse durch Verringerung ihrer Erzeugung am Entstehungspunkt, durch selektives Sammeln, durch Aufbereitung in leistungsstarken Anlagen, durch Optimierung der Aufbereitung der Leitungssysteme, um Freisetzung von Chemikalien auf das absolute Minimum zu beschränken, durch Sicherstellung der Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften und durch fortgesetzte Einbeziehung der verschiedenen Akteure.

Zur Verringerung der Auswirkungen der Wärmeemissionen wird der Betrieb der Reaktoren unter Beachtung der Anforderungen der Vorschriften angepasst, insbesondere bei besonderen Klimasituationen wie zum Beispiel Hitzewellen. Ggf. verringert das Kraftwerk seine Leistung oder unterbricht den Betrieb, um die Erwärmung der Rhône unter dem vorgeschriebenen Grenzwert zu halten.

■ Böden und Grundwasser

Das Kraftwerk von Tricastin ergreift alle möglichen Maßnahmen, um die Risiken einer Freisetzung in den Boden und das Grundwasser auf ein Minimum zu reduzieren. Dazu werden spezielle Anlagen für den Umgang mit den Stoffen, die die Böden und das Grundwasser belasten könnten, gebaut, betrieben und gewartet.

Die Zwischenlagerung, Lagerung und Nutzung von Gefahrstoffen sind streng reglementiert und die Lagerung erfolgt unter maximalen Vorbeugungsmaßnahmen, um ihre versehentliche Freisetzung in die Umwelt zu verhindern (Sammelbecken, Verlagerung in abgedichtete Bereiche usw.). Strategische Bereiche werden für den Fall von Freisetzungen mit Umweltschutzsets ausgestattet.

■ Radioökologie

Die implementierten Entwicklungs- und Betriebsmaßnahmen dienen der Begrenzung der Freisetzungen radiologischer Ausflüsse durch Verringerung der Freisetzungsmengen an der Quelle (Recycling der Ausflüsse aus dem Primärkreis, Verbesserung der Brennstabhüllen), **Filterung** oder spezielle Aufbereitung vor der Freisetzung, Optimierung der Freisetzungen hinsichtlich der **Halbwertszeit** der Radionukleide und Steuerung der Freisetzungen.

Die **Filterung** dient dazu, den Großteil der Radionukleide vor ihrer Freisetzung auszufiltern. Die Kernkraftwerke von EDF sind mit hochwirksamen Filtern (THE – Très haute efficacité) ausgestattet.

■ Artenvielfalt

Da die Rückleitungen und Entnahmen keine merklichen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt verursachen, sind außer den im Kapitel bezüglich der Oberflächengewässer beschriebenen keine zusätzlichen Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung der Folgen erforderlich.

Der **radioaktive Zerfall** bezeichnet die Verringerung der Radioaktivität eines radioaktiven Stoffs durch spontane Zersetzung im Laufe der Zeit.

Zusätzlich zu diesen Maßnahmen wird im Rahmen der Ausbagger- und Sedimentrückleitungsarbeiten eine spezielle Maßnahme für die Fauna und Flora vorgeschlagen. Dabei wird die Sedimentrückleitung vorzugsweise außerhalb der für die Fauna und Flora kritischen Zeiträume vorgenommen, insbesondere außerhalb der Zeit der Maifisch-Wanderung.

■ Bevölkerung und deren Gesundheit

Die Maßnahmen zur Vermeidung und Reduzierung der Auswirkungen der Freisetzungen in die Atmosphäre und die Oberflächengewässer wurden bereits erläutert.

In Bezug auf die Lärmbelastung werden bereits während der Entwicklung Maßnahmen zur Verringerung der Lärmbelastungsquellen ergriffen. An bestimmten kernsicherheitsrelevanten Anlagenteilen werden im Rahmen der periodischen Prüfungen Messungen durchgeführt. Bei der Implementierung zeitlich begrenzter Anlagen werden besondere Maßnahmen ergriffen.

Hinsichtlich der Lichtemissionen werden Maßnahmen zur Verringerung der potentiellen Belästigung ergriffen (Ausrichtung der Leuchten zum Kraftwerk hin und auf den Boden, Begrenzung der Beleuchtung auf das für die Sicherheit des Kraftwerksbereichs nötige Minimum außerhalb der Arbeitszeiten).

■ Menschliche Aktivitäten

Da die Ausflussrückleitungen und Wasserentnahmen keine merklichen Auswirkungen auf die menschlichen Tätigkeiten verursachen, sind außer den bereits beschriebenen keine zusätzlichen Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung der Folgen erforderlich.

Um die vom Kraftwerk von Tricastin genutzte Fläche zu minimieren wurde die Anordnung der Anlagen bereits während der Planungsphase so strukturiert, dass sie möglichst wenig Raum einnehmen und so weit wie möglich die bereits vorhandene Infrastruktur nutzen.

■ Abfallmanagement

Das Konzept des Kraftwerks von Tricastin ermöglicht ein optimiertes Abfallmanagement, das auf folgenden Punkten beruht:

- Der Verringerung der Menge und Schädlichkeit der Abfälle an der Quelle;
- Der Sortierung und selektiven Sammlung der Abfälle;

- Der Überwachung der Einhaltung aller Vorschriften bezüglich des Abfallmanagements;
- Der Verringerung des Gefahrenpotenzials der industriellen und konventionellen Abfälle;
- Der Optimierung der Verpackung der Abfälle, insbesondere durch Verringerung des Volumens (Verdichtung, Shreddern, Zerkleinerung) oder die Aufbereitung zur Weiterleitung an die entsprechenden Sektoren (Kübel für konventionelle Abfälle, Metall- oder Kunststofffässer für schwach radioaktive technologische Abfälle);
- Der Verkürzung der Zwischenlagerungsdauer der Abfälle am Standort und des zeitnahen Abtransports der Packstücke. Dieses Prinzip ermöglicht außerdem den einfacheren Umgang mit ungewöhnlich hohen Abfallmengen (insbesondere bei Wartungsmaßnahmen während der Reaktorstilllegung) oder einer zeitweiligen Unverfügbarkeit der Sektoren;
- Der Bevorzugung einer Recycling- oder Aufbereitungslösung.

5.7.10. Auswirkungen der Stilllegung des Kraftwerks auf den Klimawandel

Im Falle einer hypothetischen endgültigen Stilllegung des Kraftwerks verringern sich die Auswirkungen auf die Umwelt unter anderem aufgrund der geringeren Wasserentnahme- und Freisetzungsmengen. Wie bereits erläutert, sorgen das Konzept, die ständigen Verbesserungen, die während des 40jährigen Betriebs implementiert wurden, die Maßnahmen für die Artenvielfalt und die Kontrolle des Betriebs dafür, dass der normale Betrieb des Kraftwerks keine maßgeblichen negativen Auswirkungen auf seine Umwelt verursacht. Seine Stilllegung würde keine nennenswerten Vorteile für die Umwelt bieten. Andererseits würde die Stilllegung des Kraftwerks zu einer deutlichen Zunahme der Treibhausgasfreisetzungen führen,

da die Erzeugung von Strom durch Kernenergie nur sehr wenig Treibhausgase freisetzt. 4 Gramm CO₂-Äquivalent pro kWh gemäß der [Lebenszyklusanalyse \(ACV\) der kWh aus Kernkraft](#) für den gesamten Lebenszyklus des aktuellen französischen Kraftwerksparks, im Verhältnis zu einem Durchschnittswert von 275 g CO₂/kWh für den europäischen Energiemix (<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat-2024/fr/livre>).

Das Kraftwerk von Tricastin erzeugt durchschnittlich ca. 21,5 TWh/Jahr Strom, wobei ca. 86.000 Tonnen CO₂ freigesetzt werden.

Im Falle einer endgültigen Stilllegung des Kernkraftwerks von Tricastin würde der CO₂-Ausstoß zur Erzeugung der gleichen Menge Strom aus dem europäischen Energiemix etwa 6 Millionen Tonnen CO₂¹⁹ betragen.

¹⁹ Ausgehend von der CO₂-Absorptionskapazität von ca. 4 T CO₂/ha/Jahr eines Laubwaldes müssten etwa 1,5 Millionen Hektar (150 km x 100 km) Wald gepflanzt werden, um die Freisetzung dieser zusätzlichen CO₂-Menge in die Atmosphäre zu kompensieren.



Im Falle eines Kernreaktorunfalls können potentiell gesundheitsschädliche radioaktive Stoffe in die Umwelt entweichen.

Dieses Kapitel beschreibt die Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt aufgrund eventueller radiologischer Störfälle und Unfälle. Zur Prüfung des Konzepts von Kernkraftanlagen gelten in Frankreich Höchstwerte für die radiologischen Folgen oder Maximaldosiswerte, die unter Berücksichtigung der Häufigkeit von Unfällen festgelegt werden. So gelten zum Beispiel für Störfälle mit mäßiger Häufigkeit (ein Unfall in über 100 Betriebsjahren) Dosen, die durch das französische Sozialgesetzbuch festgelegt sind. Bei sehr hypothetischen schwereren Unfällen mit Kernschmelze, zum Beispiel, müssen die Folgen räumlich und zeitlich begrenzt bleiben und mit dem Management der Situation durch die Behörden kompatibel sein, um die Bevölkerung zu schützen. Daher wurden die Störfälle und Unfälle, auch solche mit Kernschmelze, bei der Entwicklung und dem Betrieb des Kraftwerks berücksichtigt, damit ihre Folgen verringert und eingeschränkt werden können.

Grenzüberschreitende Auswirkungen sind nur bei Unfällen mit Kernschmelze wahrscheinlich. Während des normalen Betriebs oder sonstiger Unfälle sind diese Auswirkungen tatsächlich vernachlässigbar. Ein solcher Unfall mit Kernschmelze ist ein sehr unwahrscheinliches extremes Ereignis, das nur bei einem Ausfall mehrerer Schutzsysteme und Steuerungssysteme des Reaktors auftreten kann. Die Auswirkung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in einem Umkreis von bis zu 1.000 km um das Kraftwerk im Falle eines Unfalls mit Kernschmelze wurde gemäß dem Prinzip des „Worst Case“ untersucht.

Nach der endgültigen Stilllegung des Reaktors werden die verbrauchten Brennelemente während der Rückbauvorbereitungsphase aus dem Reaktor in das Lagerbecken überführt. Danach ist die Möglichkeit eines Unfalls mit Kernschmelze nicht mehr gegeben (siehe § 4.4).

6.1. Anforderungen hinsichtlich der radiologischen Folgen

6.1.1. Ansatz zur Bewertung der radiologischen Folgen

Um zu prüfen, dass die (in 4 Kategorien eingestuft) zusätzlichen oder Bemessungsstörfälle und -unfälle, oder die Unfälle mit Kernschmelze – auch in einem grenzüberschreitenden Kontext – nur begrenzte radiologische Folgen für die Bevölkerung haben, werden die Ergebnisse der Dosisberechnungen mit den an die untersuchte Situation angepassten Dosisgrenzwerten verglichen. Da die für eine Kernkraftanlage möglichen Auslöser nicht die gleichen Wahrscheinlichkeiten eines Auftretens aufweisen, müssen die erlittenen radiologischen Folgen umso geringer sein, je höher die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls ist.

Außerdem werden diese Dosisgrenzwerte auch hinsichtlich des zu betrachtenden Zeitraums untersucht:

- Die Dosis für die kurzfristige Phase des Unfalls, die auf 24 Stunden und auf 7 Tage berechnet wird,
- Und die langfristige Dosis, die für die strahlenempfindlichste Bevölkerung auf 50 Tage berechnet wird.

Diese Dosen werden für die Entfernung berechnet, in der sich bei den Kraftwerken der 900 MWe-Klasse oder den konventionellen Kraftwerken die nächstgelegenen Wohnstätten befinden (650 m bzw. 2, 5 und 10 km). Bei den Reaktoren von Tricastin liegen die nächstgelegenen Wohnstätten in einer Entfernung von 1.000 m.

Die Bewertung der radiologischen Folgen von Unfällen beruht auf einer annehmbar pessimistischen Bewertung der Freisetzungen in die Umwelt, unter Berücksichtigung aller Übertragungswege von den Brennelementen bis zu den Grenzen der Anlagen. Die Dosen aufgrund der freigesetzten radioaktiven Stoffe werden dann auf der Grundlage realistischer Szenarien bewertet, ohne dabei eventuelle Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere die folgenden Dosen:

- Die kurz- oder langfristige Gesamtwirkdosis (oder Gesamtkörperdosis)
- Die für die kurzfristige Phase geschätzte schilddrüsenäquivalente Dosis.

Die Bewertung der Wirkdosen berücksichtigt alle internen und externen Expositionswege (Wolke, Ablagerungen, Einatmen und Verschlucken).

Um die Auswirkungen der freigesetzten Radioaktivität auf den Menschen und die Umwelt möglichst umfassend beurteilen zu können, wird die Messung der Dosen durch eine Bewertung des Abstands vervollständigt, unter dem die Kontamination der Nahrungsmittel (insbesondere bei Milch und Pflanzen) die in der Europäischen Union geltenden Grenzwerte für die Vermarktung überschreitet (maximal zulässige Level (NMA – Niveaux maximaux admissibles)).

Alle diese Dosimetrie-Bewertungen berücksichtigen die Unsicherheiten aufgrund mangelnder Kenntnisse. Es wurden keine Kenntnislücken festgestellt, die eine aussagekräftige Bestimmung dieser Dosen verhindern könnten, deren Ergebnisse im Folgenden näher beschrieben werden.

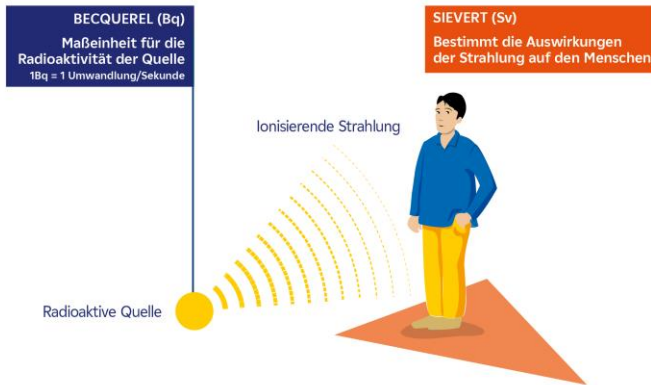
6.1.2. Anforderungen an die Ergebnisse

Bezugswerte der maximalen radiologischen Folgen:

- 1. Kategorie – Normalbetrieb: Einhaltung der vom französischen Sozialgesetzbuch festgelegten Dosisgrenzwerte; die Beachtung dieser Werte wird durch die Einhaltung der in den Beschlüssen der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz) festgelegten Freisetzungsgrenzwerten für radioaktive Stoffe gewährleistet.
- 2. Kategorie – Mäßig häufige Störfälle: Beachtung der dem Kraftwerk zugestandenen jährlichen Freisetzungen für jeden Störfall der 2. Kategorie. Die Auswirkungen dieser Freisetzungen übersteigen an der Standortgrenze nicht den Wert von 1 mSv/Jahr.
- 3. Kategorie – Sehr selten auftretende Unfälle: kurzfristige Wirkdosis < 10 mSv.

- 4. Kategorie – Hypothetische Unfälle: kurzfristige Wirkdosis < 50 mSv.
- Zusätzliche Ereignisse und Unfälle: kurzfristige Wirkdosis < 50 mSv.

MAßEINHEITEN DER RADIOAKTIVITÄT



Diese Beschreibung beschränkt sich auf die am häufigsten verwendete Einheiten:

- Das **Becquerel (Bq)** misst die Radioaktivität der Quelle, d. h. die Anzahl Kernumwandlungen pro Sekunde. Diese Einheit ist extrem klein: Die Radioaktivität von Granit beispielsweise beträgt 1.000 Bq/kg.
- Das **Sievert (Sv)** gibt die Auswirkungen der Strahlung auf den Menschen an. Die Exposition wird im Allgemeinen in Millisievert (mSv) oder Mikrosievert (µSv) angegeben.
Beispiel: in Frankreich liegt die Exposition einer Person durch natürliche Radioaktivität im Durchschnitt bei 3 mSv pro Jahr.

Im Hinblick auf die **kontinuierliche Verbesserung** zielt die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung darauf ab, möglichst bei allen Bemessungsunfällen oder zusätzlichen Ereignissen oder Unfällen auf die Implementierung von Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung (Abschirmung, Evakuierung, Verabreichung von stabilem Jod) verzichten zu können. Die Ergebnisse werden mit Bezugswerten verglichen, die den Einsatzleveln bei radiologischen Notstandssituationen entsprechen:

- Eine Wirkdosis von 10 mSv für die Abschirmung,
- Eine Wirkdosis von 50 mSv für die Evakuierung,
- Eine schilddrüsenequivalente Dosis von 50 mSv für die Verabreichung von stabilem Jod.

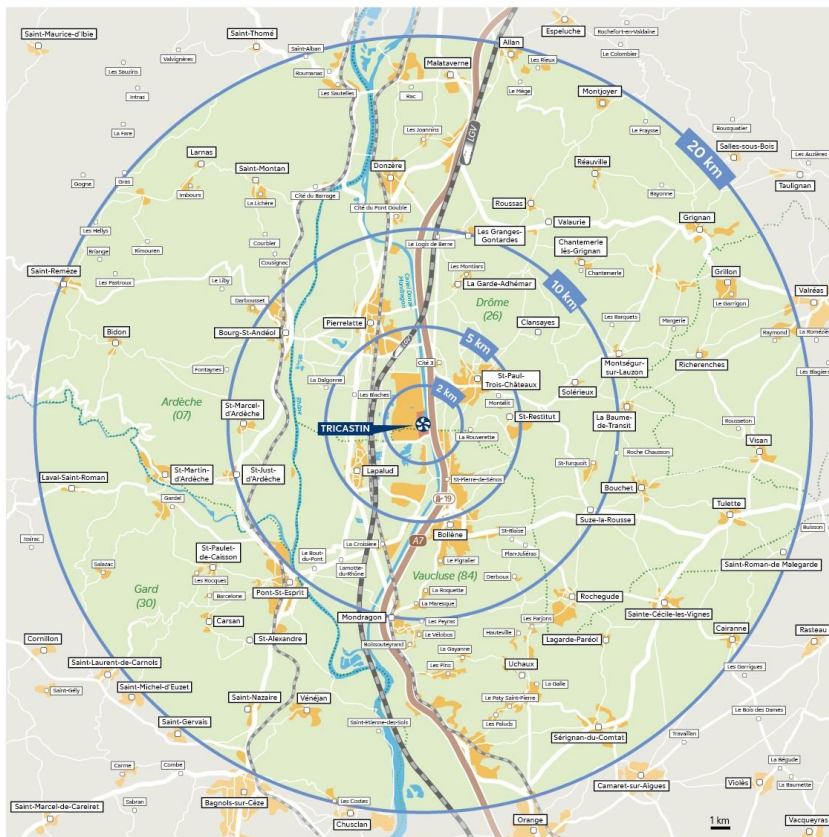
<p>ABSCHIRMUNG</p> <p>Schutz des Organismus bei voraussichtlicher GANZKÖRPERDOSIS 10 mSv</p>	<p>EINNAHME EINER JODTABLETTE</p> <p>Schützt die Schilddrüse bei voraussichtlicher SCHILDRÜSENDOSIS 50 mSv</p>	<p>EVAKUIERUNG</p> <p>Schutz des Organismus bei voraussichtlicher GANZKÖRPERDOSIS 50 mSv</p>
---	---	---

Bei den **langfristigen Gesamtwirkdosen** aus Unfällen entspricht der festgelegte Referenzwert dem Dosisgrenzwert aus dem französischen Arbeitsgesetzbuch, d. h. 1 Sv (Grenzwert im Verhältnis zu der von einem Arbeitnehmer für die Gesamtlebensdauer erhaltene Gesamtwirkdosis bei radiologischen Notstandssituationen, Artikel R. 4451-9).

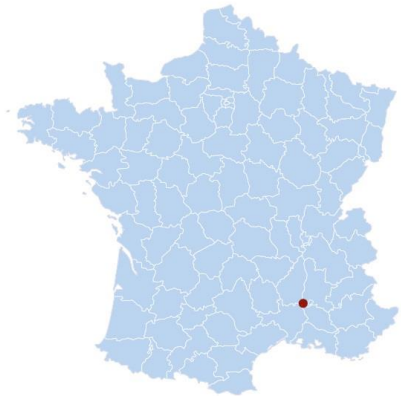
6.2. Radiologische Folgen

Die folgende Karte zeigt die Bereiche, die von den in diesem Abschnitt genannten Abstände betroffen sind.

KERNKRAFTWERK VON TRICASTIN (DRÔME)



Gemeinden innerhalb eines Umkreises von 20 km



□ Gemeinde
○ Weiler

6.2.1. Radiologische Folgen der Bemessungsunfälle

Ergebnisse für Störfälle der 2. Kategorie

Die Störfälle der 2. Kategorie entsprechen auslösenden Ereignissen mit einem mäßigen jährlichen Aufkommen im Laufe der Lebensdauer des Kraftwerks (ein Störfall für maximal 100 Betriebsjahre), die zur Implementierung eines Schutzsystems führen. In diesen Szenarien ist die Integrität der Schutzhüllen gewährleistet.

Die Werte der Gesamtwirkdosen und kurzfristigen schilddrüsenäquivalenten Dosen für die strahlenempfindlichsten Bevölkerungsgruppen liegen in einem Abstand von 650 m (erste Wohnstätten bei sämtlichen Kraftwerken der 900 MWe-Klasse) in der Größenordnung einiger Dutzend μSv und damit weit unter dem Bezugswert der 2. Kategorie. Die kurzfristigen Ergebnisse der Studien über die radiologischen Folgen von Unfällen der 2. Kategorie werden nachfolgend für die in dieser Kategorie beschriebenen Szenarien zusammengefasst:

Bezugswerte	Kurzfristige Gesamtwirkdosis (mSv)
Verlust aller externen Stromversorgungen	1 mSv
Unbeabsichtigtes Öffnen eines Ventils im Sekundärkreis (OISS) oder Bruch einer Dampfleitung	$5,0 \cdot 10^{-4}$ mSv
	$1,5 \cdot 10^{-3}$ mSv

Bei Störfällen der 2. Kategorie ist die Gesamtwirkdosis im Bereich der ersten Wohnstätten für alle Kraftwerke der 900 MWe-Klasse auf $5,3 \cdot 10^{-2}$ mSv/Jahr begrenzt.

Ergebnisse für Unfälle der 3. Kategorie

Die Unfälle der 3. Kategorie entsprechen auslösenden Ereignissen mit einem geringen jährlichen Aufkommen im Laufe der Lebensdauer des Kraftwerks (ein Unfall für 100 bis 10.000 Betriebsjahre), die zu begrenzten Sachschäden an einem geringen Prozentsatz der Brennelementbündel führen können. Die geometrische Struktur des Reaktorkerns bleibt bestehen, so dass seine Kühlung weiterhin gewährleistet ist. Die Integrität der Reaktorschutzhülle bleibt bestehen, der Bruch einer Leitung des Dampferzeugers führt lediglich zur Umgehung der 3. Schutzhülle.

Folgende kurzfristige radiologische Folgen solcher Unfälle der 3. Kategorie für die strahlenempfindlichsten Bevölkerungsgruppen in einem Abstand von 650 m (erste Wohnstätten bei sämtlichen Kraftwerken der 900 MWe-Klasse) sind möglich:

	Gesamtwirkdosis (mSv)	Schilddrüsenäquivalente Dosis (mSv)
Bezugswerte	10 mSv	50 mSv
Verlust des Kältemittels im Primärkreis (kleiner Riss mit einem Durchmesser von max. 25 mm)	$5,7 \cdot 10^{-3}$ mSv	$1,0 \cdot 10^{-1}$ mSv
Entnahme eines einzigen Bündels zur Leistungsregelung	$9,1 \cdot 10^{-1}$ mSv	6,9 mSv
Bruch des Behälters zur Volumen- und Chemikalienprüfung	$3,1 \cdot 10^{-2}$ mSv	$3,0 \cdot 10^{-4}$ mSv
Bruch des Behälters zur Lagerung gasförmiger Ausflüsse	$1,9 \cdot 10^{-1}$ mSv	$2,0 \cdot 10^{-2}$ mSv
Bruch einer Leitung des Dampferzeugers (RTGV – Rupture de tube de générateur de vapeur)	$8,9 \cdot 10^{-1}$ mSv	7,9 mSv

Die langfristigen radiologischen Folgen werden für Erwachsene in einer Entfernung von 2 km vom Freisetzungspunkt über eine Dauer von 50 Jahren nach dem Unfall bewertet. Die für einen „Worst Case“-Unfall der 3. Kategorie gemessenen Dosen liegen innerhalb der Grenzen der Bezugswerte: Beim Bruch einer Leitung des Dampferzeugers der 3. Kategorie liegt die Gesamtwirkdosis bei ca. 4 mSv.

Ergebnisse für Unfälle der 4. Kategorie

Die Unfälle der 4. Kategorie entsprechen hypothetischen auslösenden Ereignissen (ein Unfall für 10.000 bis 1.000.000 Betriebsjahre). Diese Unfälle betreffen die Reaktorschutzhülle und können zur Beschädigung der Brennelementbündel führen. Die geometrische Struktur des Reaktorkerns wird dennoch nicht beschädigt, so dass die Reaktorkernkühlung hinreichend gewährleistet ist und die Systeme verfügbar bleiben, die die Folgen des Unfalls einschränken sollen.

Folgende kurzfristige radiologische Folgen solcher Unfälle für die strahlenempfindlichsten Bevölkerungsgruppen in einem Abstand von 650 m (erste Wohnstätten bei sämtlichen Kraftwerken der 900 MWe-Klasse) sind möglich:

	Gesamtwirkdosis (mSv)	Schilddrüsenäquivalente Dosis (mSv)
Bezugswerte	50 mSv	50 mSv
Unfall beim Handling der Brennelemente	2,6 mSv	1,3 mSv
Umfangreicher Bruch einer Dampfleitung	$2,0 \cdot 10^{-2}$ mSv	$1,4 \cdot 10^{-1}$ mSv
Blockieren des Rotors einer Primärkreispumpe	$4,0 \cdot 10^{-1}$ mSv	3,6 mSv
Auswurf eines Bündels zur Leistungsregelung	1,2 mSv	10 mSv
Bruch einer Leitung des Dampferzeugers, zusammen mit dem Blockieren eines Ventils in geöffneter Stellung (RTGV Kategorie IV)	7,2 mSv	100 mSv
Unfall mit Verlust von Primärkreiskältemittel (APRP – Accident de perte réfrigérant primaire)	3,5 mSv	35 mSv

Ein Unfall mit Bruch einer Leitung des Dampferzeugers führt zu einer schilddrüsenäquivalenten Dosis von weniger als 50 mSv in einer Entfernung von mehr als 1 km. Um das Überschreiten des Bezugswerts der schilddrüsenäquivalenten Dosis einzuschränken, wurden Maßnahmen zur Risiken-Begrenzung ergriffen. Dabei handelt es sich insbesondere um die Verringerung des Radioaktivitätsgrenzwerts des Primärkreiswassers und die Änderung der von einem solchen Unfall betroffenen Leitung (siehe Abs. 6.3.1).

Die langfristigen radiologischen Folgen werden für Erwachsene in einer Entfernung von 2 km vom Freisetzungspunkt über eine Dauer von 50 Jahren nach dem Unfall bewertet. Die für einen „Worst Case“-Unfall der 4. Kategorie gemessenen Dosen liegen innerhalb der Grenzen der Bezugswerte: Beim Bruch einer Leitung des Dampferzeugers (RTGV) der 4. Kategorie liegt die Gesamtwirkdosis unter 30 mSv für den kompletten Organismus.

Schlussfolgerungen für den Bemessungsbereich

Bei Unfällen der 2. Kategorie sind die radiologischen Folgen im Bereich der ersten Wohnstätten gering (kurzfristige Wirkdosis weit unter 1 mSv).

Bei Unfällen der 2. Kategorie überschreitet die Kontaminierung der Nahrungsmittel für den menschlichen Verzehr in einer Entfernung von mehr als 1 km nicht die Vermarktungsgrenzwerte und liegt nach einem Jahr unter diesem Grenzwert.

Die Ziele hinsichtlich der radiologischen Folgen der Unfälle der 3. und 4. Kategorie werden erreicht. Im Anschluss an die für dieses Szenario festgestellte Überschreitung des Bezugswerts für die Schilddrüsenäquivalente Dosis in einer Entfernung von weniger als 1 km von den Reaktoren wurden die Ergebnisse des Bruchs einer Leitung des Dampferzeugers (RTGV) der 4. Kategorie durch Maßnahmen zur Begrenzung der Risiken verbessert. Die Maßnahmen zur Risikobegrenzung werden im Abs. 6.3.1 beschrieben.

Bei den Situationen der 3. und 4. Kategorie führt nur das Szenario des Bruchs einer Leitung des Dampferzeugers (RTGV) der 4. Kategorie zu einer Kontaminierung der Nahrungsmittel, aufgrund der die Vermarktungswerte in einer Entfernung von 10 km nach 7 Tagen überschritten werden. Diese Situation wäre zeitlich begrenzt: Unabhängig von dem betrachteten Unfall liegen nach 2 Jahren die maximal zulässigen Level (NMA – Niveaux maximaux admissibles) unter den jeweiligen Grenzwerten.

■ **Grenzüberschreitende Auswirkungen der Bemessungsunfälle**

In Anbetracht der jeweiligen Entfernungen für die nachfolgend geschätzten Auswirkungen werden im Falle eines Bemessungsunfalls keine besonderen Auswirkungen auf die Nachbarstaaten erwartet, weder kurzfristig, noch auf lange Sicht infolge der Schadstoffkumulierung.

6.2.2. Radiologische Folgen der zusätzlichen Unfälle

Untersuchungen der zusätzlichen Unfälle waren zum Zeitpunkt der ursprünglichen Entwicklung der Kernreaktoren von Tricastin nicht vorgesehen. Diese Untersuchungen behandeln Kumulierungsszenarien, die von den als plausibel betrachteten Störungen unabhängig sind, obgleich sie nur sehr selten auftreten (mindestens ein Unfall alle ca. 5.000.000 Betriebsjahre). Die Szenarien zeichnen sich durch die Häufigkeit ihres Auftretens aus, die im Rahmen von Wahrscheinlichkeitsstudien zur nuklearen Sicherheit (EPS – Étude probabiliste de sûreté) ermittelt wurden. Anschließend wird zur Absicherung dieser Situationen aus kumulierten Störungen eine zusätzliche Maßnahme festgelegt und durch Anforderungen an die nukleare Sicherheit vervollständigt, um die funktionale Verfügbarkeit zu gewährleisten und so die Häufigkeit dieses Szenarios zu verringern. Diese Vorgehensweise hat zur Ermittlung von über 30 bei der Entwicklung nicht geplanten Verbesserungsmaßnahmen geführt.

Die Untersuchungen zu den radiologischen Folgen der zusätzlichen Unfälle dient dazu, die nukleare Sicherheit der Anlage nachzuweisen und sicherzustellen, dass ihre radiologischen Folgen aufgrund der Häufigkeit ihres Auftretens die Bezugswerte der 4. Kategorie der Bemessungsunfälle erfüllen.

Ziel der Berechnung der radiologischen Folgen der zusätzlichen Unfälle ist der Nachweis, dass die Freisetzungen von radioaktiven Stoffen außerhalb des Kraftwerks aufgrund der Implementierung der festgelegten zusätzlichen Maßnahmen nur begrenzte Folgen für die Bevölkerung und die Umwelt aufweisen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen der radiologischen Folgen der zusätzlichen Unfälle werden im Folgenden zusammengefasst. Bei den nicht genannten Unfällen wurden die radiologischen Folgen in die bereits beschriebenen aufgenommen.

Folgende kurzfristige radiologische Folgen solcher Unfälle für die strahlenempfindlichsten Bevölkerungsgruppen in einem Abstand von 650 m (erste Wohnstätten bei sämtlichen Kraftwerken der 900 MWe-Klasse) sind möglich:

	Gesamtwirkdosis (mSv)	Schilddrüsenäquivalente Dosis (mSv)
Bezugswerte	50 mSv	50 mSv
Unfall mit Verlust des Kühlsystem des stillgelegten Reaktors (RRA – Refroidissement du réacteur à l'arrêt)	$2,3 \cdot 10^{-1}$ mSv	3,8 mSv
Verlust der Kühlung des Beckens im Brennelementelager	$8,5 \cdot 10^{-3}$ mSv	$1,5 \cdot 10^{-1}$ mSv
Unfall mit Verlust aller externer Stromversorgungen (PTAE – Perte totale des alimentations électriques)	$3,6 \cdot 10^{-2}$ mSv	$2,2 \cdot 10^{-1}$ mSv

Die langfristigen radiologischen Folgen werden für Erwachsene in einer Entfernung von 2 km vom Freisetzungspunkt über eine Dauer von 50 Jahren nach dem Unfall bewertet. Die für einen „Worst Case“-Zusatzunfall gemessenen Dosen liegen innerhalb der Grenzen der Bezugswerte: Beim Verlust des Kühlsystem des stillgelegten Reaktors (RRA – Refroidissement du réacteur à l'arrêt) liegt die Gesamtwirkdosis unter 1,0 mSv für den kompletten Organismus.

Die ermittelten Dosen liegen innerhalb der Bezugswerte für zusätzliche Unfälle; für die Bevölkerung sind keine Schutzmaßnahmen erforderlich.

Bei zusätzlichen Situationen überschreitet die Kontaminierung der Nahrungsmittel für den menschlichen Verzehr in einer Entfernung von mehr als 5 km nach 7 Tagen nicht die Vermarktungsgrenzwerte; nach einem Jahr beträgt diese Entfernung nicht einmal mehr 1 km.

■ **Grenzüberschreitende Auswirkungen der zusätzlichen Unfälle**

In Anbetracht der jeweiligen Entfernungen für die nachfolgend geschätzten Auswirkungen werden im Falle eines zusätzlichen Unfalls keine besonderen Auswirkungen auf die Nachbarstaaten erwartet, weder kurzfristig, noch auf lange Sicht infolge der Schadstoffkumulierung.

6.2.3. Radiologische Folgen möglicher Unfälle mit Kernschmelze

Aufgrund der Maßnahmen, die bei der ursprünglichen Entwicklung des Reaktors ergriffen wurden, sowie derjenigen, die während des Betriebs implementiert werden, insbesondere im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfungen (siehe Abs. 6.3.4), ist das Auftreten eines Unfalls mit Reaktorkernschmelze sehr unwahrscheinlich, da dies das Scheitern der implementierten Vorbeugungsmaßnahmen voraussetzt. Dennoch wurden die Folgen eines solchen „hypothetischen Unfalls mit Reaktorkernschmelze“ für die Level 4 und 5 des Tiefenabwehrkonzepts untersucht (siehe Abs. 4.2.1). Für diese Studien wird von einem Unfall mit Reaktorkernschmelze ausgegangen, d. h., dass eine Ereignisfolge zur mindestens teilweisen Schmelze des Reaktorkerns geführt hat, und dass außer dem Verlust der ersten Schutzhülle (Brennstäbe) auch der Verlust der zweiten Schutzhülle (Primärkreis einschließlich Becken) möglich ist.

Kernschmelzenbedingte Ereignisse in Verbindung mit dem Verlust der zwei ersten Schutzhüllen

Der langanhaltende Verlust der Reaktorkernkühlung kann zu Unfällen mit Brennelementschmelze führen, wenn das Becken kein Wasser mehr enthält. Dann können die Brennelemente im Becken Temperaturen erreichen, die nicht nur zum Schmelzen des Metalls der Brennelemente (Brennstofftabletten und Hüllen) führen, sondern auch der sonstigen benachbarten Metallteile (Bündel oder Strukturen) bis zum Durchbruch des Beckenbodens.

Das dickflüssige Metallagglomerat aus diesem Prozess wird als **Corium** bezeichnet.

Unfälle mit Reaktorkernschmelze stoßen komplexe physikalische Vorgänge an und können zur Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umwelt führen. Bestimmte physikalische Vorgänge können in diesen Situationen insbesondere zum Ausfall der dritten Schutzhülle führen, wenn keine geeigneten Maßnahmen vorhanden sind.

Freisetzungen als mögliche Folgen eines solchen Unfalls mit Reaktorkernschmelze hängen von zahlreichen Parametern ab, unter anderem die Bestückung des Reaktorkerns mit Spaltungsprodukten, die Kinetik der Freisetzung von Radionukleiden innerhalb der Hülle, ihr Typ (Gase oder Aerosole), ihr Verhalten innerhalb der Hülle (Anhäufung, chemische Reaktion, Ablagerung), die Freisetzungsmengen, die in die Umwelt gelangen. Zur Bewertung der bei einem Unfall mit Kernschmelze freigesetzte Radioaktivität werden verschiedene Parameter betrachtet, die die Freisetzungen in die Umwelt erhöhen, sowie die komplette Schmelze des Reaktorkerns. Daher werden Margen angesetzt, um eine nachteilige Berechnung sicherzustellen.

Die folgenden **kurzfristigen** radiologischen Folgen (7 Tage) dieser Unfälle betreffen die strahlungsempfindlichsten Bevölkerungsgruppen:

Gesamtwirkdosis in 2 km (mSv)	Gesamtwirkdosis in 5 km (mSv)	Schilddrüsenäquivalente Dosis in 10 km (mSv)
28,5 mSv	4,7 mSv	13,4 mSv

Unter Berücksichtigung der mit den Bevölkerungsschutzmaßnahmen verknüpften Grenzwerte (siehe Abs. 6.1.2) zeigen diese Ergebnisse, dass bei einem solchen Unfall mit Kernschmelze nach 7 Tagen in einem Umkreis von über 2 km keine Evakuierungsmaßnahmen erforderlich sind und dass die Abschirmung in einem Umkreis von über 5 km bzw. die Verabreichung von stabilem Jod in einem Umkreis von über 10 km ebenfalls nicht nötig ist.

Außerdem beträgt der Wert der **langfristigen** radiologischen Folgen für Erwachsene in einer Entfernung von 10 km vom Freisetzungspunkt über eine Dauer von 50 Jahren nach dem Unfall 18,7 mSv.

Abschließend belegen die Bewertungen einer extremen Unfallsituation mit Kernschmelze, dass die bei der Entwicklung zur Verringerung der Folgen auf die Umwelt ergriffenen Maßnahmen (siehe Abs. 6.3.4) die Kontaminierung der landwirtschaftlichen Flächen räumlich und zeitlich begrenzen (Umkreis von weniger als 20 km nach einem Jahr).

■ **Grenzüberschreitende Auswirkungen der Unfälle mit Kernschmelze**

Die grenzüberschreitenden Auswirkungen durch die atmosphärische Ausbreitung radioaktiver Stoffe sollten im Hinblick auf die länderspezifischen radiologischen Konsequenzen betrachtet werden, die als langfristige (50 Jahre) Gesamtwirkdosis (oder Gesamtkörperdosis) für Kinder und Erwachsene ausgedrückt wird. Die folgende Tabelle zeigt diese Auswirkungen für die Länder bis zu einem Umkreis von 1.000 km um das Kraftwerk von Tricastin, einschließlich der „Worts Case“-Ergebnisse, die für jedes Land festgestellt werden.

Die Berechnungen zur Langstreckenausbreitung der Emissionen des Kraftwerks von Tricastin in der Atmosphäre werden auf der Grundlage der atmosphärischen Übertragungskoeffizienten geschätzt, die aus meteorologischen Beobachtungen während eines Zeitraums von 5 Jahren stammen. Diese Koeffizienten berücksichtigen die Topographie, die Wetterbedingungen (hauptsächlich den Wind) und den zunehmenden Abbau der Konzentrationen durch Ablagerungsprozesse je weiter sich die Emissionen von der Quelle entfernen.

Land	Mindestentfernung zur Quelle (km)	Langfristige Gesamtwirkdosis, Hüllwert (mSv)			
		Kleinkinder [1 Jahr bis 2 Jahre]	Kinder [2 Jahre bis 7 Jahre]	Ältere Kinder [7 Jahre bis 12 Jahre]	Erwachsene [17 Jahre und mehr]
Italien	165	0,12	0,12	0,11	0,11
Schweiz	220	0,23	0,23	0,21	0,21
Spanien	245	0,09	0,09	0,08	0,07
Deutschland	420	0,08	0,08	0,07	0,07
Liechtenstein*	475	0,04	0,05	0,04	0,04
Österreich	485	0,05	0,05	0,05	0,05
Belgien	575	0,05	0,05	0,05	0,04
Luxemburg	575	0,08	0,08	0,07	0,08
Kroatien	705	0,04	0,04	0,04	0,04
Slowenien	710	0,04	0,04	0,04	0,04
Niederlande	715	0,04	0,04	0,04	0,04
Vereinigtes Königreich	785	0,02	0,02	0,02	0,02
Tschech. Republik	835	0,03	0,03	0,03	0,03
Bosnien	870	0,03	0,04	0,03	0,03
Ungarn	920	0,03	0,03	0,03	0,03
Portugal	940	0,01	0,01	0,01	0,00
Irland	1195	0,01	0,01	0,01	0,01
Dänemark	1210	0,02	0,02	0,01	0,01

Vergleichsweise liegt in Frankreich die Exposition einer Person durch natürliche Radioaktivität im Durchschnitt bei 3,0 mSv pro Jahr. Der europäische Durchschnitt beträgt 3,2 mSv pro Jahr; er schwankt je nach Land zwischen 1,5 und 6,2 mSv pro Jahr.

Der Dosishüllwert wird für die Schweiz ermittelt und beträgt 0,23 mSv über 50 Jahre für Kleinkinder und Kinder. Vergleichsweise beträgt die natürliche Radioaktivität in der Schweiz 4,1 mSv pro Jahr.

Da die radiologischen Dosen mit zunehmender Entfernung abnehmen, sind die radiologischen Folgen geringer in Ländern, die weiter entfernt als die bereits genannten liegen.

Aufgrund der oben aufgeführten Ergebnisse wären die grenzüberschreitenden Auswirkungen durch die atmosphärische Ausbreitung radioaktiver Stoffe sowohl kurzfristig, als auch langfristig durch Kumulierung im Falle eines Unfalls mit Kernschmelze in einem der vier 900 MWe-Reaktoren des Standorts von Tricastin sehr begrenzt oder sogar vernachlässigbar.

6.3. Messung von Begrenzung der radiologischen Risiken

Angesichts des im Abs. 4.2.1 erläuterten nuklearen Sicherheitsansatzes, wurden bei der Entwicklung der Anlage zahlreiche Maßnahmen implementiert, um die Risiken zu verringern, die aus den radiologischen Folgen hervorgehen. Diese Entwicklungsmaßnahmen wurden durch zusätzliche Maßnahmen vervollständigt, um das Risiko bestimmter Unfälle zu verringern, die durch die Kumulierung von Störungen entstehen. Die Reaktoren von Tricastin waren bereits mehrfach Gegenstand von periodischen Sicherheitsüberprüfungen, Erfahrungsrückflüssen und Ergebnissen kontinuierlicher Verbesserungen, die diese Vorkehrungen mit dem Ziel ergänzen, den sicheren Zustand des Reaktors zu gewährleisten.

In Anbetracht der ehrgeizigen Ziele von EDF, die von der ASNR während der Vorbereitung dieser Ziele festgelegt wurden (siehe Abs. 1.2 und 2.3.1), waren zahlreiche Maßnahmen zur Begrenzung der radiologischen Risiken im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung erforderlich.

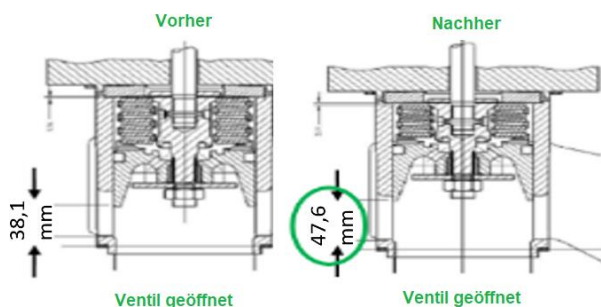
6.3.1. Wichtigste Maßnahmen bezüglich der Unfälle ohne Kernschmelze

Im Folgenden sind die wichtigsten Betriebs- und/oder Entwicklungsmaßnahmen im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung von Tricastin aufgeführt, die dazu beitragen, die radiologischen Folgen der Unfälle ohne Kernschmelze zu verringern:

- Steigerung der Durchflussmengen der Ventile für den Dampfablass

Beschreibung der Maßnahme

Bei einer Unfallsituation wird die Kapazität der Ventile des GCTa-Leitungssystems zur Dampffreisetzung in die Atmosphäre gesteigert, damit der Reaktor schneller gekühlt und die Dauer des Unfalls und die damit einhergehenden eventuellen radioaktiven Freisetzungen begrenzt werden kann. Dazu wurde der innere Aufbau des GCTa-Ventils geändert.



Pädagogikhinweise

Das sogenannte GCTa-Leitungssystem dient der Freisetzung des von den Dampferzeugern erzeugten Dampfes direkt in die Atmosphäre. Es steuert die Kühlung des Reaktors durch die Dampferzeuger wenn der erzeugte Dampf nicht reicht, um die Turbine anzutreiben oder die Turbine nicht verfügbar ist. Es wird bei jeder Stillsetzung und bei jedem Hochfahren verwendet. Es wird auch bei Störfällen oder Unfällen zur Kühlung des Reaktors eingesetzt.

- Senkung des Radioaktivitätsgrenzwerts des Wassers im Primärkreis

Beschreibung der Maßnahme

Die Reaktoren von Tricastin enthalten in ihren Betriebsspezifikationen die Senkung des Radioaktivitätsgrenzwerts des Primärkreises in Jod-131-Äquivalent bei den Leistungswechseln im Normalbetrieb von 150 auf 80 GBq/T. Ziel ist der Betrieb der Reaktoren mit einem gesteigerten radiologischen Reinheitslevel des Primärkreiswassers, um insbesondere die radiologischen Folgen eines Unfalls 4. Kategorie mit Dampferzeugerrohrbruch (RTGV – Rupture de tube de générateur de vapeur) zu verringern.

Mit dieser Maßnahme können die Radioaktivität eventuell freigesetzter radioaktiver Stoffe und deren radiologische Folgen (Wirkdosis und kurzfristiges Schilddrüsenäquivalent sowie mittelfristige und langfristige Wirkdosis) bei allen Unfällen ohne Bruch der Brennelementhülle verringert werden, einschließlich des „Worst Case“-Unfalls mit Dampferzeugerrohrbruch.

- Änderung der Steuerung eines Unfalls mit Dampferzeugerrohrbruch (RTGV 4.)

Beschreibung der Maßnahme

EDF hat zur Verbesserung der Stillgebungsbedingungen des Notkühlsystems eine Weiterentwicklung der Steuerung des Übergangs bei Dampferzeugerrohrbruch RTGV 4. in die Wege geleitet. Diese Weiterentwicklung, die aufgrund der Schlussfolgerungen der allgemeinen Phase der 4. Sicherheitsüberprüfung auch von der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz) gefordert wird, verringert in der RTGV 4.-Studie des Kernsicherheitsberichts die Freisetzung von Flüssigkeiten um mehrere Dutzend m³.

Außerdem wurden bereits Maßnahmen zur Begrenzung der Flüssigkeitsfreisetzungsmengen implementiert:

- Automatische Absperrung der Wassernachspeisung des gestörten Dampferzeugers durch das Notspeisesystem der Dampferzeuger (ASG – Alimentation de secours des générateurs), um das Risiko von Flüssigkeitsfreisetzungen zu verringern.
- Entleeren des gestörten Dampferzeugers durch den Bediener anhand des Ablasssystems der Dampferzeuger (APG).

- Verwendung des EAS-ND-Systems als Ersatz für die RIS/EAS-Systeme

Beschreibung der Maßnahme

Bei einer Störung der RIS/EAS-Systeme zur Verwaltung eines Unfalls mit Verlust von Primärkreisältemittel (APRP – Accident de perte réfrigérant primaire) kann die Verwendung des Notspeisesystems EAS-ND den Wasserbestand im Primärkreis aufrechterhalten und so die Freisetzung von Schadstoffen verhindern, die durch einen Unfall mit Kernschmelze entstehen. Die radiologischen Folgen der sogenannten „H4“-Situation (Unfall mit Verlust von Primärkreisältemittel bei gleichzeitiger Störung des RIS oder EAS im Umlaufbetrieb) verbessern sich, wobei sie sich dem den APRP auslösenden Störfall annähern, so wie er im Bemessungsbereich untersucht worden war (siehe Abs. 6.2).

Die Betriebsanforderungen werden angepasst, um diese zusätzliche Maßnahme aufzuwerten

Pädagogikhinweise

Das Primärkreiswasser ist nur schwach radioaktiv. Die Radioaktivität ist durch die technischen Entwicklungsgrenzen der Brennelementhüllen bedingt. Die Anforderungen hinsichtlich der radiologischen Reinheit des Primärkreises gewährleisten auch die Überwachung der Unversehrtheit der Brennelementbündel.

Pädagogikhinweise

Das Notkühlsystem ist ein Nachspeisesystem des Primärkreises zur Kompensierung von Wasserverlusten in Unfallsituationen mit Bruch des Primärkreises oder der Leitungen eines Dampferzeugers. Es startet in den meisten Fällen automatisch. Das Ausschalten erfolgt durch eine Handlung des Bedieners, die durch Kriterien bezüglich der ordnungsgemäßen Steuerung des vorhandenen Primärkreiswassers bedingt ist.

Pädagogikhinweise

Das EAS-ND-System ist Teil einer Gruppe neuer Systeme zur Verwaltung von extremen externen Angriffsszenarien vom Typ „Noyau Dur“ (siehe Abs. 6.3.2)

6.3.2. Wichtigste Maßnahmen im Hinblick auf Aggressionen

Die betrachteten Aggressionen sind diejenigen, die in den Vorschriften aufgeführt werden (französische INB-Verordnung):

- Interne Aggressionen: Brand, Explosion, Überschwemmung, Ausfall von Druckgeräten, Zusammenstoß und Absturz von Lasten, elektromagnetische Störungen, Freisetzung von Gefahrstoffen, böswillige Handlungen,
- Externe Aggressionen (natürlichen oder menschlichen Ursprungs): Erdbeben, extreme Wetter- oder Klimabedingungen (Überschwemmung, Schnee, Hitzewellen, Kältewellen, starke Winde, Wirbelstürme), Aggressionen durch Gewässer oder das Meer (Eisnadeln, Zufrieren, Zusetzung, Kohlenwasserstoffe auf der Wasseroberfläche, Versandung, Niedrigwasser, Hochwasser), Blitzschlag und elektromagnetische Störungen, Brand, Gefährdung durch benachbarte Industrieanlagen (Explosion, Gefahrstoffe), Flugzeugabsturz, böswillige Handlungen.

Die Betriebs- und/oder Entwicklungsmaßnahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung des Standorts von Tricastin, die zur angestrebten Verringerung der radiologischen Folgen der Unfälle aufgrund von Aggressionen beitragen, sollen sicherstellen, dass die Systeme zur Gewährleistung der drei nuklearen Sicherheitsfunktionen (Steuerung der nuklearen Kettenreaktion im Reaktor, Kühlung der Brennelemente, Einschließen der radioaktiven Stoffe) verfügbar bleiben, um die Aufrechterhaltung des sicheren Zustands des Reaktors im Falle einer Aggression zu garantieren. Es handelt sich also hauptsächlich um Schutzmaßnahmen oder Maßnahmen zur Widerstandsfähigkeit der Systeme gegen Aggressionen. Somit tragen diese Maßnahmen hauptsächlich zur Verringerung der mit den Folgen einer Kernschmelze verbundenen Risiken bei, deren Auswirkungen auf die Umwelt im Abs. 6.2.3 beschrieben sind.

Als Beispiel werden nachfolgend die Maßnahmen in Bezug auf Brandgefahren erläutert, die hier das wichtigste industrielle Risiko sind.

Brandschutz

Die Maßnahmen in Bezug auf Brandgefahren sollen die Feuerfestigkeit der Brandbereichseinteilungsvorrichtungen verbessern:

Beschreibung der Maßnahme

Die in Betracht gezogenen Maßnahmen dienen der Verbesserung der Feuerfestigkeit bestimmter Komponenten (Brandschutztüren, Brandbereichseinteilungsvorrichtungen, Brandschutz der elektrischen Kabel...) oder der Verringerung des Ausmaßes oder der Heftigkeit eines eventuellen Brands. Diese Maßnahmen bestehen unter anderem darin, die Brandbereichseinteilungsvorrichtungen (z. B. Brandschutztüren) durch Komponenten mit einer besseren Feuerfestigkeit zu ersetzen. Sie bestehen auch darin, die Kabel mit feuerfestem Band zu umwickeln oder die Wärmelast zu verringern. Auf diese Weise tragen diese Ausrüstungen dazu bei, die Reaktorkernschmelze und die potenziell mit bestimmten Bränden verbundenen Freisetzungen zu vermeiden.

Pädagogikhinweise

Die **Brandbereichseinteilung** besteht darin, Bereiche festzulegen, in denen die Ausbreitung des Brands das Prinzip der Redundanz der nuklearen Sicherheitsfunktionen nicht beeinträchtigt und sicherzustellen, dass ein in einem Bereich entstandener Brand nicht auf andere Bereiche übergreift.

Extreme externe Aggressionssituationen

Außerdem dient die Umsetzung des „Noyau Dur“ im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung des Kraftwerks von Tricastin dazu, extrem heftige, anlagenexterne, natürliche Aggressionen zu bekämpfen, die zum Zweck des Nachweises der nuklearen Sicherheit über die Anforderungslevels hinausgehen, die bisher angewandt wurden.

Der „**Noyau Dur**“ besteht aus fest verankerten und widerstandsfähigen Hardware-Mitteln, vervollständigt durch mobile Mittel zur Vermeidung massiver radioaktiver Schadstofffreisetzungen und langfristiger Auswirkungen auf die Umwelt in Situationen, die sich aus extremen externen Naturereignissen ergeben können. Dabei geht es vor allem um Erdbeben, externe Überschwemmungen und ähnlicher Ereignisse (Blitzschlag, Hagel, Sturm, Starkregen) oder auch Wirbelstürme.

Um diesen extremen Situationen standzuhalten wurden an jedem Reaktor von Tricastin widerstandsfähige, von den bestehenden Anlagen unabhängige und vielfältige Vorrichtungen zur Wasser- und Stromversorgung angebracht:

- Eine zusätzliche Notstromquelle: **Das dieselbetriebene letzte Notstromaggregat** (DUS – Diesel d’ultime secours),
- Eine heterogene Wasserversorgung (SEG – Source d’eau diversifiée).



Dieselbetriebene letzte Notstromaggregate (DUS) von 3 MWe

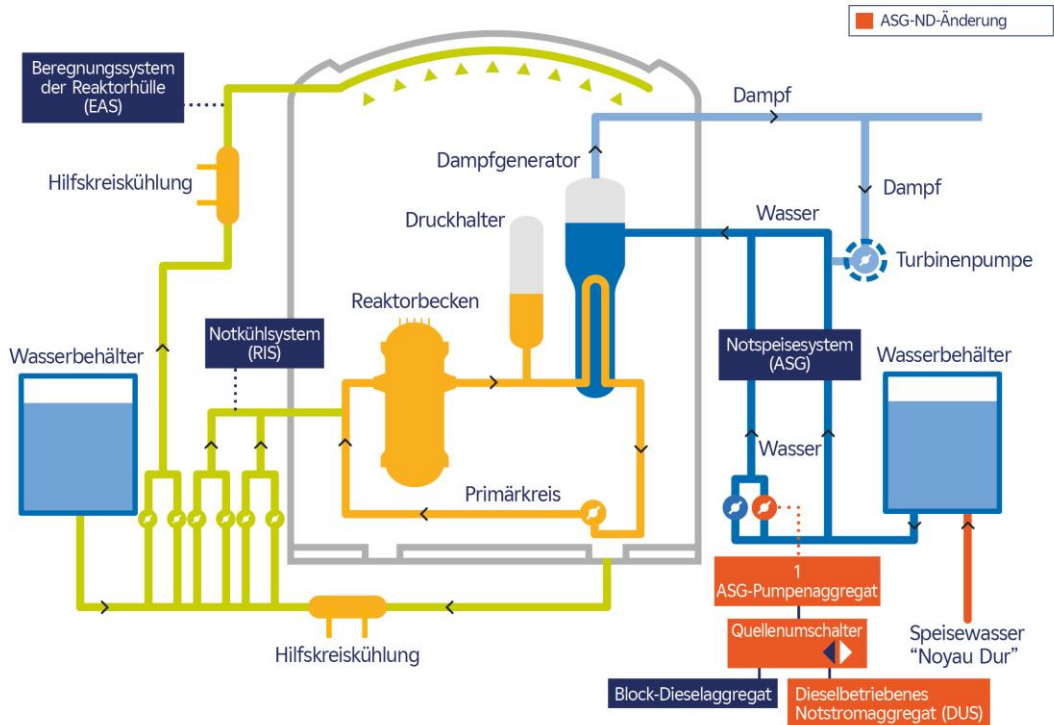


Heterogene Wasserversorgung (SEG)

Reaktorseitig können diese extremen Situationen zu Funktionsverlusten bestimmter Gerätschaften führen, z. B. solche, die die Stromversorgungen bzw. die Kühlsysteme der kalten Quelle (Kanal von Donzère-Mondragon) betreffen.

In einem solchen Fall übernehmen die Vorrichtungen des „Noyau Dur“ die Funktionen der nuklearen Sicherheit: ein Teil der Notspeisung der Dampferzeuger ist für die Folgen dieser extremen Situationen qualifiziert und robust genug, um die Funktion der **Sekundärkreis Kühlung des „Noyau Dur“ (ASG-ND)** zu übernehmen. Die Stromversorgung wird von einem **dieselbetriebenen Notstromaggregat (DUS – Diesel d’ultime secours)** sichergestellt, das an einer speziellen, im Rahmen der Maßnahme installierten Umschalttafel betätigt wird, zusammen mit der **heterogenen Wasserversorgung (SEG – Source d’eau diversifiée)**, die dann die Funktion der kalten Quelle übernimmt.

Alle diese Gerätschaften tragen dazu bei, die Reaktorkernschmelze und die potenziell mit diesen extremen Situationen verbundenen Freisetzungen zu vermeiden.



Prinzipschaltbild der ASG-ND-Anordnung

6.3.3. Wichtigste Maßnahmen bezüglich der Lagerung der Brennelementbündel

Im Folgenden sind die wichtigsten Betriebs- und/oder Entwicklungsmaßnahmen im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung des Kraftwerks von Tricastin aufgeführt, die dazu beitragen, die radiologischen Folgen der Unfälle, die mit der Lagerung der Brennelementbündel verbunden sind, zu verringern:

Brand

Um bei einem Brand den Verlust beider Kühlsysteme zu vermeiden, hat EDF die Einrichtung einer zusätzlichen feuerabweisenden Vorrichtung geplant, die das Risiko der Ausbreitung des Brands einer Pumpe des Kühlsystems auf die andere Pumpe beseitigt.

Übertragung der Unfallsituationen im EPR FLA3 auf die Kraftwerke der 900 MWE-Klasse

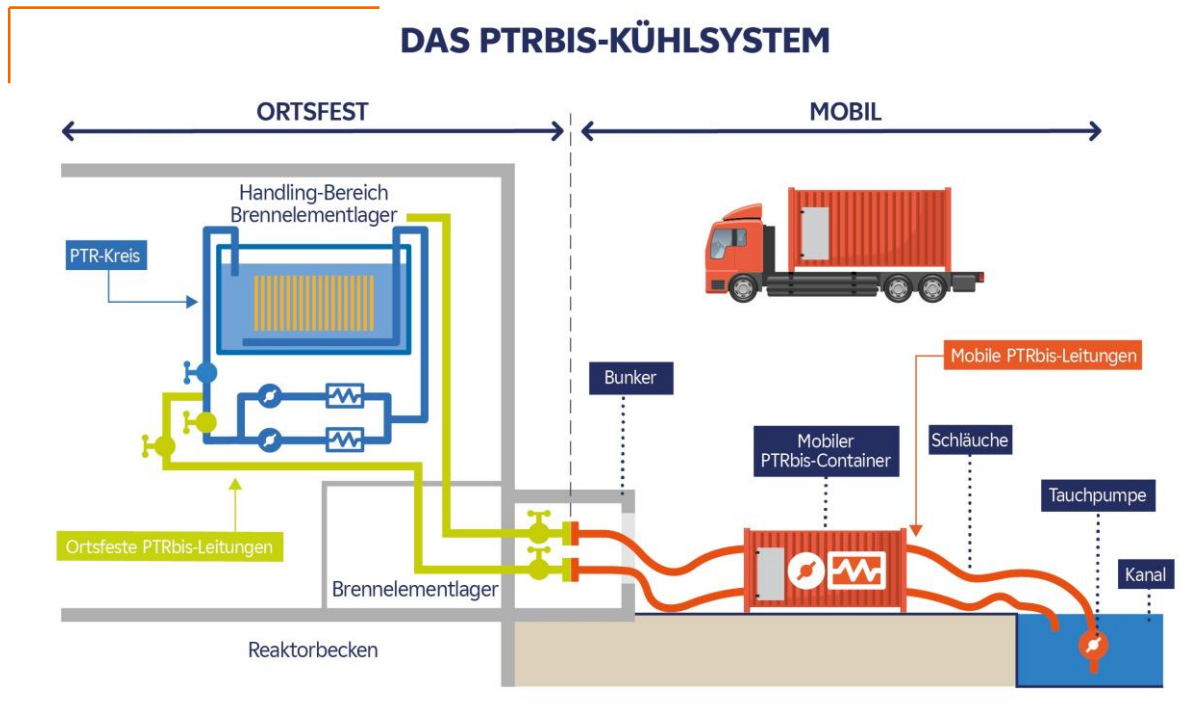
Die Bewertung des Verhaltens der Brennelementbecken in den 900 MWe-Kraftwerken, zu denen die Reaktoren von Tricastin gehören, im Verhältnis zu den auf das EPR von Flamanville 3 angewandten Unfallszenarien, die nicht bei der ursprünglichen Entwicklung berücksichtigt wurden, hat deren derzeitigen robusten Zustand belegt. Zur weiteren Verbesserung wird die Verdoppelung der automatischen Absperrvorrichtung der Ansaugleitung des normalen Beckenkühlsystems vorgeschlagen.

Extreme externe Aggressionssituationen

Im Hinblick auf die Lagerung der Brennelemente können diese extremen Situationen zu Funktionsverlusten bei bestimmten Gerätschaften führen, die potenziell mit dem totalen Verlust der Kühlung verbunden sein können. In einem

solchen Fall werden die nuklearen Sicherheitsfunktionen von den für die Folgen dieser extremen Situationen qualifizierten und robusten Anlagen des „Noyau Dur“ übernommen. In diesen extremen Situationen:

- Die **heterogene Wasserversorgung (SEG – Source d'eau diversifiée)** vervollständigt die Möglichkeiten zur Nachspeisung der Becken im Reaktorgebäude und im Brennelementlager. Die Nachspeisung kompensiert die Verdampfung und gewährleistet die Kühlung der Brennelementbündel unter Wasser;
- Auf lange Sicht dient das **zusätzliche Kühlsystem (PTR-bis)** der Rückkehr zu einer ordnungsgemäßen Kühlung des Lagerbeckens im Brennelementlager und bringt dessen Temperatur wieder unter den Siedepunkt.



6.3.4. Wichtigste Maßnahmen bezüglich der Unfälle mit Kernschmelze

Die wichtigsten Betriebs- und/oder Entwicklungsmaßnahmen im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung von Tricastin, die dazu beitragen, die radiologischen Folgen der Unfälle mit Kernschmelze zu verringern, sind das Ergebnis eines speziellen, auf die Unfälle zugeschnittenen Entwicklungsprozesses, der sich an die Entwicklung des EPR anlehnt. In dieser Situation gelten die zwei ersten Sicherheitshüllen als beschädigt. Ziel der nuklearen Sicherheit ist dann die Aufrechterhaltung der 3. Sicherheitshülle – d. h. der Reaktorschutzhülle – um zu verhindern, dass radioaktive Stoffe in die Umwelt gelangen.

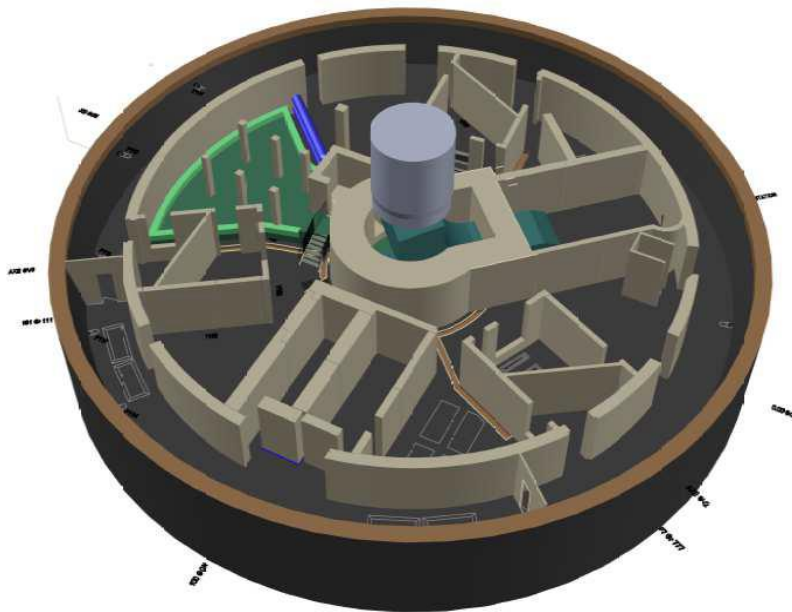
Ziel des Managements von Unfällen mit Kernschmelze ist die Ausbreitung des Coriums in „trockenem“ Zustand – d. h. ohne Wasser – am Boden des Reaktorgebäudes. Einmal verteilt bietet es eine große Austauschfläche und kann mit einer Zugabe von Borwasser stabilisiert werden. Das Borwasser kühlt das verteilte Corium und härtet es schlussendlich aus. Mit dieser Strategie kann:

- Sicherergestellt werden, dass die Fundamentplatte des Reaktorgebäudes nicht durchbrochen wird. Unstabilisiert kann das Corium zur Erosion der Fundamentplatte führen.
- Der langsame Druckanstieg in der Hülle verhindert werden, damit das Filterventil der Hülle sich nicht zur Druckentlastung öffnet.
- Die Begrenzung der physikalischen Auswirkungen des Unfalls mit Kernschmelze (insbesondere die Entzündung des Wasserstoffs) erreicht werden.

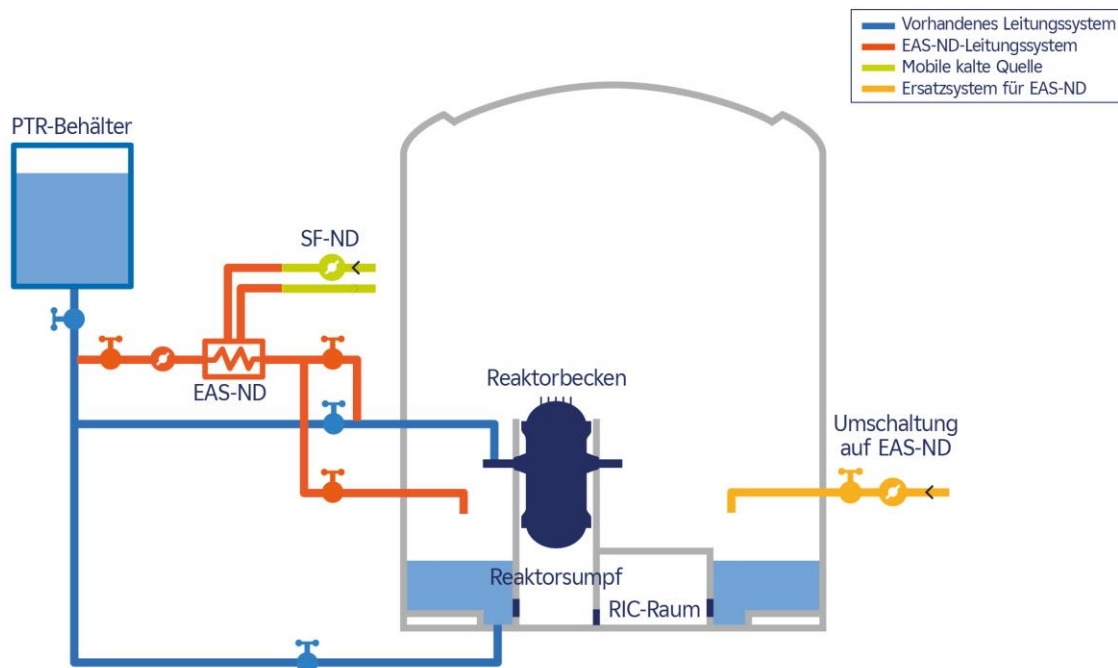
Folgende Maßnahmen werden im Fall eines Unfalls mit Kernschmelze in einem Reaktor von Tricastin implementiert:

- **Die Einrichtung eines Bereichs zur „trockenen“ Ausbreitung des Coriums** innerhalb eines speziellen Sammelbereichs unter dem Reaktorbecken, dem sogenannten „Beckensumpf“, an den sich der Instrumentenraum des Reaktorkerns anschließt.
- **Die Implementierung des passiven Systems zur Flutung des Coriums**, das aus einer Reihe passiver Luken besteht, die das vorher durch das Beregnungssystem der EAS-Hülle – unterstützt durch die zwei Notstromgeneratoren – oder, bei extremen Aggressionen, durch die neue „Noyau Dur“-Maßnahme EAS-ND mit der Unterstützung des dieselbetriebenen Notstromaggregats (DUS) in die Sumpfe des Reaktorgebäudes gefüllte Wasser freigeben.
- **Die Einrichtung eines Coriumkühlsystems**, das mit dem EAS-ND-System verknüpft ist und die Restleistung des Coriums ableitet, ohne den Druckausgleichsfilter der Reaktorschutzhülle zu öffnen.
- Die Rückführung eventuell ausgetretener Wassermengen des EAS-ND in das Reaktorgebäude.
- **Die Dekontaminierung des Wassers im Reaktorgebäude** durch eine mobile Aufbereitungsanlage für kontaminiertes Wasser.

Räumlichkeiten, die für die Verteilung des Coriums verwendet werden
(Beckensumpf und Instrumentenraum des Reaktorkerns)



KÜHLUNG BEI EINEM UNFALL MIT KERNSCHMELZE

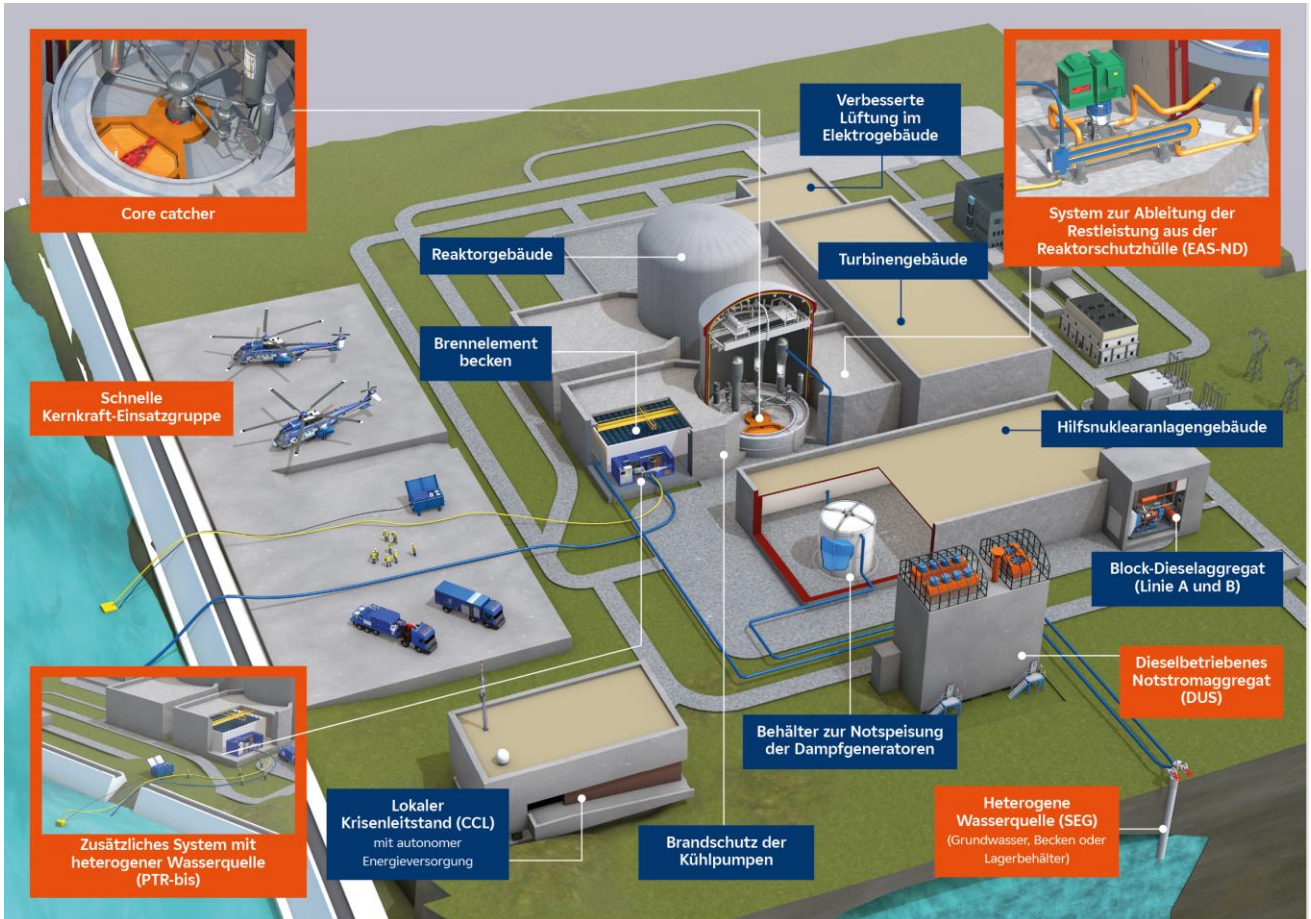


Die „EAS-ND“-Maßnahme beruht auf den folgenden Mitteln:

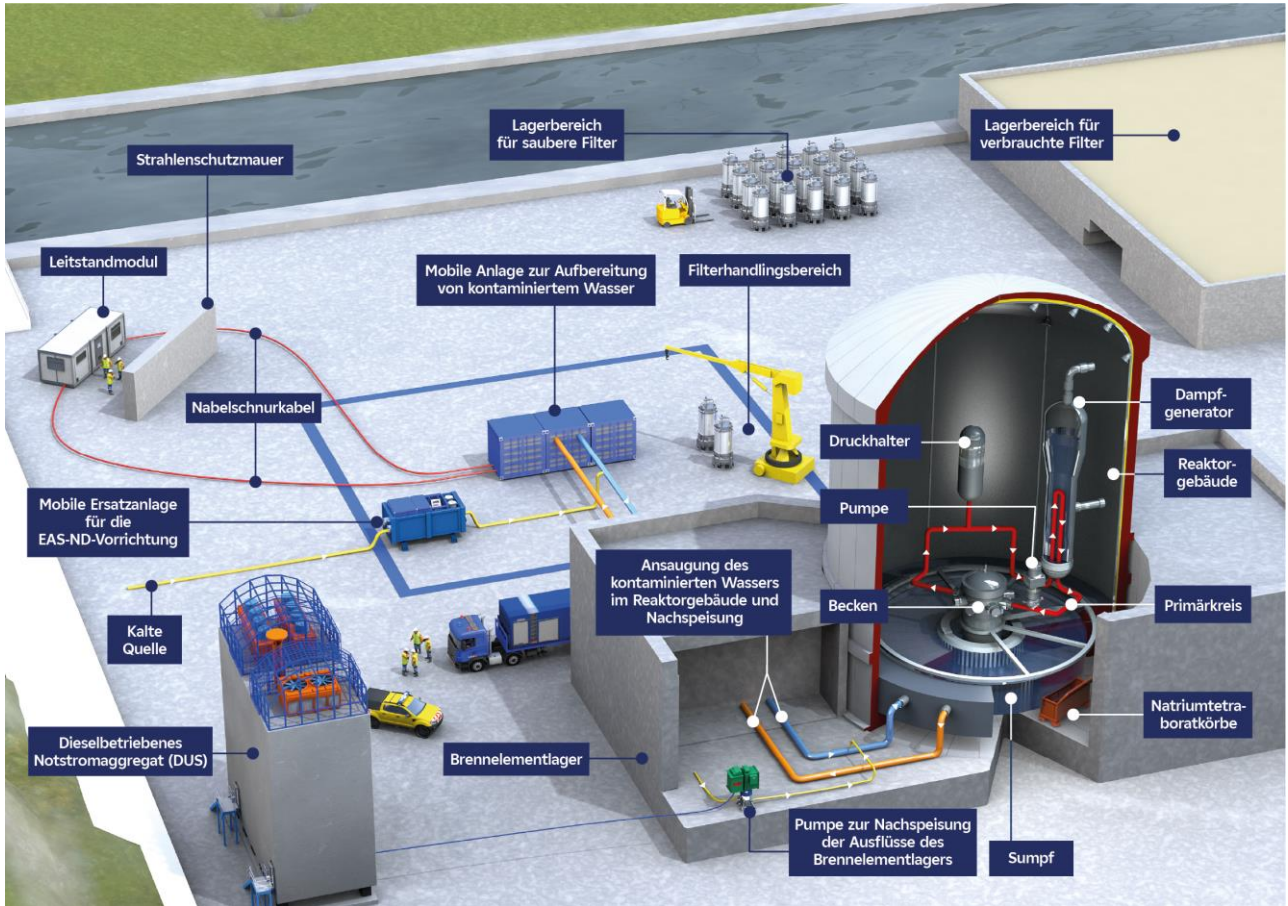
- Eine Pumpe (angetrieben vom dieselbetriebenen Notstromaggregat (DUS),
- Einen Wärmetauscher zur Ableitung der Wärme aus der Reaktorschutzhülle,
- Eine kalte Quelle „Noyau Dur“ (SF-ND), die aus einer mobilen Pumpvorrichtung besteht,

Die mobilen Gerätschaften der „Noyau Dur“-Systeme werden von der **Force d’action rapide du nucléaire (FARN – schnelle Kernkraft-Einsatzgruppe)** gehandhabt. Die FARN ist das Ergebnis der im Zusammenhang mit dem Unfall in Fukushima erworbenen Erfahrung und besteht aus 300 geschulten EDF-Mitarbeitern, die jederzeit bereitstehen, um an französischen Kernkraftwerken spätestens 24 Stunden nach Auslösen des Unfalls vor Ort einzugreifen.

Wichtigste Maßnahmen des „Noyau Dur“



Dekontaminierung des Wassers im Reaktorgebäude nach einem Unfall mit Kernschmelze



7. ÜBERWACHUNG DER UMWELT



Kernkraftwerk von Tricastin im Département Drôme
Copyright Fahl Robert, MEDIACENTER

7.1. Überwachungsmaßnahmen für den Normalbetrieb

EDF verfügt über verschiedene Programme zur Überwachung der Umwelt. In den kommenden zehn Jahren wird nicht mit einer maßgeblichen Entwicklung der Nachteile gerechnet, die das Kraftwerk von Tricastin für geschützte Interessen aufweist. Daher werden die Überwachungsprogramme unverändert fortgeführt. Die Überwachungsmaßnahmen werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

Luft und Klimafaktoren

Die Freisetzung chemischer Schadstoffe in die Atmosphäre durch den Standort sind Gegenstand einer jährlichen Schätzung, die im Anhang des Umweltjahresberichts vorgelegt wird:

- Die Schwefeloxid-Freisetzungen werden auf der Grundlage des Kraftstoffverbrauchs der diversen Notstromaggregate (der Schwefelgehalt dieses Kraftstoffs ist bekannt) und der Betriebsbedingungen der Anlagen bewertet.
- Die Formaldehyd- und Kohlenmonoxidfreisetzungen im Zusammenhang mit dem Austausch der Wärmeisolierungen werden auf der Grundlage der Volumensmengen der neuen Wärmeisolierungen, die im Rahmen der in den Reaktorgebäuden durchgeführten Wartungsarbeiten eingebaut wurden, der für den gesamten Reaktorenbestand bestimmten Höchstmengen, die während der Hochlaufphase erzeugt werden, sowie der Lüftungsdurchflussmengen ermittelt.
- Die Freisetzungen flüchtiger Stoffe aus der Aufbereitung der Sekundärkreise (Ammoniak, Morpholin oder Ethanolamin) werden auf der Grundlage der Eigenschaften der Aufbereitungszusätze für die Sekundärkreise (Hydrazinkonzentration – wohl wissend, dass sich das gesamte, im Wasser vorhandene Hydrazin in Ammoniak zersetzt – Ammoniak, Morpholin und Ethanolamin) und des Betriebs der Anlagen (Feuchtaufbereitung der Dampferzeuger, bei der Blockstilllegung freigesetzte Dampfmengen in Tonnen, Durchflussmengen der Bypassleitung der Turbine – GCTa) ermittelt.

Das Kraftwerk von Tricastin überwacht auch das Wetter mithilfe einer automatischen Wetterstation (Temperatur- und Niederschlagsmessungen) sowie einem 10 m und einem 100 m hohen Wettermast zur Ermittlung der Windstärke und Windrichtung.



Beispiele von Gerätschaften zur Niederschlags-, Temperatur- und Windmessung ©EDF

Oberflächengewässer

Um die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen sicherzustellen, spezifiziert und implementiert der Betreiber eine Überwachung der Wasserentnahmen und des Wasserverbrauchs, eine Überwachung der Freisetzungen und eine Überwachung der Umwelt, die möglicherweise von der Anlage in Mitleidenschaft gezogen werden könnte.

Das Kraftwerk von Tricastin überwacht auch die Gewässer durch chemische, physikalisch-chemische und hydroökologische Analysen anhand von autonomen Multiparameter-Überwachungsstationen sowie Probenentnahmekampagnen:

- Ziel der chemischen Überwachung ist die Feststellung der Konzentration der vom Standort freigesetzten Chemikalien im Wasser;
- Ziel der hydroökologischen Überwachung ist die Erfassung der natürlichen Entwicklung im aufnehmenden Umweltbereich zur Feststellung anormaler Entwicklungen, die vom Standortbetrieb verursacht würden;

Die Überwachung der Gewässer erfolgt auch im Rahmen der Baggermaßnahmen.

Böden und Grundwasser

Das Programm zur Überwachung des Grundwassers unterhalb des Kraftwerks von Tricastin soll eventuelle Schadstoffbelastungen des Grundwassers durch den Betrieb der Anlagen aufzeigen.



© EDF

Überwachung der flüssigen Schadstoffe

Die Piezometer im Anstrom des Kraftwerks von Tricastin werden ebenfalls überwacht, um die Qualität des Grundwassers vor einer möglichen Beeinträchtigung durch den Kraftwerksbetrieb zu bestimmen.

Die Häufigkeit der Entnahmen wurde unter Berücksichtigung der Ablaufgeschwindigkeit des Grundwassers und der Entfernungen zwischen den Piezometern der zu beobachtenden Anlagen festgelegt. Es wurde eine Synthese der in den Anlagen vorhandenen Chemikalien und Radionukleiden vorgenommen, um die entsprechenden relevanten Tracer zu bestimmen. Die an den Grundwasserproben vorgenommenen Analysen dienen dazu, diese Tracer zu ermitteln und zu quantifizieren.

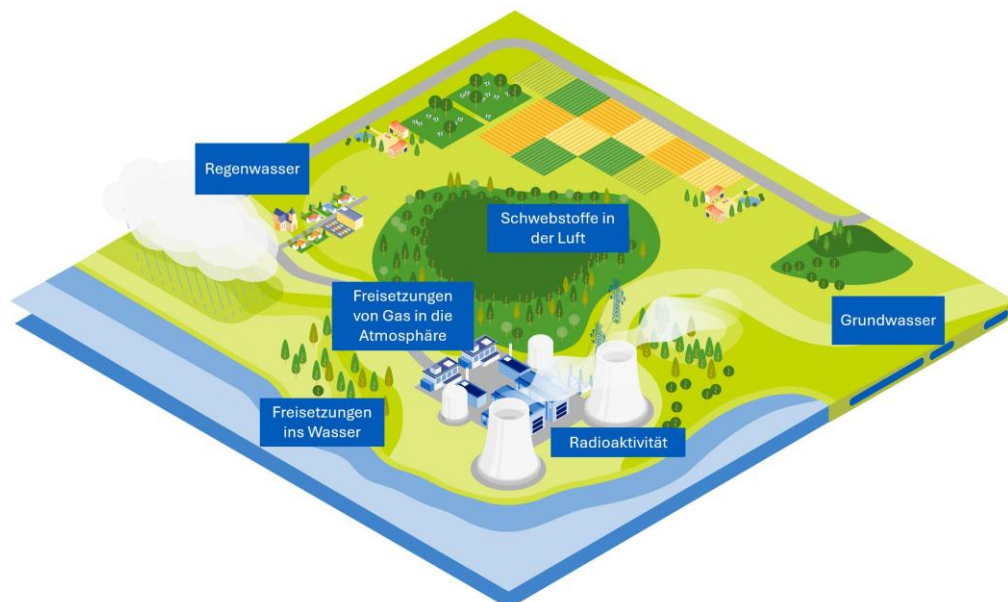
Die Wasserentnahmegrenzwerte, einschließlich der Durchflussmengen und Entnahmevermögen aus dem Grundwasser, werden durch Vorschriften der ASN festgelegt.

Um sicherzustellen, dass diese Grenzwerte eingehalten werden, werden die Durchflussmengen und Entnahmevermögen täglich gemessen und berechnet.

■ Radioökologie

Das Kraftwerk von Tricastin verfügt über ein Programm zur Überwachung der radioaktiven Freisetzungen an folgenden Punkten:

- Die Schornsteine zur Freisetzung der atmosphärischen Schadstoffe;
- Den Lagerbehältern für atmosphärische Ausflüsse vor deren Freisetzung;
- Den Absaugleitungen der Belüftungssysteme der Räumlichkeiten, die möglicherweise kontaminiert sein könnten, um sicherzustellen, dass keine künstliche Radioaktivität vorhanden ist;
- Die Bauwerke, über die die Freisetzung flüssiger radioaktiver Schadstoffe erfolgt;
- Den Lagerbehältern für flüssige Ausflüsse vor deren Freisetzung;
- Dem Regenwasser sowie dem Ventil- oder Abwasser, um sicherzustellen, dass keine künstliche Radioaktivität vorhanden ist.



© EDF

Prinzipialbild der radiologischen Überwachung der Umwelt

Die Radioaktivität in der Umwelt des Kraftwerks von Tricastin wird derzeit im Rahmen der folgenden Maßnahmen überwacht:

- Ein vorgeschriebener radiologischer Überwachungsplan, der vom Standort durchgeführt wird;

- Radioökologische Studien auf Veranlassung des Betreibers (Jahresbilanz, Zehnjahresbilanz, Sonderstudien), deren Durchführung zugelassenen Fachlaboren anvertraut wird;
- Ein radiologischer Überwachungsplan, den die Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz) systematisch auf eigene Kosten von seinen Abteilungen des „Gutachten“-Zentrums durchführen lässt.

■ **Bevölkerung und deren Gesundheit**

Die Überwachung der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Tricastin auf die benachbarten Bevölkerungsgruppen und deren Gesundheit erfolgt durch die Überwachung der Auswirkungen des Kraftwerks auf die Luft und die Klimafaktoren, auf die Qualität der Oberflächengewässer und des Grundwassers sowie auf die Nutzung der Böden und die Radioökologie der Umwelt, die bereits beschrieben wurden.

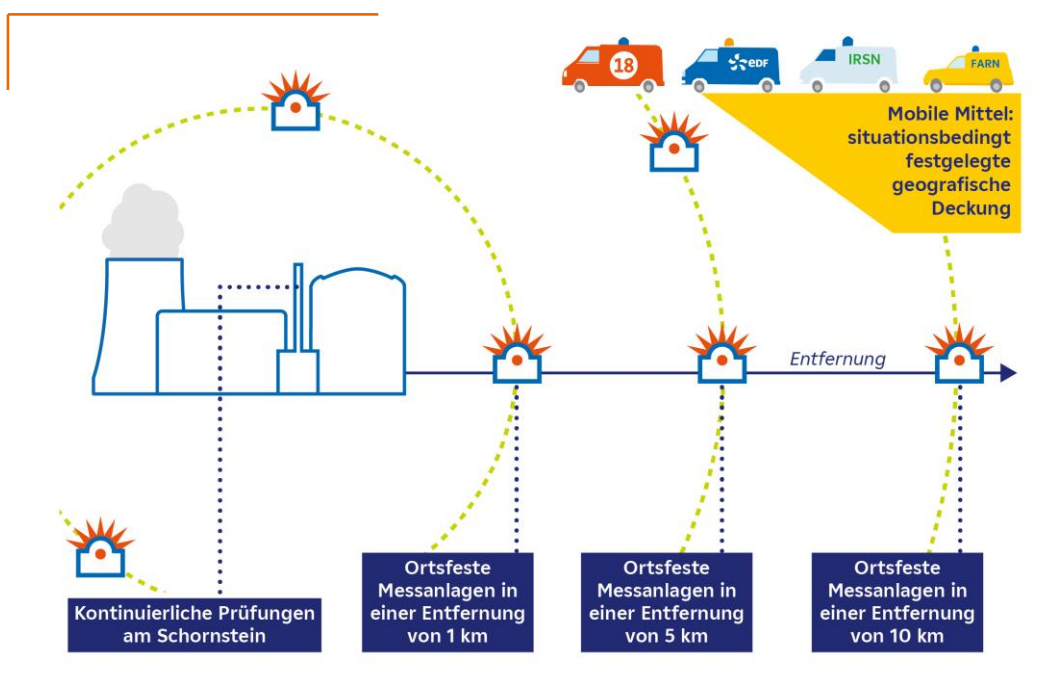
■ **Menschliche Aktivitäten**

Die Überwachung der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Tricastin auf die menschlichen Aktivitäten erfolgt durch die Überwachung der Auswirkungen des Kraftwerks auf die Luft, die Klimafaktoren und die Qualität des Wassers und der Böden, die bereits beschrieben wurden, da diese Faktoren die Qualität der menschlichen Tätigkeiten bedingen.

7.2. Überwachungsmaßnahmen hinsichtlich der radiologischen Risiken

In einer Unfallsituation dienen die feststehenden und mobilen Messmittel der Kontrolle/Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt. Die ortsfesten Messmittel sind **kontinuierlich betriebsbereit** und umfassen die Überwachung der Freisetzungen am Schornstein und die Messung der Radioaktivität in der Umgebungsluft durch Messanlagen, die in einer Entfernung von 1 km, 5 km und 10 km vom Standort aufgestellt sind.

Diese Messungen werden bei Unfällen durch mobile, auf den Fahrzeugen von EDF, dem Gutachtendienst der ASNR und der Feuerwehr installierte Messanlagen verstärkt, die den Bereich um das Kraftwerk abfahren.





Kernkraftwerk von Tricastin im Département Drôme
Copyright Colin Matthieu, TOMA

In Frankreich wird der Bau eines Kernkraftwerks von der französischen Regierung nach Freigabe durch die Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz (Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection – ASN) genehmigt. Diese Genehmigung enthält keine Betriebsdauerbegrenzung. Dennoch muss der Betreiber alle 10 Jahre eine vertiefte periodische Sicherheitsüberprüfung durchführen, um die Betriebsbedingungen der Anlage für die nächsten 10 Jahre zu bewerten. Er muss sicherstellen, dass der Betrieb der Anlage die für den Standort geltenden nuklearen Sicherheitsregeln erfüllt, und die Prüfung der Risiken und Nachteile aktualisieren, die die Anlage für die öffentliche Sicherheit, Gesundheit und Hygiene oder den Natur- und Umweltschutz, d. h. die sogenannten „geschützten Interessen“ birgt.

In den vier von Électricité de France (EDF) betriebenen 900 MWe-Reaktoren des Kernkraftwerks von Tricastin findet nun die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung statt.

Nach Abschluss jeder einzelnen Sicherheitsüberprüfung erstellt EDF einen Bericht, der ihre Schlussfolgerungen und die für den verbesserten Schutz der geschützten Interessen in Betracht gezogenen Maßnahmen darlegt. Nach dem 35. Betriebsjahr findet ein öffentliches Anhörungsverfahren bezüglich dieses Abschlussberichts über die Sicherheitsüberprüfung statt.

Das vorliegende Dokument ist Teil der Unterlagen des öffentlichen Anhörungsverfahrens, das im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung der Reaktoren von Tricastin durchgeführt wird. Es betrifft alle vier Reaktoren des Kraftwerks. Dieses Dokument bezieht sich auf die mit dem Betrieb dieser Reaktoren während der zehn Jahre nach der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung verbundenen Auswirkungen auf die Umwelt, einschließlich der radiologischen oder sonstigen Folgen eventueller Störfälle oder Unfälle.

Auswirkungen bei Normalbetrieb

Die Wechselbeziehungen zwischen dem normalen Kraftwerksbetrieb und der Umwelt, d. h. die Wasserentnahmen und die Ausflüsse, die Erzeugung von Abfällen, die Lärmbelastigung und die Flächennutzung bleiben in den kommenden zehn Jahren auf dem gleichen Niveau wie während des vergangenen Jahrzehnts.

Die Analyse der Auswirkungen dieser Wechselbeziehungen auf die verschiedenen Bereiche der Umwelt, d. h. die Luft und Klimafaktoren, Oberflächengewässer, Böden und Grundwasser, die Radioökologie, die Artenvielfalt, die Bevölkerung und deren Gesundheit und die menschlichen Aktivitäten belegt keine maßgeblichen Auswirkungen des Kraftwerksbetriebs im aktuellen Zustand und für die zehn Jahre nach der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung.

Grenzüberschreitende Auswirkungen werden nicht erwartet.

Auswirkungen bei Unfällen

Als allgemeine Ausrichtung der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung ihrer 900 MWe-Reaktoren hat EDF sich für die Angleichung an die nuklearen Sicherheitsziele der Reaktoren der 3. Generation wie EDFs Bezugsreaktor „EPR Flamanville 3“ (FLA3) entschieden.

Umfangreichen Maßnahmen zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit, die zusammengefasst in diesem Dokument vorgestellt werden, wurden im Rahmen der 4. Sicherheitsüberprüfung in 4 Hauptthemenbereichen umgesetzt:

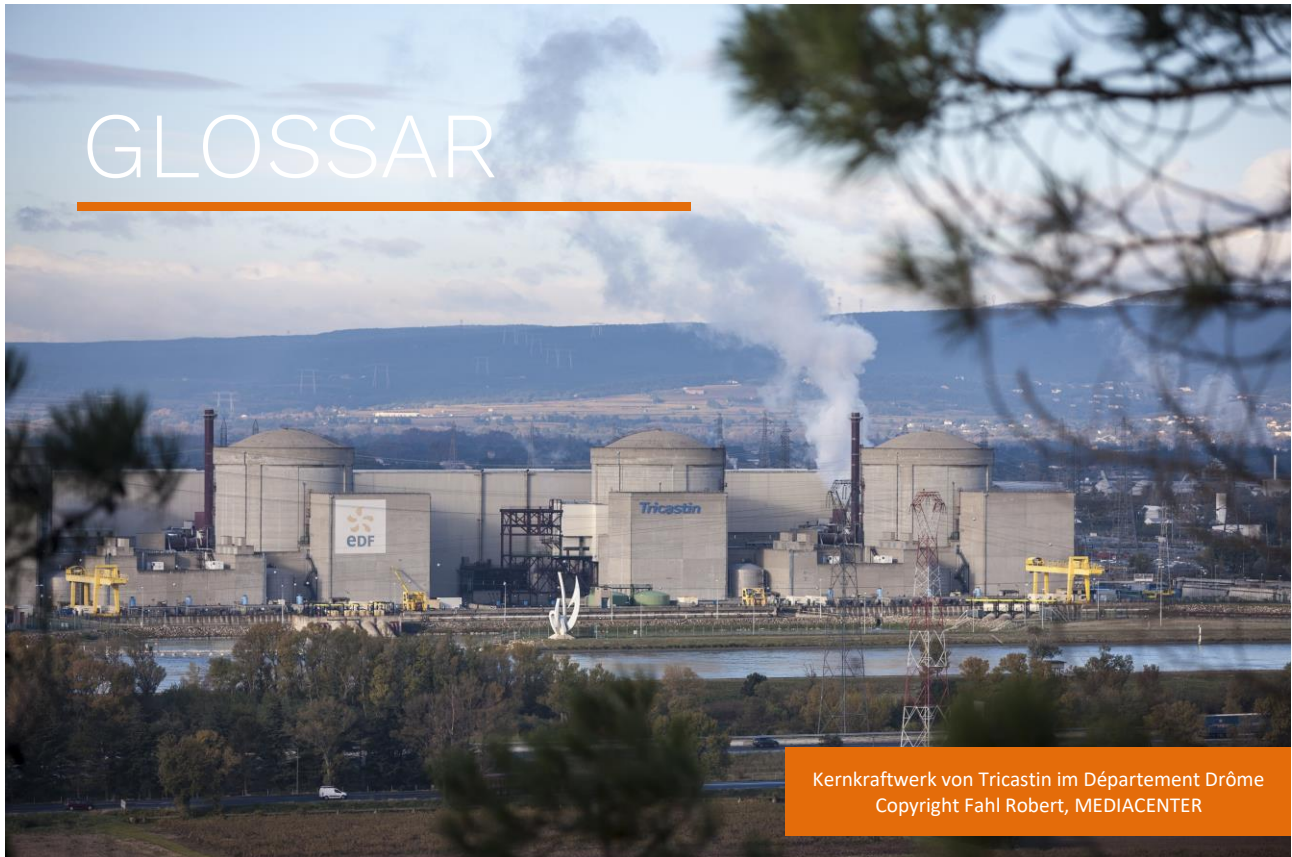
- **Unfälle ohne Kernschmelze:** Verringerung der radiologischen Folgen, bis sie unter den Grenzwerten für die Implementierung der Bevölkerungsschutzmaßnahmen liegen.
- **Aggressionen:** Berücksichtigung stärkerer Aggressionen – insbesondere Trockenheit, Hitzewellen, Überschwemmungen, Erdbeben – und Einrichtung der „Noyau Dur“-Vorrichtungen zur Verstärkung der Widerstandsfähigkeit der Anlagen gegen extreme Aggressionen wie Erdbeben, Wirbelstürme und Überschwemmungen.
- **Brennelementbecken:** Einrichtung zusätzlicher Mittel zur Kühlung, die von den bestehenden Vorrichtungen unabhängig sind.
- **Unfälle mit Kernschmelze:** Implementierung weiterer Maßnahmen, einschließlich der sogenannten „Noyau Dur“-Vorrichtungen, damit die vorzeitige und umfangreiche Freisetzung von Schadstoffen extrem unwahrscheinlich wird und nachhaltige Auswirkungen für die Umwelt vermieden werden.

Der für die nukleare Sicherheit bei dieser 4. Sicherheitsüberprüfung gewählte Ansatz – mit wichtigen Entwicklungen des Konzepts und des Betriebs der Reaktoren von Tricastin – verringert deutlich die Auswirkungen auf die Umwelt im Zusammenhang mit den radiologischen Risiken.

Wie im Dokument vorgestellt, wären die radiologischen Folgen der hypothetischsten schwersten Unfälle mit Kernschmelze räumlich und zeitlich begrenzt und kompatibel mit den für den Bevölkerungsschutz festgelegten Maßnahmen. Die grenzüberschreitenden Auswirkungen durch die atmosphärische Ausbreitung radioaktiver Stoffe sind sowohl auf kurze Sicht als auch langfristig nach Kumulierung vernachlässigbar.

Aufgrund der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung setzt EDF den Betrieb ihrer Reaktoren von Tricastin bis 50 Jahre fort und trägt so zur Aufrechterhaltung einer Stromerzeugung mit niedriger CO₂-Bilanz bei, deren CO₂-Freisetzung pro kW für den gesamten Lebenszyklus des Kraftwerks unter 4 g liegt.

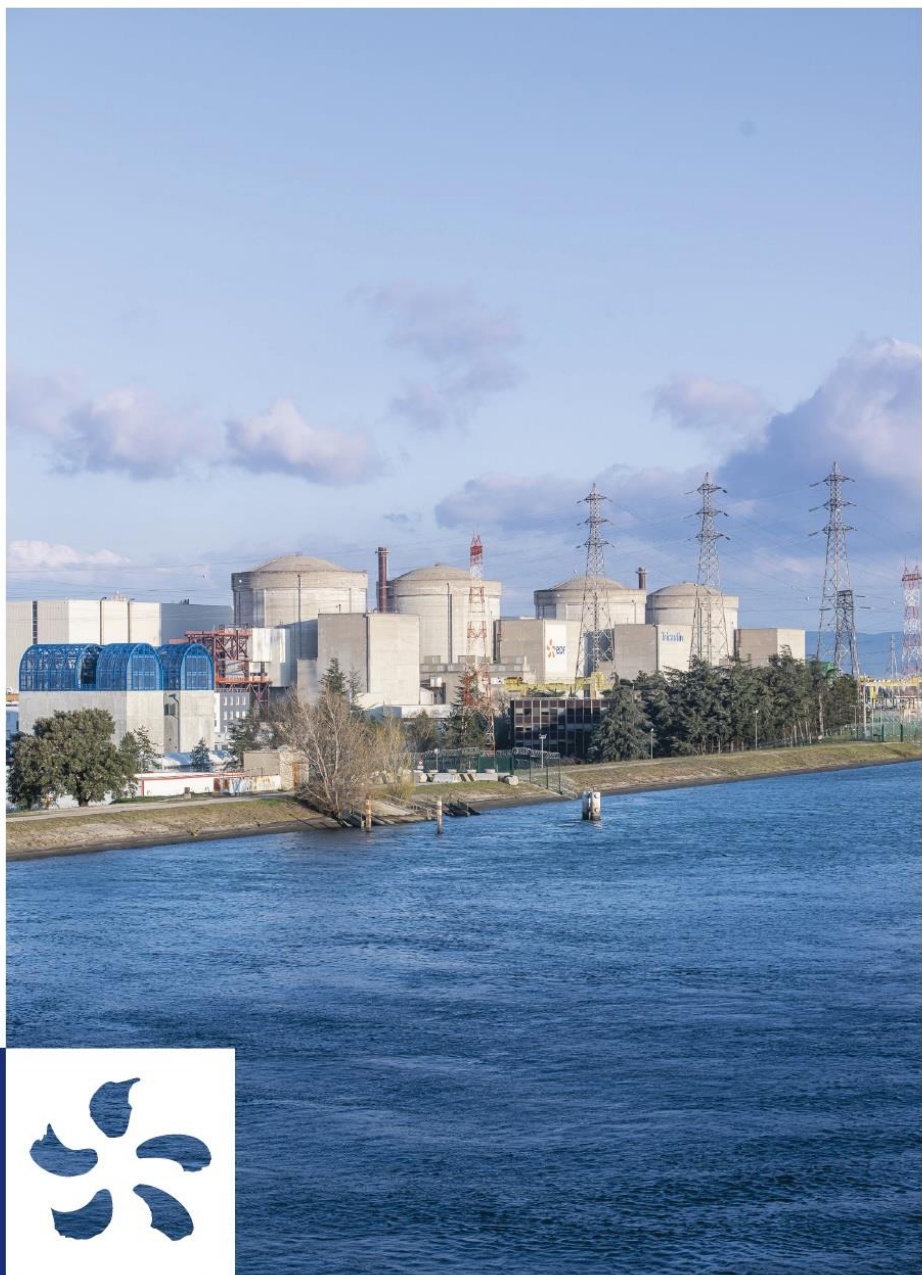
Für die verschiedenen Umweltbereiche werden während der kommenden zehn Jahre keine wesentlichen negativen Auswirkungen durch den Normalbetrieb des Kraftwerks von Tricastin erwartet. Seine Stilllegung würde keine nennenswerten Vorteile für die Umwelt bieten. Sie würde jedoch zu einem deutlichen Einbruch der CO₂-freien Stromerzeugung führen, die dem Verbrauch von mehr als 4,5 Millionen Haushalten entspricht. Die CO₂-Emissionen zur Erzeugung der entfallenen Produktion durch den europäischen Energiemix lägen bei über 6 Millionen Tonnen CO₂ im Jahr.



Abkürzungen	Bezeichnungen
Konventioneller Unfall	Der Begriff „konventioneller Unfall“ wird für einen Unfall verwendet, der nicht bzw. nur schwach radioaktive Folgen haben kann.
ACV	Analyse du cycle de vie – Analyse des Lebenszyklus
APRP	Accident de perte de réfrigérant primaire – Unfall mit Verlust von Primärkreislaufkältemittel
ASG-ND	Système de refroidissement secondaire « Noyau Dur » – System „Noyau Dur“ zur Sekundärkreislaufkühlung
ASNR	Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz
CENTRACO	CENTre de TRAItement et de COnditionnement – Aufbereitungszentrum
Potentielle Ziele	Die Bevölkerungsgruppen außerhalb der Standortgrenzen sowie die Umwelt, die den zu schützenden Interessen aus Artikel L. 593-1 des französischen Umweltgesetzbuchs entsprechen.
CIRES	Centre Industriel de Regroupement d’Entreposage et de Stockage de l’ANDRA – Industriezentrum mit Sammelzwischenlager- und -lagerstätte der ANDRA (nationale Behörde für die Verwaltung radioaktiver Abfälle)
CSA	Centre de Stockage de l’Aube – Lagerstätte im Département „Aube“
Gefahr	Der Begriff „Gefahr“ definiert eine inhärente Eigenschaft eines Stoffs (Butan, Chlor...), eines Techniksystems (Druckbeaufschlagung mit Gas...), einer Vorrichtung (Heben einer Last...), eines Organismus (Bakterie...), die zu Schäden an einem „empfindlichen Objekt“ führt. Der Begriff „Gefahr“ geht einher mit den Begriffen der Entzündbarkeit oder Explosionsfähigkeit, der Toxizität, der Infektiosität... und dem der verfügbaren Energie, die die Gefahr auszeichnet.
DCE	Directive Cadre sur l’Eau – Rahmenrichtlinie Wasser

DeD	Débit d'équivalent de Dose – Ortsdosisleistung
DOCOB	DOCUments d'OBJectifs – Zielsetzungsunterlagen
DOR	Dossier d'Orientations du Réexamen périodique – Orientierungsunterlagen für die periodische Sicherheitsüberprüfung
DUS	Diesel d'Ultime Secours – dieselbetriebenes Notstromaggregat
EAS	Système d'aspersion d'eau dans l'enceinte de confinement – Beregnungssystem in der Reaktorschutzhülle
EAS-ND	Système d'évacuation de la puissance résiduelle de l'enceinte – System zur Ableitung der Restleistung aus der Reaktorhülle
EDF	Electricité de France – französische Energieversorgungsgesellschaft
EIP	Élément Important pour la Protection des intérêts – wichtige Komponenten für den Schutz der Interessen
EPR	European Pressurised Reactor (Réacteur à Eau Pressurisée) – europäischer Druckwasserreaktor. Gehört der 3. Generation Kernkraftwerke zur Stromerzeugung an
EPRS	Évaluation Prospective des Risques Sanitaires – prospektive Bewertung der Gesundheitsrisiken
EPS	Études Probabilistes de Sûreté – Wahrscheinlichkeitsstudien zur nuklearen Sicherheit
ERC	Eviter, Réduire, Compenser – Vermeiden, verringern, kompensieren
FA	Faible Activité – schwach radioaktiv
FARN	Force d'Action Rapide du Nucléaire – schnelle Kernkraft-Einsatzgruppe
FLA3	Kernkraftwerk Nr. 3 (EPR) des Standorts von Flamanville
GNU	Parc à gaz du magasin général servant à l'entreposage des bouteilles non utilisée – Gasbereich des Hauptlagers für die Zwischenlagerung nicht verwendeter Flaschen
GP/GPE	Groupe Permanent d'experts – ständiges Sachverständigengremium
GV	Générateur de Vapeur – Dampferzeuger
HA	Haute Activité – Stark radioaktiv
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement – umweltschutzkritische Anlage
IEM	Interprétation de l'État des Milieux – Auslegung des Zustands der Umwelt
INB	Installation Nucléaire de Base – Basiskernkraftanlage
INERIS	Institut National de l'Environnement et des RISques – nationales Institut für Umwelt und Risiken
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire – Institut für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit
MA	Moyenne Activité – mäßig radioaktiv
MES	Matières en Suspension – Schwebstoffe
ND	Noyau Dur
NQE	Normes de Qualité Environnementales – Umweltqualitätsnormen
NMA	Niveaux Maximaux Admissibles – maximal zulässige Level
OISS	Ouverture Intempestive d'une Soupape Secondaire à 0%Pn – unbeabsichtigtes Öffnen eines Ventils im Sekundärkreis bei 0 %Pn
OPEL	Ouvrage de Prise d'Eau en Loire – Bauwerk zur Wasserentnahme aus der Loire
PA	Produits d'Activation – Aktivierungsprodukte
PF	Produits de Fission – Spaltungsprodukte
Gefährliches Ereignis	Als gefährliches Ereignis gilt die teilweise oder umfassende Freisetzung von Energie oder Stoffen, deren Auswirkungen Schäden an potenziellen Zielen verursachen können.
Gefahren-Potenzial	Eine potenzielle Gefahrenquelle beschreibt einen Stoff, ein Techniksystem, eine Vorrichtung, einen Organismus..., die Schäden verursachen können, die empfindliche Objekte beeinträchtigen.

PTR-bis	Système de traitement et de refroidissement d'eau des piscines supplémentaire – zusätzliches System zur Aufbereitung und Kühlung des Beckenwassers
RCR	Rapport de Conclusion du Réexamen périodique – Abschlussbericht über die periodische Sicherheitsprüfung
REP	Réacteur à Eau Pressurisée – Druckwasserreaktor
RIS	Système de sauvegarde et de protection du circuit primaire (injection de sécurité) – System für die Aufrechterhaltung und den Schutz des Primärkreises (Notkühlsystem)
Risiko	Jede menschliche Tätigkeit verursacht Risiken. Ein Risiko wird als Kombination der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines schädlichen Ereignisses und dem Umfang seiner Auswirkungen definiert.
RP	Réexamen périodique – periodische Sicherheitsüberprüfung
RP4	4 ^e réexamen périodique – 4. periodische Sicherheitsüberprüfung
RP4 900	4 ^e Réexamen Périodique des réacteurs de 900 Mwe – 4. periodische Sicherheitsüberprüfung der 900 MWe-Reaktoren
RTGV	Rupture de tube de générateur de vapeur – Bruch einer Leitung des Dampferzeugers
RTGV4	Rupture d'un Tube de Générateur de Vapeur de catégorie 4 – Bruch einer Leitung des Dampferzeugers der 4. Kategorie
RTV	Rupture de Tuyauterie Vapeur – Bruch einer Dampfleitung
RTV + nRTGV	Rupture de Tuyauterie Vapeur cumulée à la Rupture multiple de Tubes de Générateurs de Vapeur – Bruch einer Dampfleitung kumuliert mit multiplen Dampferzeugerrohrbrüchen
SEG	Système Source d'Eau diversifiée – System mit heterogener Wasserversorgung
SEI	Seuil des Effets Irréversibles – Schwellenwert der irreversiblen Auswirkungen
SF-ND	Source Froide Noyau Dur – Kalte Quelle „Noyau Dur“
Gefahrstoff	Stoff, Zubereitung oder Mischung, der die Kriterien physikalischer Gefahren, Gefahren für die Gesundheit oder Gefahren für die Umwelt gemäß der geänderten Verordnung vom 20. April 1994 erfüllt.
TFA	Très Faiblement Actif / Très Faible Activité – sehr schwach radioaktiv/sehr schwache Radioaktivität
THE	Très Haute Efficacité – Hocheffizient
THM	Trihalométhanes – Trihalomethane
VC	Vie Courte – kurze Halbwertszeit
VL	Vie Longue – lange Halbwertszeit
VTC	Vie Très Courte – sehr kurze Halbwertszeit
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association (Association des régulateurs nucléaires d'Europe occidentale) – Verband der nuklearen Aufsichtsbehörden für Westeuropa
ZER	Zone à Émergence Réglementée – Zone mit reglementiertem Aufkommen
ZNIEFF	Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique – Naturgebiete mit besonderer Bedeutung bezüglich der Umwelt, Fauna und Flora
ZPS	Zones de Protection Spéciales – besondere Schutzgebiete vom Typ Europäisches Vogelschutzgebiet
ZSC	Zones Spéciales de Conservation – besondere Schutzgebiete vom Typ FFH-Gebiet



EDF

Direction production nucléaire
CNPE du Tricastin
4502, route du site du Tricastin
26130 Saint-Paul-Trois-Châteaux
Contact :
Denis Brunel : mission communication
Courriel : tricastin-communication@edf.fr

Siège social
22-30, avenue de Wagram
75008 PARIS

R.C.S. Paris 552 081 317
SA au capital de 2 084 365 041 euros

www.edf.fr